جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
كلية الآداب و العلوم الإنسانية - ظهر المهراز
ⵜⴰⵙⴷⴰⵡⵉⵜ ⵙⵉⴷⵉ ⵎⵓⵃⵎⴷ ⴱⵏ ⵄⴱⴷⵍⵍⴰⵀ ⴰⵙ ⴼⴰⵙ
ⵜⴰⵖⵡⴰⵍⵜ ⵖⵔ ⵜⵉⵡⵉⵏⴰⵙ ⵜⵉⵖⵔⵉⴼⵜ - ⴹⵀⵕ ⵎⵔⵀⴰⵣ
Faculté des Lettres et des Sciences Humaines - Dhar El Mahraz
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

- **CEDoc : Esthétiques et sciences de l'Homme**
- **Formation doctorale : Langages et Formes symboliques**
- **Laboratoire : Sciences du Langage, Littératures, Arts, Communication et Histoire (SLLACH)**
- **Spécialité : Langue et Littérature Françaises**

De quelques aspects énonciatifs dans le discours de vulgarisation scientifique : emploi du pronom « ON » dans certains articles de la revue *Science et vie*

Thèse pour l'obtention du Doctorat
Option : Linguistique

Réalisée par :
Majda BERRADA
CNE : 9291796198

Sous la codirection des professeurs :
M. Ali HEFIED
Mme Ouafae IDRISSI AYDI

Année universitaire : 2020-2021

A mes parents

A mon frère et mes sœurs

A toute ma famille

A mon époux à qui je dois beaucoup dans la réalisation de ce travail

A tous mes amis

A tous ceux qui me sont chers

Très affectueusement

Remerciements

Nous tenons solennellement à exprimer notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements à Monsieur le Professeur Ali HEFIED et à Madame la Professeure Ouafae IDRISSI AYDI pour avoir daigné encadrer ce travail. C'est grâce à leur expérience avérée, leur rigueur scientifique et leur altruisme que nous avons pu finaliser cette thèse.

Nous exprimons également notre incommensurable et déférente gratitude à Madame la directrice du SLLACH Madame la Professeure Souad EL AYACHI et à tous les membres du laboratoire qui nous ont permis de tirer un énorme profit des séminaires et des formations doctorales.

Que Madame la Professeure Rahma BARBARA trouve ici le témoignage de notre respect et de notre profond dévouement car elle n'a cessé de nous prodiguer tant bien ses conseils que ses orientations.

En siégeant au sein du jury de notre thèse, que les honorables Professeurs veuillent accepter le témoignage de notre respectueuse gratitude.

Enfin, nos remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'éclosion de ce travail.

Résumé

Si l'étude de la langue a fait l'objet de nombreuses investigations, la relation entre le versant linguistique et discursif et le versant consacré à l'écrit scientifique reste peu explorée. Il est vrai que la recherche s'articulant autour du discours scientifique connaît aujourd'hui un essor considérable, mais la plupart des travaux s'inscrivent dans une perspective didactique.

Dans le dessein de contribuer à l'approfondissement et à l'enrichissement des études menées actuellement sur ledit discours, notre recherche relève d'un cadre purement énonciatif qui met en exergue l'idée que le discours de la science, et plus particulièrement celui de la vulgarisation, comporte une forme de subjectivité pour atteindre une visée persuasive. Ce constat est tiré de l'usage récursif du pronom « ON » qui a suscité notre curiosité pour explorer son interprétation. Il s'agit d'une part, d'une question de relations combinatoires avec les autres éléments du cotexte et d'autre part, il est question de sens et de référence intimement liés aux paramètres contextuels.

Le souci de comprendre et de cerner le fonctionnement de « ON » nous incite à s'interroger sur ses différentes valeurs qui se manifestent à l'intérieur du genre de l'article de revue de vulgarisation scientifique. Par sa nature sémantique malléable, le « ON » peut renvoyer à n'importe quelle personne ou groupe de personnes. Son potentiel à remplacer tout pronom personnel ou n'importe quelle voix collective lui octroie, justement, un large spectre de valeurs, tels que des emplois déterminés (« ON » du locuteur / « ON » de l'allocutaire…) ou d'autres indéterminés (tous les êtres humains / les participants non identifiés au procès).

Toutefois, les frontières demeurent difficiles à circonscrire entre ces deux catégories, c'est pourquoi il est souvent nécessaire de recourir au cotexte et au contexte extralinguistique, précédemment cités, pour déterminer la valeur du pronom « ON ».

Mots clés : discours scientifique – énonciatif – subjectivité – pronom « ON » - cotexte – contexte – valeurs.

Abstract

While the study of language has been widely investigated, the relationship between the linguistic and discursive aspects and that of scientific writing remains untapped. It is true that research around scientific discourse knows a considerable rise, but most of it has taken a didactic perspective.

In order to contribute to furthering and enriching current studies on scientific discourse, our research focuses solely on the enunciative aspect, which emphasizes the idea that the discourse of science, and particularly that of popularization, uses subjectivity to persuade. This observation comes from the recursive use of the pronoun « ON », which has aroused our curiosity to explore its interpretation. On one hand, there is the combination with other elements of the cotext, and on the other hand, the meaning and reference in relationship with the contextual parameters.

The effort to understand and define the way the pronoun « ON » works encourages us to question its different values, appearing in the type of the review article of scientific popularization. By its malleable semantic nature, the « ON » can refer to any person or group of people. Its ability to replace any personal pronoun or any collective voice provides it with a large spectrum of values, such as determined uses (the speaker‘s « ON » / the addressee‘s « ON ») or other undetermined uses (all human beings / all non identified participants in the process…)

However, the frontiers between these categories remain hard to determine. This is why it is often necessary to use the cotext and the extralinguistic context, previously mentioned, to determine the value of the pronoun « ON ».

Keywords : scientific discourse – enunciative – subjectivity – « ON » pronoun – cotext – context – values

ملخص

إذا كانت دراسة اللغة موضوعًا للعديد من الأبحاث، فإن العلاقة بين الجانب اللغوي والجانب الخطابي والجانب المخصص للكتابة العلمية لا تزال قليلة الاستكشاف. صحيح أن البحث الذي يدور حول الخطاب العلمي يعرف حاليا تطورا مميزا، لكن معظم العمل يتم من منظور ديداكتيكي.

بهدف الإسهام في تعميق وإثراء الدراسات التي يتم إجراؤها حاليًا حول الجانب الخطابي المذكور، يندرج بحثنا ضمن إطار تصويري بحت يسلط الضوء على فكرة أن الخطاب العلمي (discours scientifique)، وخاصة خطاب التعميم (Vulgarisation)، يتضمن شكلاً من أشكال الذاتية للوصول إلى غاية أكثر إقناعا. هذه الملاحظة مستمدة من الاستخدام المتعدد للضمير « ON » الشيء الذي دفعنا إلى الاهتمام بدراسته. فمن ناحية، يتعلق الأمر بمسألة العلاقات الاندماجية مع العناصر الأخرى للنص، ومن ناحية أخرى، إنها مسألة معنى ومرجعية مرتبطة ارتباطًا وثيقًا بالمعايير السياقية.

في هذا المنوال، تدفعنا الرغبة في فهم اشتغال الضمير « ON » والإحاطة به والتساؤل عن وظائفه المختلفة التي تظهر في هذا النوع من مقالة مجلة تعميم العلوم. فبحكم طبيعته الدلالية المرنة، يمكن أن يشير الضمير « ON » إلى أي شخص أو مجموعة من الأشخاص مع خاصية إمكانية استبداله بضمير آخر يمنحه، على وجه التحديد، مجموعة واسعة من الاستعمالات المحددة (« ON » للمخاطِب / « ON » للمخاطَب ...) أو غيرالمحددة (جميع البشر / مشاركين غير معروفين في الخطاب ...).

ومع ذلك، لا يزال من الصعب تحديد الحدود بين هاتين الفئتين، وهذا هو السبب في أنه من الضروري في كثير من الأحيان اللجوء إلى التعاقب النصي (cotexte) والسياق غير اللغوي، المذكور سابقًا، لتحديد وظيفة الضمير « ON » .

الكلمات المفتاحية: الخطاب العلمي - النطق - الذاتية - الضمير « ON » – التعاقب النصي - السياق - الوظائف.

Introduction générale

Le langage est le pivot des relations humaines, il fait naitre des rapports multiples et véhicule les pensées pour donner du sens au monde à un moment donné et dans un lieu particulier. Ces caractéristiques lui postulent la possibilité d'une mise en situation par l'activité d'un locuteur. De ce principe est né notre sujet de recherche portant sur l'analyse d'une réalité objectivable, matérialisée par un langage truffé à la fois de rigueur et de cohérence, mais aussi de la présence personnelle du locuteur et de la mobilisation de quelques procédés stylistiques.

Le discours scientifique reflétant cette réalité objectivable a stimulé notre intérêt. Pour l'explorer, notre choix portera plus particulièrement sur le discours de vulgarisation des sciences exactes où nous étudierons le fonctionnement du pronom « ON » et l'impact des contextes linguistique et énonciatif sur l'interprétation des énoncés qui le contiennent.

L'auteur/chercheur des articles de la revue « Science et vie », qui constituera notre champ d'investigation, prétend prendre une distanciation par rapport à ce qu'il écrit pour conserver l'impartialité comme caractéristique déterminante du discours scientifique. Or, son rôle en tant que scripteur l'incite à exploiter un faisceau de marques linguistiques qui reflètent son identité et son intention consistant à décrire, à expliquer, voire à vulgariser les phénomènes naturels.

Avant de présenter l'ensemble des points qui constitueront l'ossature de notre travail, il s'avère idoine de préciser les justifications du choix du sujet, du corpus et de l'approche du cadre théorique sans oublier de préciser davantage la problématique et l'hypothèse de recherche.

La motivation qui a présidé à notre travail sur l'emploi du « ON » dans le discours de vulgarisation scientifique est triple :

D'abord, il est indéniable que les études qui se font actuellement sur le discours scientifique sont en plein essor. Ce dernier est taxé de production à la fois controversée et apéritive parce que des études récentes en analyse du discours ont montré que ce genre discursif pourra être curieusement soumis, à l'instar du genre littéraire, à une analyse linguistique, voire rhétorique, à, l'opposé de la conception classique, selon laquelle le discours scientifique est dénué d'effets impressionnistes ou esthétiques. Il est dit « spécifique », voire « fermé » par sa précision, sa méthode et sa rigueur intellectuelle qu'il défend, ce qui a stimulé notre curiosité scientifique pour établir le rapport existant entre cette caractérisation et l'identité de ceux qui s'y manifestent à travers l'emploi de « ON ».

Ensuite, notre expérience pédagogique au sein d'un établissement scientifique depuis 2001 et qui est fondée sur l'usage récurrent des textes de la science comme support pédagogique et document authentique, était aussi derrière ce type de recherche pour percer davantage le mystère linguistique du discours scientifique et nous interroger sur sa dimension contextuelle.

Enfin, la rareté des recherches effectuées autour du discours scientifique en tant qu'objet d'analyse linguistique fera la valeur ajoutée de notre travail car de nombreuses études ont été réalisées autour dudit discours mais d'un point de vue remarquablement didactique.

Pour mener à bien cette étude, notre sélection du corpus portera sur quelques articles du magazine scientifique de référence « Science et vie » qui est destiné à un grand public et dont l'objectif est d'accompagner le progrès scientifique et faire découvrir aux lecteurs les innovations technologiques.

S’inscrivant dans le cadre des pratiques de la recherche scientifique, cette revue a suscité notre intérêt pour le fonctionnement discursif de son texte. Pour l’étudier, nous procéderons par le relevé d’un certain nombre d’occurrences qui traduisent la position de l’auteur/énonciateur dans le champ de la production scientifique. Le corpus sera une base de données significative pour examiner le fonctionnement du pronom « ON » dans le discours de vulgarisation. Les exemples qui retiendront notre attention réfèrent à une palette de disciplines, telles que la géologie, la cosmologie, la médecine, l’informatique, la botanique et la physique.

Il est clair que le relevé du corpus devra se réaliser dans les règles du respect de deux principes, à savoir, la pertinence, c’est-à-dire que l’assortiment des exemples doit concorder parfaitement avec les objectifs de notre recherche et la représentativité traduite par la similitude du fonctionnement discursif. Ce principe n’équivaut pas à celui de l’exhaustivité, il est plutôt fixé par l’acte de répétition de la manifestation discursive et par sa manière d’être qui porte en elle-même les conditions de sa représentativité.

Pour que notre corpus réponde aux besoins de l’analyse, nous envisageons de procéder à deux types de relevé : premièrement, et sous forme d’une grille, nous présenterons les occurrences contenant le pronom « ON » en précisant leurs numéros, le titre de la revue ainsi que les numéros de la page et de la colonne.

Deuxièmement, nous choisirons de joindre en annexes les articles dans leur intégralité pour toute personne désireuse de consulter l’article qui abrite l’occurrence en entier. De plus, nous estimons que le texte est au carrefour de plusieurs paramètres relevant de l’analyse du discours. Il est le cadre général de toute investigation.

Par rapport à l’approche méthodologique, notre travail s’inscrit dans une approche énonciative mais qui se veut éclectique (qui puise dans plusieurs

courants). Pour opérationnaliser cette approche, nous nous baserons sur les jalons de la théorie de l'énonciation dont Emile Benveniste est le précurseur. Son concept, et dans les termes les plus simples, consiste à préciser les différentes traces linguistiques par lesquelles un locuteur mobilise la langue pour son compte. En d'autres termes, la présence des traces formelles, comme celle du pronom « ON » permet au locuteur de se poser comme « sujet », d'où le principe de subjectivité que recélera, entre autres, notre problématique.

D'autres entreprises alimenteront cette approche comme les travaux de C. KERBRAT-ORECCHIONI et ceux de Dominique MAINGUENEAU sur l'énonciation et la subjectivité énonciative, sans oublier les recherches très pertinentes d'un groupe de linguistes scandinaves, à savoir, Kjersti FLØTTUM, Kerstin JONASSON et Coco NOREN qui ont pu mettre en valeur le caractère éminent du pronom « ON » en corrélation avec les indications contextuelles. Elles en ont étudié l'usage aussi bien à l'écrit qu'à l'oral pour comprendre son inconstance qui lui confère un fonctionnement complexe.

Autour de cette diversité, gravitent quelques interrogations qui constitueront la trame de notre problématique :

- Entre le souci de maintenir la rigueur de l'information scientifique et les contraintes langagières, comment la personne de l'auteur / chercheur se manifeste dans les articles de la vulgarisation scientifique ?
- Est-ce que la présence du pronom « ON » remet en question les paramètres de ce genre discursif ?
- A qui réfère le pronom « ON » ? Et quels sont les facteurs qui permettent son interprétation dans le discours de vulgarisation ?

Pour répondre à ce questionnement, nous proposons les trois hypothèses suivantes :

- Le sujet de la science ne s'annonce ni avec le « je », ni avec le « tu », ce qui nous incite à chercher d'autres formes pour la manifestation du sujet énonciateur. La présence du pronom « ON » désigne aussi la personne mais sous une forme indéfinie qui assure, à première vue, un effacement énonciatif. Toutefois, ce pronom indéfini renferme plusieurs valeurs en relation avec l'identité scientifique comprise dans les articles de la revue « Science et vie ».
- De la première hypothèse en découle une deuxième qui stipule que le discours de vulgarisation scientifique allie la précision et l'objectivité de la vérité scientifique au procès d'appropriation de la langue par le locuteur qui emploie le pronom « ON », élément digne d'un caractère souple. Cet usage révèle un aspect subjectif du genre en question et conséquemment, sa caractéristique d'objectivité est largement contestée.
- La troisième hypothèse réfère à la valeur référentielle du pronom «On ». Sachant qu'il apparait toujours en position de sujet humain, ce pronom bascule entre le personnel et l'indéfini : il est personnel quand il a une référence plus ou moins identifiée et définie et il est indéfini quand il renvoie à un groupe donné mais non spécifié. Ce caractère multiréférentiel (qui sera bien détaillé) lui attribue une diversité d'interprétations, compte tenu du contexte qui lui permet de lever toute ambiguïté.

Pour ce qui a trait à la présentation, notre travail se composera de deux parties :

La première portera sur les fondements théoriques qui nourriront notre réflexion. Elle contient trois chapitres : **le premier** est un rappel du contexte de l'apparition des différentes approches énonciatives. En outre, il est intéressant de voir comment ces dernières ont pu intégrer la dimension extralinguistique dans l'étude du langage humain. Autrement dit, d'appréhender la langue mise en action par un sujet parlant.

Cette mise en action appelée « discours » fera le contenu du **deuxième** chapitre où nous exposerons une approche définitoire du discours avec celle d'autres notions avoisinantes (Discours / phrase – Discours / énoncé – Discours / texte).

Quant au **troisième** chapitre, il s'intéressera à l'explication de différents procédés linguistiques de l'énonciation en l'occurrence, la coénonciation, les déictiques, le temps et l'espace ainsi que le phénomène du contexte dans l'énonciation. Il sera question de montrer comment ces procédés concourent à mettre le sujet parlant en relation constante avec son énonciation.

La deuxième partie ciblera le versant pratique de notre recherche. Mais avant de passer à l'analyse des occurrences du corpus, nous réserverons le **premier** chapitre à l'identification de l'objet d'étude, en l'occurrence le discours scientifique, de ses caractéristiques et du corpus collecté afin d'entamer l'analyse dans le **deuxième** chapitre. Dans une perspective linguistique et plus précisément dans une visée délibérément énonciative, notre grand défi sera de déterminer les critères de l'interprétation du « ON » . En d'autres termes, il sera constructif d'identifier comment cette catégorie grammaticale interagit avec son contexte immédiat (cotexte) au motif que ce pronom est caméléonesque et ne se confirme que par rapport aux autres éléments de la chaîne syntagmatique (déterminants, verbes, adverbes…) et que par rapport à la valeur que veut bien lui octroyer l'énonciateur (d'où la notion de subjectivité).

Pour parfaire l'analyse de « ON », nous avons jugé important d'intégrer la dimension paradigmatique dans une optique relationnelle qui assoira le « ON » avec d'autres déterminants indéfinis.

Quant au **troisième** et dernier chapitre de cette partie, il se proposera d'étudier le pronom « ON » dans son interaction avec un élément présent dans le contexte lointain, à savoir les figures et plus particulièrement la métaphore

considérée comme un comportement énonciatif, elle modalise la parole et elle est mesurée en fonction de son effet obtenu chez l'énonciataire. En d'autres termes, C'est un processus qui orne l'expression scientifique et contribue à l'enjeu persuasif du discours.

Bref, il sera question d'évaluer l'investissement figural dans le discours de vulgarisation scientifique pour faire émerger l'aspect de subjectivité qui placera désormais l'auteur / chercheur scientifique dans une reconversion inédite dans ses écrits et donnera libre champ à d'autres recherches.

Première partie :
Fondements théoriques de l'énonciation

Chapitre 1 : De la grammaire à la linguistique

I-1-1 Introduction

La grammaire est une notion qui signifie anciennement l'art de lire et d'écrire des lettres. C'est aussi l'étude de la structure d'une langue (morphologie, syntaxe) dont les aspects formels s'avèrent polysémiques en raison de la diversité des théories à la fois différentes et complémentaires allant des premières grammaires comme celle de Port Royal, fondée sur une approche cartésienne qui va de la pensée à son expression, jusqu'à la grammaire énonciative et pragmatique reposant sur le fonctionnement des énoncés. C'est une étude propre au champ de la linguistique.

En effet, pendant l'antiquité grecque et dans la culture occidentale, les grecs ont essayé d'analyser la langue en dehors de tout cadre mythique et religieux. C'est ainsi que l'avènement de la démocratie, vers la fin du VIème siècle, était une occasion qui a fait passer au premier plan la maîtrise des ressorts de l'argumentation qui a déblayé le terrain vers l'apparition des professionnels de la parole, à savoir les sophistes (les maîtres de rhétorique) où le langage est pris comme un moyen d'agir sur autrui. D'ailleurs, ce courant a donné naissance à divers ouvrages[1], entre autres *La Rhétorique* d'Aristote qui avait et a toujours un impact sur l'occident pendant plus de deux millénaires.

A côté de cette approche rhétorique, qui considère le langage comme un moyen d'agir, s'est développée, par le biais de l'activité philosophique, une réflexion logique du langage qui a tenté d'articuler ce dernier avec la

[1] A signaler, dans ce sens, *Le traité* publié par CORAX sur les propriétés persuasives du discours oral et les deux traités de CICERON « *De oratore »* et « *l'orator* » qui visent la maîtrise de l'art de parler efficacement en matière politique, juridique ou économique.

vérité, de chercher des liens entre le monde réel et le langage humain ; c'est là où l'idée de l'arbitraire du signe [2] apparaît pour la première fois.

Ce courant, dit logique, insiste sur le principe de complémentarité fondamentale entre « sujet et prédicat » dont le rapport définit la proposition. Ce principe balise la voie à une autre théorie, celle « des parties du discours » (noms, verbes…). C'est justement de cette réflexion sur les parties du discours que naît l'approche proprement grammaticale notamment avec les grammairiens d'Alexandrie, comme Denys LE THRACE (170 – 190 av J-C), qui présente de façon systématique le fonctionnement de la langue grecque classique (déclinaison, conjugaison) encore en usage aujourd'hui.

Cependant, loin de tout anachronisme, l'intérêt des Alexandrins pour la langue est inséparable d'une préoccupation philologique : celle de fixer et de rendre accessibles les textes littéraires les plus prestigieux. Il s'agissait d'étudier la langue pure. La grammaire étant définie à cette époque comme *« la connaissance de l'usage des poètes et des prosateurs».* [3]

En outre, les grecs ont soulevé deux débats de philosophie du langage : le premier est celui des analogistes qui croient que la langue est régulière et s'assimile à une science. Le second est celui des anomalistes qui pensent que les langues sont pareilles à une somme d'habitudes, d'usages et, par conséquent, elles ne forment pas un tout cohérent.

Sur un autre volet, les grammaires latine et médiévale n'ont pas apporté d'innovations remarquables par rapport à la grammaire grecque. Durant cette période, le grec et le latin constituaient des modèles. Toute réflexion sur le langage et toute étude sur les langues particulières s'inspiraient des schémas

[2] C'est un concept nécessaire chez tout sujet parlant reflétant ainsi la dimension sociale du langage et relevant plusieurs controverses depuis l'époque classique en Grèce. Autrement dit, le langage s'impose –t-il par nature ou par convention ? La même idée a été reprise au début du XXème siècle par F. DE SAUSSURE dans son « *Cours de linguistique générale* » où « l'arbitraire » est synonyme de « conventionnel » et qualifie exactement l'association d'un « signifiant » à un « signifié ».

[3] Dominique MAINGUENEAU, A*border la linguistique*, Paris, collection « Points essais », 2009, p. 11.

des grammaires antiques. C'est dans ce sens que VARRON (1er siècle avant J- C) écrivait *De Lingua latina*_et DOHET (IVème siècle) publiait *Un Art grammatical*. Mais la novation majeure de la réflexion médiévale sur le langage est l'élaboration au XIIIème siècle d'une « grammaire spéculative » étant donné que la langue est considérée comme le miroir (*le speculum* en latin) de la réalité et de la nature de l'être ; et de là, les philosophes dits modistes commencent à étudier les modes de construction et de signification en examinant la langue comme Guillaume DE CONCHES et Pierre HELIE.

De son côté, la grammaire humaniste et classique (XVI – XVIIIème siècles) a connu plusieurs innovations. La renaissance se caractérise par un double mouvement qui a développé la philologie du grec et du latin et qui a contribué à l'élaboration des grammaires pour les langues dites « vernaculaires »[4], comme l'italien, le français, l'espagnol, le portugais et l'anglais. Dans cette perspective, Henri ESTIENNE publia son ouvrage intitulé « *Traité de la conformité du langage français avec le grec*» en 1569. Constitué de trois tomes, l'auteur réserve le premier et le deuxième aux règles d'usage, quant au troisième, il contient des mots français dérivés partiellement ou totalement du grec. Il y dénonçait l'abus et l'anarchie que subissait l'usage de la langue française à l'époque en la défendant ardemment et en la mettant sur le même piédestal que le grec.

Au XVIème siècle paraissaient les premières grammaires, notamment celle de Louis MEIGRET (1510 – 1558) intitulé « *Traité de la grammaire française* ». Cet intérêt apporté aux langues vernaculaires incite les grammairiens à prendre en compte plusieurs phénomènes linguistiques qui n'ont pas d'équivalent en latin et en grec. C'est ainsi que la découverte du

[4] Le Dictionnaire de Linguistique et des sciences du langage définit une langue vernaculaire comme étant « *un système linguistique spécifique, employé dans la région et la communauté d'origine (…) le vernaculaire d'une région peut devenir véhiculaire dans d'autres pays mais il n'est vernaculaire que là où il est langue maternelle ».*

nouveau monde à travers les voyages aux pays lointains fait découvrir les langues qui ne présentent aucune parenté avec les langues occidentales et dont le fonctionnement est différent.

Sur un autre registre, au XVIIème siècle, la lexicographie moderne a vu le jour avec RICHELIEU qui a publié en 1664 un « *Dictionnaire de la langue française* ». Quant aux A. ARNAULD et C. LANCELOT, ils ont publié « *La Grammaire générale et raisonnée* » appelée aussi Grammaire de Port-Royal en 1660. Ce courant est fortement inspiré de la pensée de DESCARTES. Pour lui, l'étude des formes grammaticales est tributaire de la théorie des relations logiques. Le langage *« est conçu comme une représentation de la pensée à l'aide de signes »*[5]. Pour analyser les signes linguistiques de la langue, il faut commencer par l'analyse du fonctionnement de la pensée ainsi que celle des principes rationnels et universels communs à toutes les langues. La réflexion de BEAUZEE (1717 – 1789) s'inspire de ce courant. D'ailleurs, il a rédigé une bonne part des articles de grammaire figurant dans l'Encyclopédie dirigée par DIDEROT.

Le début du XIXème siècle est connu par l'émergence du comparatisme et de la grammaire historique. C'est une période où la réflexion sur le langage est fortement influencée par la découverte du sanskrit. C'est là où les chercheurs se préoccupent de l'évolution des langues dans le temps. Dans cette optique, l'Anglais William JONES a découvert l'existence d'une parenté entre le latin, le grec et le sanskrit. D'autres auteurs ont mené des recherches dans le même souci : celui d'établir les ressemblances importantes qui existent entre le sanskrit et le persan par exemple.

A partir de ces travaux pionniers, un énorme champ de recherche s'est ouvert, celui de la grammaire comparée qui a pour visée d'intégrer plusieurs

[5] Ibid., p. 13.

langues en s'appuyant sur des similitudes morphologiques régulières entre elles, en plus du vocabulaire susceptible d'être emprunté par une langue à une autre. Ce sont les comparatistes qui ont confirmé l'existence de la langue indo-européenne que les allemands ont nommé « indo-germaniques ». Cette langue se singularise par le fait qu'elle soit reconstruite de manière hypothétique en comparant rigoureusement le lexique, la morphologie et la syntaxe des langues qui font son origine. De même que cette langue n'est pas attestée par un ouvrage d'études grammaticales.

Il ressort qu'une telle transformation des études linguistiques suppose que les langues sont conçues comme des réalités purement historiques et intimement liées à la vie et à la mentalité des personnes qui les parlent. En d'autres termes, la langue devient un objet d'étude, dans cette perspective nationaliste et historique, elle est considérée comme un organisme en évolution constante marqué par l'histoire. Ce mode de raisonnement oriente la démarche du linguiste, voire celle des savants vers l'étude des sciences de la nature telle que la phonétique qui connait durant la seconde moitié du XIXème siècle des transformations énormes devenant ainsi une science expérimentale, ce qui avait un grand impact sur la grammaire comparée. L'évolution historique d'une langue est analysée principalement dans une perspective phonétique (qui s'occupe de l'étude de la production et de la substance physique des sons du langage). Cette approche accorde un rôle central à la notion de « loi », voire des règles sur la phonétique.

Cette période est connue aussi par le développement de la dialectologie dont l'étude est centrée sur les variations sociales et géographiques, notamment les « patois » (ceux qui parlent un dialecte propre à une région), l'intérêt est focalisé sur les locuteurs et sur les utilisateurs des dialectes.

Au début du XXème siècle, certains courants se détournent de l'étude de l'histoire des langues pour s'intéresser à leur fonctionnement, d'où l'émergence de deux disciplines fort majeures : la psychologie et la sociologie dont l'ultime objectif est précisément de comprendre les principes permettant aux sociétés et à la pensée de fonctionner respectivement tant au niveau individuel que collectif. Ces conditions se sont réunies pour le développement non pas d'une « grammaire historique » ou d'une « philologie », mais d'une linguistique qui va se nourrir et s'enrichir durant le XXème siècle à travers plusieurs courants.

C'est ainsi que le courant du structuralisme, dans sa première moitié, prend le pas sous le nom de l'illustre linguiste Ferdinand DE SAUSSURE (1857 – 1913). Ses disciples ont publié en 1916 sous forme d'un livre posthume un « *Cours de linguistique générale* » qui a exercé une grande influence sur les courants post-structuraux, et a entrainé une révolution structuraliste. C'est la période où la linguistique apparaît comme une école particulièrement avec la grammaire distributionnelle qui a mis le point sur trois critères : le critère de sens, le critère mélodique et le critère logique. Ce sont les agencements des mots qui forment des énoncés dont chacun constitue un tout isolé, mais se place à l'intérieur d'un contexte. Pour Chomsky, le Chef de fil de la grammaire générative et transformationnelle, la grammaire prétend à devenir formelle. Pour lui, la syntaxe est la partie générative de la grammaire, bien qu'il utilise des concepts sémantico- logiques comme celui de la phrase. La syntaxe se définit d'être un système fini de structures engendrant un nombre infini de phrases grammaticales. L'infini vient du fini selon « **le processus mécanique de récursivité »** [6] inhérent aux langues. La grammaire générative apporte la prévalence de la relation formelle entre les unités pour en faire du syntagme créant une cohésion dont les principes sont

[6] Noam Chomsky, *Structures syntaxiques*, Paris, Seuil, 1969, p. 13.

la similarité et la complémentarité. Et le discours scientifique ne fait pas l'exception.

Quant à la grammaire fonctionnelle, dont le précurseur est André MARTINET, elle est basée sur la double articulation du langage. Il s'agit du fonctionnement des unités dans le cadre de la communication et que Lucien TESNIERE complétera à travers les trois mécanismes du fonctionnement de la langue, à savoir : le traité de connexion qui fait que les unités de la langue s'articulent entre elles selon les normes, de même que le traité de jonction correspond aux conjonctions de coordination en grammaire traditionnelle et le traité de translation qui est relatif à la notion de dérivation selon l'école structurale.

Après avoir instauré le cadre théorique des unités de la langue ainsi que leur organisation, Gustave GUILLAUME [7] traite de la psychomécanique du langage selon laquelle la langue est un système de représentations à partir desquelles il est possible, *via* des signes appropriés, de produire des actes de langage et d'émettre des discours réalisés en production orale et écrite. Sur la même lignée, la grammaire énonciative avec Emile BENVENISTE se fonde sur l'opposition énoncé / énonciation.

En effet, si la grammaire traditionnelle avait pour objectif de prescrire des règles et donner l'importance à l'accroissement de l'appareil terminologique à l'instar de M. GREVISSE[8], la linguistique moderne prend pour objet d'étude la description des faits de langue dans ses différents états.

De sa part, la seconde grammaire scolaire s'intéresse à la mise en forme

[7] G. GUILLAUME, *Temps et Verbe : Théorie des aspects, des modes et des temps*, Paris, H. Champion, 1929.
[8] M. GREVISSE, *Le Bon usage*, Belgique, Editions J. Duculot, 1975.

théorique de l'orthographe grammaticale dont CHERVEL[9] est le précurseur. De même, la linguistique ne privilégie aucune langue et le linguiste est l'homme du langage, non d'une langue particulière. Pour lui, la langue est appréhendée dans la diversité de ses fonctionnements oral et écrit.

Toutefois, les penseurs, qui ne trouvent dans l'étude de la langue que le caractère historique dominant, décident de se préoccuper de cette entité comme « objet de connaissance » et non comme « un moyen de connaissance ». C'est ainsi que le vocable « linguistique » donne naissance à une étude scientifique du langage et, par conséquent, à un tournant décisif dans l'histoire de cette discipline.

I-1-2 Ferdinand DE SAUSSURE et la naissance du structuralisme

Pour plus de rigueur, on rappelle la distinction des deux théories complémentaires respectivement celle de Ferdinand DE SAUSSURE et celle d'Emile BENVENISTE[10]. Dans son «*Cours de Linguistique Générale*», SAUSSURE étudie la langue dans l'optique de dichotomie pour soutenir le principe de la langue comme un système de signes présentant des ressemblances et des différences. La langue fait partie de la communauté ou l'institution sociale. Quant à la parole, elle est propre au sujet parlant d'où la dimension discursive de la langue dans la théorie saussurienne. Il est à noter également que l'arbitraire du signe linguistique, chez DE SAUSSURE, réside

[9] L'ouvrage d'André CHERVEL intitulé « Et il faut apprendre à lire et à écrire à tous les petits Français » Payot, Paris 1977 est une doctrine dans laquelle il montre concrètement la coexistence et l'exclusion de modèles grammaticaux. C'est à travers la complexification historique du concept de «complément », par exemple, qu'il démontre aisément la variabilité de ces représentations de la langue que sont les grammaires. CHERVEL soulève aussi des questions sur l'histoire interne mais surtout externe de la langue, sur l'accord du participe passé et le problème orthographique central dans la structuration de la grammaire scolaire et qui va susciter la mise en place de nouvelles doctrines syntaxiques telles que : l'invariabilité du participe avec « avoir » et l'origine de l'existence des auxiliaires en français.
Le livre de CHERVEL permet aussi d'identifier les problèmes de la linguistique relatifs au changement linguistique, la variation à l'intérieur d'une communauté linguistique et la création d'une norme linguistique.

[10] Sa théorie sera plus détaillée dans la section I-1-6

dans le fait que le signifiant (le concept) et le signifié (l'expression matérielle) entretiennent un rapport de signification car c'est la position de ce signe, entre autres, qui lui octroie sa valeur dans le système. SAUSSURE écrit à cet égard : « *la valeur (des signes) est constituée uniquement par des rapports et des différences avec les autres termes de la langue*.»[11]

Tout se passe comme si la langue, pour DE SAUSSURE était une matrice, un ensemble de signes dont l'un est la contrepartie de l'autre et que l'acte de parole demeurait une faculté de langue, un résultat immédiat de l'utilisation de ces signes.

Il est patent que la conception de DE SAUSSURE envers le langage est purement dualiste (il distingue la langue de la parole) dans l'intention d'expliquer le caractère arbitraire du signe linguistique sans pour autant faire participer le sujet parlant dans la réalisation effective de la langue en discours.

Pour DE SAUSSURE, si le lien entre le signifiant et le signifié est arbitraire, pour BENVENISTE, ce lien demeure nécessaire dans la mesure où le signifiant implique un signifié et inversement. Or, DE SAUSSURE n'est pas allé loin dans sa conception, il reconnait que le signe est fourni au sujet parlant par son milieu et qu'il s'impose à lui. Il va de même pour la notion de « parole » qui demeure pour l'écrivain du *CLG* une réalisation effectuée par un sujet parlant. BENVENISTE, de son côté, souligne fort justement que l'énonciation est « *une mise en fonctionnement de la langue par un acte individuel d'utilisation (…) c'est l'acte même de produire un énoncé et non le texte de l'énoncé qui est notre objet »*[12].

Il est apparent que si l'acte d'énonciation est bien un événement unique supporté par un énonciateur et un destinataire particuliers, dans le cadre d'une

[11] F. DE SAUSSURE, *Cours de linguistique générale*, publication de Ch. BALLY, Paris, Payot, 1972, P. 163.
[12] Emile BENVENISTE, « L'appareil formel de l'énonciation » in *Problèmes de linguistique générale II,* Paris, Gallimard, 1974, P. 80.

situation particulière, et si la parole est le domaine de l'individuel de chaque événement historique, il serait plus judicieux de considérer l'énonciation comme une question relevant du domaine de la parole étant donné que la linguistique moderne se réclame du couple saussurien langue/parole qui a fait couler beaucoup d'encre. D'ailleurs, l'énonciation ne semble-t-elle pas comme ce qui rend possible l'énoncé, à en croire BENVENISTE, mais ne pourrait y être intégrée ? Activité nécessaire, mais indéchiffrable qui disparait derrière son produit, l'énoncé, objet unique d'étude de la linguistique.

Depuis les années soixante, les linguistes ont été amenés à reformuler, sur ce point, l'interprétation qu'ils donnaient de la dichotomie langue / parole soutenant l'idée que dans l'énonciation tout ne relève pas de l'individuel, du chaotique, mais qu'une part non négligeable peut en être décrite en terme de système.

Au début, les études linguistiques prenaient en considération uniquement l'énoncé car il constituait l'ensemble des données statiques opposées à l'infinité des actes d'énonciation individuelle. Le refus de reléguer l'énonciation à l'activité purement individuelle et son rejet hors de l'analyse rigoureuse du langage pose problème de savoir que, lorsque le système abstrait qu'est la langue se trouve mis en exercice dans le discours, un ensemble de mécanismes spécifiques entrent en jeu. Il s'agit de décrire le fonctionnement de la langue qui suppose l'étude appropriée à cette mise en exercice du système que seule rend possible la production d'énoncés, la conversion de la langue en discours par l'énonciation. A ce propos, Amalia RODRIGUEZ SOMOLINOS a pertinemment écrit que « *le sujet parlant est un être empirique, c'est l'individu du monde qui produit effectivement*

l'énoncé, alors que le locuteur et les énonciateurs sont des êtres du discours».[13]

Il ressort que le terme « discours » utilisé dans la perspective des théories de l'énonciation ne réfère ni à une unité de dimension supérieure à la phrase, ni à la prise en compte des énoncés inhérents aux conditions de production socio-historique (perspective de l'analyse du discours), mais plutôt aux rapports de l'énoncé à l'acte de l'énonciation qui le supporte ; ce qui est complètement compatible avec notre analyse portant sur le discours scientifique. A ce sujet, l'approche communicative de Charles BALLY est fort significative.

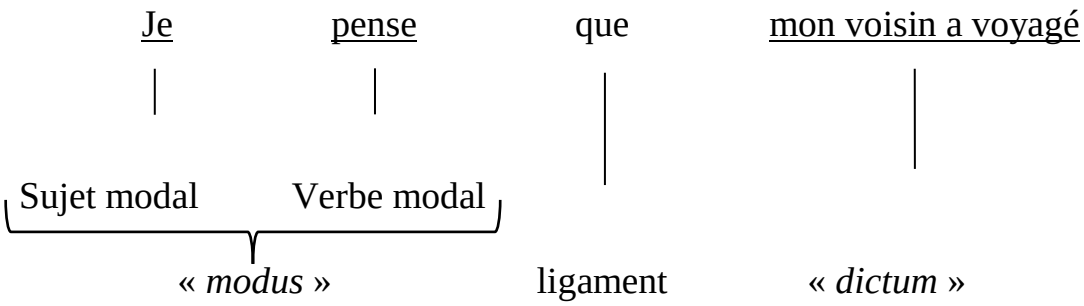
I-1-3 L'approche communicative de Charles BALLY

C. BALLY a instauré les premières lois d'une linguistique de parole prenant en compte la relation du sujet parlant à sa production et à son contexte. Sa théorie sera amplement exposée dans son ouvrage *Linguistique générale et linguistique française*[14], où il définit l'énonciation « *comme la communication de la pensée par le biais du langage. Cette communication peut prendre deux formes : une forme explicite et une forme implicite»*[15].

En fait, les pensées de l'individu sont le résultat, d'une part, d'une représentation, elles renvoient généralement à « *un jugement de fait, de valeur et de volition »*[16] et d'autre part, d'une réaction du sujet parlant.

[13] Amalia RODRIGUEZ SOMOLINOS**,** Locuteur, énonciateur et prise en charge. Quelques remarques sur la polyphonie en linguistique. file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet LocuteurEnonciateurEtPriseEnChargeQuelquesRemarque-4046115%20(4).pdf
[14] Charles BALLY, *Linguistique générale et linguistique française*, Berne, A.Francke S.A., 1965, p. 35.
[15] Définition reformulée par A. MDARHRI ALAOUI, in *Théories et analyses énonciatives du récit*, éditions Okad, 1989 ; p. 18.
[16] C. BALLY, Ibid.,

BALLY fonde sa théorie sur le rapport de complémentarité entre le « *dictum* » qui est une représentation objective d'un aspect réel désignant une action ou un état et le « *modus* » renvoyant à l'ensemble de jugements, qui n'est autre que la réaction modale du sujet parlant moyennant des déictiques. Cette idée est soutenue par l'exemple suivant[17] :



Il s'avère, dès lors, que le « *dictum* » est le noyau, alors que le « *modus* » est un propos qui traduit verbalement une réaction tant à travers l'intonation précisant la typologie des phrases (interrogative, déclarative…) qu'à travers la mimique qui renvoie aux expressions physionomiques relevant des différentes valeurs modales.

C'est ainsi que le contexte précise « *les circonstances connues des interlocuteurs et qui peuvent être les motifs de leur conversation (…) le contexte des mots et la situation des représentations (…) les uns et les autres jouent le même rôle* ».[18]

En définitive, Charles BALLY est parti des opérations générales de l'énonciation, en l'occurrence les aspects logiques, psychologiques ou linguistiques pour compléter les points de vue théoriques, notamment celui de Gustave GUILLAUME fondé sur la notion d'incidence qui sert à « *définir les rapports existant entre les parties prédicatives de la langue* ».[19] Et du coup, l'analyse de GUILLAUME se limitait à la phrase formée selon le principe

[17] Exemple cité par A. MDARHRI ALAOUI, Ibid., 1989, p. 20.
[18] C. BALLY, Ibid., 1965 ; p. 44.
[19] Olivier SOUTET, *Linguistique*, Paris, PUF, 1995, P. 280.

organisateur que lui offrent les autres éléments sur l'axe syntagmatique. Pour lui, les paramètres situationnels sont relégués au second plan. En voici un exemple pour élucider cette idée :

« Léon travaille courageusement. »

Dans cette phrase, le verbe « travailler » a pour support la personne de forme substantive, tandis que l'adverbe a un rapport avec le verbe. Il est à noter, également, que les pronoms constituent, pour GUILLAUME, un ensemble morphologiquement homogène. De plus, leur incidence est interne, d'où la possibilité de commuter avec le substantif.

Finalement, GUILLAUME s'intéresse plutôt à l'agencement des mots en phrase sans pour autant mettre en place les paramètres situationnels inhérents à tout acte du langage, contrairement à la théorie fonctionnaliste de Roman JAKOBSON qui a mis l'accent sur la structure du langage comme moyen de communication, ainsi que sur les relations existant entre les signes et leurs utilisateurs.

I-1-4 La théorie fonctionnaliste de Roman JAKOBSON

Le modèle de Claude SHANNON[20] a servi de plateforme édifiante à JAKOBSON pour fonder sa théorie. Pour ce dernier, la communication d'une information est un message qui implique un contact entre deux interlocuteurs au minimum : l'émetteur ou le récepteur ou encore le destinateur et le destinataire. Le message est construit à l'aide d'un code conçu comme un système conventionnel d'éléments pourvus de sens et de règles qui permettent de les combiner en vue de produire un sens plus complexe et plus élaboré. L'énoncé fait référence à une situation donnée, à un référent. De ce fait, les

[20] SHANNON est un ingénieur mathématicien Américain, le premier fondateur de la théorie de l'information qui est à la base de tout système moderne de communication.

fonctions du langage correspondent aux facteurs de la communication, chacun de ces six facteurs donne naissance à une fonction linguistique différente : c'est ainsi que le destinateur envoie un message au destinataire. Pour être opérant, le message requiert, d'abord, un contexte auquel il renvoie ; contexte saisissable par le destinataire et qui est soit verbal, soit susceptible d'être verbalisé. Ensuite, le message exige un code commun en tout, ou du moins en partie au destinateur (encodeur) et au destinataire (décodeur). En dernier lieu, le message requiert un contact, un canal physique et une connexion (lien) psychologique entre le destinateur et le destinataire, contact qui leur permet d'établir et de maintenir la communication. Seulement, il faut préciser qu'un message ne pourrait contenir une seule fonction, mais plutôt une différence hiérarchique de ces fonctions et selon la nature du message, il faut en relever la fonction prédominante. Tout bien considéré, la théorie de Jakobson peut être schématisée comme suit :

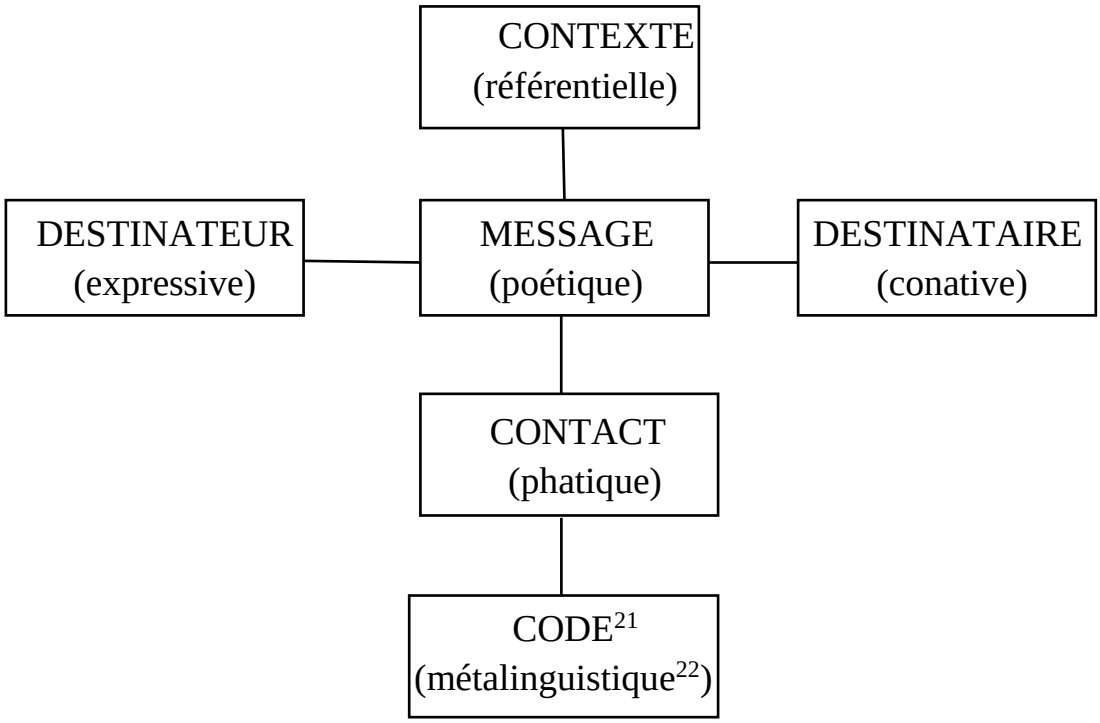


Figure 1 : Schéma de la théorie de R. JAKOBSON.

[21] R. JAKOBSON, *Essais de linguistique générale*, Paris, Éditions de Minuit, 1963 ; p. 214.
[22] R. JAKOBSON, Ibid., p. 220.

Or, cette réflexion a été largement décriée parce qu'elle ne prend pas en compte d'autres éléments relatifs à la situation de communication. Dans ce sens, C. K. ORECCHIONI propose d'intégrer à ce schéma de communication d'autres compétences d'ordre paralinguistique (gestes, intonations…), culturel et psychologique présentes chez l'émetteur et le récepteur et dont leur co-occurrence produit une situation de communication.

« Le code » tel qu'il est défini par JAKOBSON « *se trouve suspendu en l'air entre l'émetteur et le récepteur* ».[23] Ces derniers ne parleraient forcément pas la même langue quoiqu'ils appartiennent à la même « communauté linguistique » ou expriment des conceptions divergentes, ce qui pourrait engendrer des erreurs d'encodage et de décodage.

La notion de fonction a été également critiquée étant donné qu'elle manque de précision. Certains linguistes jugent que l'ensemble des fonctions avancées par JAKOBSON se réduisent à la fonction référentielle. L'énoncé suivant : **« Hier, quand je suis sorti, j'ai vu ton frère sur le boulevard. »** prouve incontestablement que le référent peut porter sur la personne « je », sur « hier » ou sur le lieu « boulevard ».

Même si le modèle de JAKOBSON est centré sur le message et le destinateur, d'autres critiques pensent que cette théorie a ses atouts parce qu'elle a contribué à l'éclaircissement de nombreux éléments inhérents à la situation de communication en transcendant la pratique saussurienne.

I-1-5 La polyphonie énonciative d'Oswald DUCROT

Le discours est considéré comme polyphonique quand il y a plusieurs voix qui s'y font entendre. Cette notion a été largement présentée dans les

[23] K. C. ORECCHIONI, *L'Enonciation, de la subjectivité dans le langage*, Paris, Armand Colin, 1980, P. 13.

travaux littéraires de Bakhtine, notamment dans son livre sur Dostoïevski[24] où il étudie les relations dialogiques de réciprocité entre l'auteur et le héros.

S'inspirant de cette théorie, une polyphonie purement linguistique et concernant les énoncés[25] surgira des travaux de Oswald DUCROT. Le discours est « un carrefour de voix », d'où la contestation de l'unicité du sujet parlant, longtemps confirmée par DE SAUSSURE.

Dans l'activité énonciative, DUCROT définit le sujet parlant comme un être empirique et exclu du sens, le locuteur comme responsable de ses énoncés, c'est un être physique ou un être du discours et l'énonciateur comme un être linguistique responsable de la mise en scène énonciative sans pour autant être attaché à l'énoncé.

La conception générale de l'énonciation chez Ducrot repose sur trois aspects :

- La représentation, par des moyens linguistiques différents, d'un locuteur qu'il soit l'être empirique ou non qui a produit l'énoncé.
- La représentation de la relation du « locuteur » à « l'allocutaire » par différentes marques, comme les pronoms, la modalisation, etc.
- L'attribution de certains pouvoirs qui relèvent de l'acte illocutionnaire, comme l'ordre, la promesse, la menace dans les énoncés exclamatifs, interrogatifs ou assertifs.

[24] « *La Poétique de Dostoïevski » est publiée en 1929.* Dans cet ouvrage M. BAKHTINE montre comment Dostoïevski a créé le roman polyphonique, c'est-à-dire que le message peut au titre de son émission faire intervenir plusieurs voix.
[25] Contrairement à la théorie de Bakhtine qui porte sur les textes dans leur intégralité.

Mais ultérieurement, la théorie de DUCROT subira des modifications. En effet, sa dernière version apportera une autre définition à la notion du locuteur : « *le locuteur, responsable de l'énoncé, donne existence au moyen de celui-ci à des énonciateurs dont il organise les points de vue et les attitudes »*[26].

Dans le même ordre d'idées, DUCROT évoque également le concept de la double énonciation où il existe deux locuteurs comme dans le discours rapporté direct et les échos imitatifs. Exemple :

Marie : Paul m'a dit : « J'ai mal à la tête ».

C'est une situation qui consiste « *à faire entendre deux locuteurs distincts dans le même énoncé. C'est un premier degré de polyphonie, qualitativement différent de celui par lequel un locuteur fait entendre différents énonciateurs dans son énoncé ».*[27]

De ce qui précède, il est à constater que la théorie Polyphonique de DUCROT donne la primauté à l'instance du locuteur qui peut mettre en scène un énonciateur, d'où le recoupement avec la triade de la narration dans la théorie de G. GENETTE. Ce dernier a distingué entre auteur (responsable de la rédaction), narrateur (instance qui raconte) et le focalisateur (celui qui voit). Il écrit : « *Je dirai que l'énonciateur est au lecteur ce que le personnage est à l'auteur ».*[28] Mais, malgré son ambiguïté, la théorie Polyphonique introduite en linguistique a eu des retombées positives sur plusieurs domaines notamment ceux de l'emploi des connecteurs, du discours rapporté et même sur l'emploi du pronom « ON » qui pourrait marquer les points de vue des

[26] O. DUCROT, « *Esquisse d'une théorie polyphonique de l'énonciation* » in Le dire et le dit, Paris, Éditions de Minuit, 1984, P. 205.
[27] A. AUCHLIN, *Introduction à la linguistique contemporaine*, Paris, Armand Colin, 1997, p. 146.
[28] O. DUCROT, Ibid., p. 205.

êtres discursifs. (Voir la valeur polyphonique du pronom « ON » dans la deuxième partie).

Comme nous l'avons constaté, DUCROT met en cause l'unicité du sujet parlant. Pour lui, le même énoncé peut présenter plusieurs points de vue ou une multiplicité de voix. Dans le même sillage, BAKHTINE, dans son ouvrage « La Poétique de Dostoïevski »[29], a analysé la notion de polyphonie dans les textes littéraires pour conclure, lui aussi, que dans les romans, plusieurs voix se font entendre différemment. De son côté, DESCLÈS évoque le triangle énonciateur, locuteur et médiateur. Il écrit à ce propos : « *Derrière tout énonciateur, il y a toujours un énonciateur et des coénonciateurs. Le locuteur est toujours sous la dépendance d'un énonciateur qui le met en scène comme auteur d'une énonciation rapportée. Dans une énonciation directe, énonciateur et locuteur coïncident, mais de nombreux discours sont construits sur des relations complexes entre énonciateur, locuteur et colocuteur* ».[30]

Nous comprenons, alors, que l'énonciateur est conçu comme une structure sous-jacente à tout énoncé. Elle est derrière tout acte d'énonciation. Pour DESCLÈS, l'énonciateur est l'instance matérielle qui prend en charge l'énoncé, tandis que le locuteur dépend de l'énonciateur, il est censé proférer un acte d'énonciation réel ou non. Dans une énonciation médiatisée, la présence d'un médiateur est nécessaire du fait que le locuteur n'est pas toujours clairement identifié.

[29]BAKHTINE. M, *La Poétique de Dostoïevski*, Paris, Éditions du Seuil, 1970.
[30] DESCLÈS J-P., GUENTCHÉVA Z., « *Enonciateur, locuteur, médiateur* », dans MONOD-BECQUELIN A., ERIKSON P., Nanterre, Société d'ethnologie 2000, Éditions *Les rituels du dialogue,* p. 79.

I-1-6 La théorie d'énonciation chez Emile BENVENISTE

Parmi les illustres noms de la linguistique énonciative, nous citons Emile BENVENISTE. « L'appareil formel de l'énonciation » est l'un de ses articles les plus considérables où il présente les fondements de l'énonciation.

Il a amorcé son chapitre par la définition de l'énonciation comme étant «*la mise en fonctionnement de la langue par un acte individuel d'utilisation, le discours étant la manifestation de l'énonciation (…), il faut prendre garde à la condition de l'énonciation : c'est l'acte même de produire un énoncé…* ».[31]

De cette définition découle l'idée que la langue devient un procès d'appropriation de celui qui parle. Ainsi, pour montrer que l'énonciation est un acte individuel de la langue, BENVENISTE parle de «la réalisation vocale » qui change d'un individu à l'autre et selon la situation de communication ; voire chez une même personne, on peut assister à des usages différents de sons en raison de la diversité des situations de l'énonciation.

Dans ce sens, les formes linguistiques utilisées dans l'énonciation confirment la présence et la position du locuteur, situent l'allocutaire par rapport à lui et dévoilent la relation qu'a le locuteur avec son monde.

Sur le même registre, BENVENISTE évoque la notion de « subjectivité » qui est *« la capacité du locuteur à se poser comme « sujet »*[32]. Cette subjectivité renvoie au « *statut linguistique de la personne* »[33] qui se manifeste par le « je ». L'emploi de ce pronom implique dans une situation d'allocution un « tu » en intégrant le principe de réciprocité. En outre, la présence de « je » traduit « l'ego » qui est un aspect transcendantal afférant au

[31] E. BENVENISTE, 1974, op. cit., p. 80.
[32] E. BENVENISTE, « de la subjectivité dans le langage » in *Problèmes de linguistiques générale I*, Paris, Gallimard, 1966 ; p. 259.
[33] Ibid., p. 260

pronom « tu », sachant que « je » et « tu » sont à la fois opposés et complémentaires.

Cela étant, la subjectivité est un phénomène omniprésent dans le langage, exprimée par « je » et « tu » qui sont des formes linguistiques désignant « la personne ». Selon BENVENISTE, ces pronoms *« ne renvoient ni à un concept ni à un individu »*[34]. Autrement dit, « je » peut avoir plusieurs valeurs sémantiques et ne peut référer à tous les « je » utilisés dans divers énoncés. Il marque plutôt un énoncé individuel, émis dans une situation bien précise par le locuteur (instance de discours). Ces pronoms personnels font appel aux indicateurs déictiques qui, à leur tour, expriment une subjectivité corrélée à celle de « je ».

Par ailleurs, BENVENISTE ajoute que le pronom « il » exprime une simple constatation par le locuteur. A titre d'exemple : « il suppose que … », est une énonciation non subjective et « il » est considéré comme non personne n'ayant de valeur que dans le discours énoncé par « je ».

La notion temporelle est présente également dans le répertoire de la subjectivité : l'emploi du temps passé ou futur a *« une ligne de partage qui est une référence au présent* »[35] et le présent exprime le temps où le locuteur parle, ce qui laisse à déduire que le présent est le temps de l'énonciation qui marque une grande subjectivité.

Pour BENVENISTE, la subjectivité peut affecter la forme verbale pour exprimer une relation de signification précise. Pour illustrer ces propos, les verbes « je sens / je crois » expriment une symétrie formelle mais non sémantique. Cela s'applique aussi pour les verbes opérationnels (raisonner - réfléchir) et les verbes d'attitudes (présumer – supposer) suivis de « que +

[34] Ibid., p. 261.
[35] Ibid., p. 262.

proposition ». Cette forme désigne précisément l'énoncé bien que la forme verbale soit *« l'indicateur de subjectivité »*.[36]

Cette réflexion interpelle celle d'Austin[37] qui parle des verbes performatifs en faisant la différence entre ceux d'affirmation qui servent à informer et les verbes d'action qui produisent un effet en parlant.

En fin de compte, certains verbes changent de valeur quand il y a un changement de pronom (exemple : « je jure » est différent de « il jure »), c'est-à-dire *« l'instance de discours qui contient le verbe pose l'acte en même temps qu'elle fonde le sujet »*.[38]

Dans l'ensemble, BENVENISTE a évoqué le structuralisme et il en a hérité, mais toutes ses réflexions sous-tendent un ancrage contextuel, ce qui le démarquera avantageusement de la tradition structurale et restituera une continuité à travers les réflexions d'Antoine CULIOLI sur le langage de manière plus globale.

I-1-7 Antoine CULIOLI et les opérations énonciatives

La théorie d'Antoine CULIOLI se présente sous trois aspects fondamentaux, à savoir la théorie de l'énonciation, la théorie du repérage et la théorie de la variation.

L'énonciation, telle qu'elle est conçue par A. CULIOLI, a une spécificité dans la mesure où elle se donne comme objet l'énoncé lui-même. Ce dernier n'est pas le résultat d'un acte de langage individuel. CULIOLI le considère comme étant l'agencement de formes linguistiques (grammaticales et syntaxiques) à partir desquelles les mécanismes énonciatifs qui en sont à l'origine peuvent être analysés. Il est question d'un enchaînement

[36] Ibid., p. 264.
[37] Austin J.L, *Quand dire, c'est faire*, Paris, Editions du Seuil, 1970.
[38] Ibid., pp. 265 – 266.

d'opérations dont l'énoncé est la trace. Pour CULIOLI, le terme « opération » confirme l'hypothèse que la valeur référentielle de l'énoncé n'est pas donnée, mais, c'est un construit. De ce fait, l'agencement des formes linguistiques qui le matérialisent sont conçues comme des opérations de constitution de la valeur référentielle de l'énoncé. Il s'agit, sous un autre angle de vue, de l'analyse des modalités de constitution de cette valeur. La théorie de CULIOLI a pour centre d'intérêt de prendre en compte les opérations abstraites qu'il revient à l'analyse d'expliciter à partir de l'organisation des formes constitutives de l'énoncé et les contraintes d'interprétation qu'elles manifestent. Les occurrences suivantes confirment cette idée :

- **Un chien, ça aboie**.

- Il y a un chien qui aboie.

- **C'est un chien qui aboie**.

Chacune d'elles est dotée d'une signification différente de l'autre en fonction des contextes dans lesquels elles ont été émises. Ainsi la troisième, par exemple, serait une réponse à la question « Quel est ce bruit » ? En d'autres termes, chaque énoncé obéît à des conditions contextuelles bien précises.

Outre la théorie d'énonciation, A. CULIOLI met en place une théorie de repérage et des domaines notionnels. Pour lui, l'ensemble des opérations énonciatives se ramène à ce qu'il appelle « l'opérateur »[39] unique. Autrement dit, tout terme (phrase, unité lexicale, séquence) manifeste une relation à un autre terme antérieur ayant le statut de repère. C'est dire que l'opérateur associe « a » à « b » dans une relation d'altérité ; c'est un rapport asymétrique : « a » est repéré par « b », en même temps, ce repérage est

[39] A. CULIOLI, *Pour une linguistique de l'énonciation : domaine notionnel*, tome 3, Paris, ophrys, 1999 ; p. 9.

indissociable des propriétés de « a » et celles de « b ». L'exemple suivant éclaircit cette idée :

- Léa a une voiture.

- La voiture est à Léa.

Selon CULIOLI, l'opérateur impose deux types de relations : non déterministe dans le premier cas. Le fait que Léa localise une voiture ne signifie pas qu'elle ne localise pas autre chose, ce qui fait que la voiture est aliénable aussi à la classe de « Jean » par exemple.

Dans la seconde occurrence, la relation est déterministe du fait que la voiture n'est pas prise dans le cadre de l'appartenance à une classe. De même, les domaines notionnels ont comme centre « la notion ». Pour CULIOLI, la notion est comme « *un faisceau de propriétés physico-culturelles»*[40] sans lui octroyer un statut typiquement linguistique.

« La notion » demeure, d'un côté, une entité hybride entre le monde, les représentations et la langue de l'autre. Elle n'est appréhendée qu'à travers les réalisations particulières, voire les occurrences. De même, CULIOLI distingue deux modes de repérage : un repérage de construction, en relation au repère, l'existence du repéré est prédiquée et un repérage de spécification où le repéré est spécifié par sa relation au repère.

Le troisième aspect de la théorie de CULIOLI est celui de l'invariant universel comme théorie de la variation. La réflexion sur l'invariance est explicitée à travers la diversité des langues ainsi qu'à travers l'identité des unités linguistiques via la diversité de leurs emplois.

En réalité, pour CULIOLI, le principe de généralisation ne peut être confirmé à partir d'une seule considération des propriétés d'une langue ou

[40] A. CULIOLI, Ibid.,

d'un nombre restreint de langues, ce qui explique, *ipso facto,* que les principes cognitifs universaux indépendants des propriétés des langues ne se forgent pas les outils de description de ces langues, mais plutôt, c'est l'observation minutieuse de l'organisation spécifique de chacune d'elles qui en offre les moyens fiables d'analyse.

En outre, la variation, pour CULIOLI, repose sur des principes invariants : les langues sont à la fois comme des exemplaires du langage du fait qu'on peut passer de l'une à l'autre, traduire dans la mesure où chaque langue est singulière et spécifique.

CULIOLI affirme que l'analyse de la singularité de chaque langue dans ses différentes composantes est susceptible d'accéder à une théorie généralisable, car, pour lui, il ne faut nullement oublier que les langues n'ont pas le même fonctionnement. Les universaux ne sont pas l'apanage des catégories métalinguistiques ou cognitives préétablies, mais, il s'agit plutôt des invariances qui prennent en compte la singularité et la diversité, partant de l'idée qui postule que la valeur référentielle d'un énoncé est le produit d'opération. Il s'agit ici des mêmes données sur lesquelles l'analyse sera fondée. Dans cette visée, CULIOLI constitue le lexique comme facteur de régulation, comme des constructions introduisant un facteur d'instabilité[41]. C'est là où la conception du lexique est ainsi explicitée par CULIOLI qui pense que les items lexicaux ne sont plus un matériau préconstitué mis en œuvre par l'organisation syntaxique des énoncés mais plutôt c'est un véritable lieu d'une variation réglée.

Bref, la théorie d'A. CULIOLI peut être considérée comme une phénoménologie puisqu'elle va à l'encontre d'une appréhension instrumentale du langage qui incarnerait un sens préexistant. Le langage

[41] Les variations de ce que CULIOLI appelle une famille paraphrastique, ou à partir d'un matériel lexical donné, on construit un ensemble non clos de structures syntaxiques.

devient une forme de pensée spécifique qui n'est atteignable que par l'analyse des opérations dont il est constitutif.

I-1-8 Conclusion

En définitive, la théorie de l'énonciation revêt une grande importance parce qu'elle a remis à l'ordre du jour une série de questions qui avaient été plutôt oubliées. Mais, la richesse des études menées dans ce domaine a engendré une diversité dans l'orientation. Les points de vue varient d'un linguiste à un autre. Certains réfléchissent en termes de sémantique énonciative (procédés discursifs de l'énonciation chez BENVENISTE et les fonctions du langage chez JAKOBSON), alors que d'autres ciblent une grammaire énonciative fondée sur les unités linguistiques en discours comme DUCROT.

Quoique ces travaux aient une perspective différente, ils sont complémentaires puisqu'ils ont tous pour objectif de situer le texte dans une optique discursivo-énonciative.

Partant de ce principe, et avant d'interroger le genre discursif en question, il s'avère constructif d'expliciter quelques notions liées aux composantes du langage (discours, phrase, énoncé…) pour y déceler les caractéristiques et tenter de lever quelques ambiguïtés.

Chapitre 2 : Approches de la notion du discours

I-2-1 Introduction

La linguistique, depuis Ferdinand DE SAUSSURE, est définie comme étant l'étude scientifique d'une langue naturelle que ce soit dans son état statique, synchronique ou dans son état mobile, diachronique. De même, le langage est étudié à travers la diversité des langues naturelles parlées. C'est pour cela que la notion du langage est définie à travers l'usage courant de la langue. On parle du « langage journalistique », voire du « langage scientifique » pour distinguer les différents modes de communication.

Certes, au début du XXème siècle, la linguistique moderne prend pour objet d'étude prioritaire le système sous-jacent aux énoncés d'une langue. C'est dans ce sens que l'étude du discours est devenue comme un carrefour dont l'objet se trouve au carrefour de plusieurs disciplines (psychologie, sociologie, biologie et autres) qui, à titre différent, ont affaire au langage, d'où la grande difficulté de définir la notion du discours.

Dans son *Cours de linguistique générale*[42], DE SAUSSURE compare la langue à un « trésor » partagé par les membres d'une communauté et qui est en perpétuelle évolution. Si la langue est un système d'unités et de règles, le discours est une réalisation par le sujet parlant où le langage est envisagé à travers un usage social. Il s'agit ici d'un débat interne à la même discipline qu'est la linguistique. De ce fait, l'étude du discours est soumise à des contraintes attachées essentiellement à l'organisation des textes et plus particulièrement aux genres de discours.

[42] L'ouvrage est déjà cité dans le chapitre 1.

Ainsi, le discours scientifique, objet de notre étude, ne peut être étudié indépendamment de son usage par le sujet parlant. D'ailleurs, depuis 1970, nous assistons au développement des courants pragmatiques qui s'efforcent d'étudier la langue en action, compte tenu de la situation d'énonciation. A cet égard, MAINGUENEAU fait remarquer que « *la linguistique apparait, alors, à la fois comme une science du système de la langue qu'elle modélise sous forme de « grammaire » et une science du discours, qui vise à dégager les règles qui gouvernent l'usage de ce système dans la très grande diversité des situations de communication qu'offre toute société».*[43]

C'est dans ce sens que le sujet parlant s'implique ou se manifeste à travers des procédés linguistiques telles que les marques déictiques de personnes (pronoms personnels), de temps et de lieu (les indicateurs spatio-temporels) pour se référer à sa propre présence, voire à sa situation de communication. Ce qu'il importe de faire remarquer dans l'étude du discours, ce sont les nuances d'interprétation liées aux contextes communicationnels qui agissent sur l'acte d'énonciation. Pour ces considérations, la distinction discours/énoncé s'avère difficile. Pierre VAN DEN HEUVEL écrit à ce propos que « *toute communication se voulant échange intelligible est fondée sur une interaction situationnelle de nature dialogique* ».[44] Il est à noter également que le discours constitue l'horizon de l'acte énonciatif étant donné que le mécanisme de son interprétation est tributaire de l'établissement d'un rapport de communication satisfaisant. De ce fait, l'interprétabilité pragmatique du discours réside dans la convenance entre la situation énonciative et la nature de l'acte effectué lors de l'énonciation. Olivier SOUTET approuve ce point en disant que «*Le discours est cette composante*

[43] D. MAINGUENEAU, 2009, op. cit., p. 28.
[44] P. VAN DEN HEUVEL, Parole, *mot, silence*, Paris, Librairie José CORTI, 1985, p.19.

du langage où une entité préénonciative, la phrase, engagée dans une situation énonciative, se transforme en une entité énonciative, l'énoncé».[45]

I-2-2 Le discours : essais définitoires

Le discours est une pratique verbale qui recouvre des acceptions multiples. Certains chercheurs le considèrent comme synonyme de « texte » ou « d'énoncé », tandis que d'autres le définissent à partir d'une position sociale ou idéologique (discours politique, discours médiatique…). Quant à l'école américaine, le concept de « discours » est associé à l'interaction orale.

Loin de la conception saussurienne, le discours n'est pas considéré comme un « système », il est surtout une activité dont l'acteur est le sujet parlant qui appartient à un contexte bien précis et qui produit ainsi des énoncés dépassant l'ordre d'une phrase. Cela semble entretenir une relation avec la réflexion de Jean Michel ADAM qui définit le discours comme étant « *(…) un discours est un énoncé caractérisable certes par des propriétés textuelles mais surtout comme un acte de discours accompli dans une situation (participants, institutions, lieu, temps)*».[46]

Partant de cette idée, le discours est considéré comme la manifestation de l'énonciation. Il est bon de rappeler qu'il est le résultat « *de la mise en fonctionnement de langue par un acte individuel d'utilisation* ».[47]

Donc, tout discours doit respecter, dans sa production, un nombre d'idées phares. C'est ainsi qu'il se plie à un ensemble de règles :

[45] O. SOUTET, 1994, Ibid., p. 173.
[46] J. M ADAM, « Pour une pragmatique linguistique et textuelle » in *L'Interprétation des textes*, Paris Minuit, 1989, p. 183.
[47] E. Benveniste, 1974, op. cit., P. 80.

1- Il a une organisation transphrastique : il obéit à des règles d'organisation supérieures à celles de la phrase. D'ailleurs, ce qui est au-delà de la phrase lui échappe et c'est le discours qui s'en occupe.

2- Il a une orientation : il se construit en fonction des objectifs assignés au départ. Pour les atteindre il respecte la linéarité des signes matériels de la langue (graphies, signes…). Le discours est un tout cohérent qui marque un début et une fin.

3- Il est une action : c'est un moyen d'agir par les mots. Il peut informer, convaincre, rejeter, etc. Cela rappelle la théorie des actes de langage développée par AUSTIN et SEARLE[48] (actes locutoires, illocutoires et perlocutoires) qui contribue à la description du fonctionnement des discours.

4- Il a un contexte [49] : le sens d'un énoncé n'est pas créé *ex nihilo*, il se construit de l'articulation du contexte et du texte. A ce propos, il serait idoine de distinguer deux types de contexte : un contexte linguistique (cotexte) qui environne un énoncé (phonème, mot, phrase) et un contexte non linguistique (non verbal) qui peut être d'ordre social ou culturel. L'ensemble de ces éléments interagissent pour octroyer un sens effectif à l'énoncé.

5- Il est interactif : tout discours s'inscrit dans le cadre d'une activité de dialogue quoique l'interlocuteur soit virtuel. Il s'agit d'un échange qui implique constamment la présence d'une autre instance d'énonciation et en fonction de laquelle le locuteur tisse son discours (dialogisme, coénonciation). Sous ce rapport, BAKHTINE défend l'aspect dialogique du discours en proclamant que « *le discours rencontre le discours d'autrui sur tous les chemins qui mènent vers son objet, et il ne peut pas ne pas entrer avec lui en interaction vive et intense »*[50] (Interaction qui se soumet à des degrés : dominant/dominé – objectivité/subjectivité).

[48] AUSTIN et John SEARLE ont développé une théorie basée sur les subtilités des actes de langage respectivement dans *Quand dire, c'est faire(1962)* et dans *Les actes d*e langage (1972).
[49] La notion de « contexte » sera amplement développée dans le chapitre suivant.
[50] T. TODOROV, Mikhaïl Bakhtine, *Le Principe dialogique*, Paris, seuil 1981, p. 98.

De toutes ces considérations, nous réalisons que le discours pourrait avoir une signification globale intégrant les éléments de base qui forment sa structure, à savoir la phrase, l'énoncé et le texte.

Pour ce, on juge nécessaire de préciser les limites de ces trois notions pour les différencier.

I-2-3 Discours / phrase

La phrase est un ensemble de mots grammaticalement correcte et munie d'un sens, séquence de mots que tout sujet parlant peut produire et interpréter. Pour Dominique MAINGUENEAU « *La phrase ne se situe pas sur le même plan que les groupes : catégorie maximale, elle définit l'espace dans lequel ils entrent en relation les uns avec les autres. Elle inclut sans être elle-même incluse dans une catégorie supérieure. Mais cela ne l'empêche pas d'être éventuellement incluse à l'intérieur de ces groupes, de leur être subordonnée».*[51]

De son côté, RIEGEL définit la phrase comme « *une séquence de mots que tout sujet parlant non seulement est capable de produire et d'interpréter mais dont il sent aussi intuitivement l'unité et les limites».*[52]

Pour sa part, GREVISSE considère la phrase comme « *l'unité de communication linguistique : c'est la suite phonique minimale par laquelle un locuteur adresse un message à un auditeur».*[53] En outre, « *elle définit l'espace dans lequel [les groupes de mots] entrent en relation les uns avec les autres* »[54]. La phrase est aussi un moyen de communication, c'est l'outil linguistique qui permet de confectionner le discours et, par conséquent, elle y

[51]D. MAINGUENEAU, Ibid., p. 85.
[52]Martin RIEGEL, Jean-Christophe PELLAT, René RIOUL, *Grammaire méthodique du français*, Paris, PUF, 2009, p. 201.
[53]Maurice GREVISSE, *Le bon usage*, Paris, Éditions DUCULOT GEMBLOUX, 1975, p. 293.
[54] Ibid.,

fait partie intégrante. RIEGEL confirme le même constat lorsqu'il a écrit que « *la phrase constitue l'unité de niveau supérieur d'un type de construction hiérarchique du discours* »[55]. Les exemples suivants empruntés du corpus éclaircissent parfaitement cette idée :

Occurrence 1 : **« La première protection du fœtus contre les bactéries et les parasites est mécanique : c'est l'enceinte presque stérile formée par la cavité amniotique. Presque stérile, mais vulnérable au passage des virus et de certains micro-organismes de très petite taille. Vulnérable également aux allergènes de la mère. Une preuve parmi d'autres : on trouve chez l'enfant d'une mère vaccinée contre le Tétanos une réponse immunitaire antitétanique ».**

Occurrence 8 : **« En Antarctique, les scientifiques mesurent même les déplacements de véritables « rivières » de glace dont on peut voir les cassures provoquées par l'écoulement».**

Du point de vue grammatical, la première occurrence est une phrase explicative marquée syntaxiquement par le signe de ponctuation (:). C'est une phrase déclarative du moment qu'elle se termine par un point.

Sur le plan énonciatif, il s'agit d'un discours prononcé par un médecin et qui fait référence au système immunitaire chez le fœtus et comment ce dernier est protégé des infections.

Quant à la seconde occurrence, il est question d'une phrase complexe (subordonnée relative) qui se présente comme un cadre à l'intérieur duquel se déploient et se décrivent le réseau de relations (les fonctions grammaticales) et les classes d'unités simples (les parties du discours) et complexes (les groupes de mots) qui constituent l'architecture syntaxique des énoncés. Outre ce niveau d'analyse grammaticale, le niveau énonciatif dépasse le phrastique

[55]M.RIEGEL et al. Ibid., p. 203.

puisque ladite occurrence est définie à travers des paramètres situationnels : le locuteur, l'interlocuteur et la référence. RIEGEL écrit à cet égard *« Communiquer consiste à transmettre à autrui une information, à lui dire quelque chose à propos de quelqu'un ou de quelque chose»*[56]. Il résulte que l'information véhiculée par la phrase s'analyse en une partie par la situation ou le contexte antérieur. En d'autres termes, le niveau discursif est supérieur au phrastique parce que le discours est régi par le contexte qui oriente son interprétation. Il est interactif du fait qu'il se réalise entre deux intervenants entrant en véritable action communicative. Pierre VAN DEN HEUVEL n'avait-il pas raison lorsqu'il a affirmé qu' *« en y cherchant les facteurs du contextuel et du référentiel, on définit non seulement le rapport que le sujet entretient avec son propre énoncé, mais aussi sa position vis-à-vis du monde extérieur »*[57] *?*

Il apparaît, donc, que la phrase est une partie du discours qui constitue son cadre grammatical et sémantique. Elle est même sa pierre angulaire. En d'autres termes, la composante discursive est tributaire de la composante phrastique.

Après avoir mis en place la dichotomie discours/phrase, il convient de clarifier aussi la dichotomie discours/énoncé.

I-2-4 Discours/énoncé

Si on part de l'idée qui postule qu'un message peut se définir comme un énoncé dont l'origine est une phrase ou une suite de phrases, on peut dire que ce dernier est une entité langagière singulière produite ou actualisée par un sujet parlant et nécessairement liée à une situation d'énonciation par

[56]M.RIEGEL et al. Ibid., p. 1021.
[57]VAN DEN HEUVEL, 1985, Ibid., p. 36.

opposition à la phrase qui demeure une entité langagière non actualisée et une fois prise isolément, elle ne fait pas partie d'une situation d'énonciation. Elle est dénuée de toute singularité énonciative.

De ce fait, l'énoncé demeure une phrase régie par des paramètres situationnels qui conditionnent son interprétation. De même, le terme « discours » est antérieurement défini comme le synonyme de « parole » selon Ferdinand DE SAUSSURE. Il est question ici *« de variations individuelles de la langue »*[58] et pour Jean DUBOIS, le discours est un *« énoncé réalisé »*[59]. Nous rattachons ce point de vue à celui de la pragmatique anglo-saxonne (cf. J.L. AUSTIN et J. R SEARLE), qui pour étudier le mécanisme discursif, soutient l'idée qu'il faut prendre en main l'examen des conditions de transformation de l'énoncé en discours. Si l'énoncé est une phrase actualisée et le discours est un énoncé aussi actualisé, nous pouvons conclure que les facteurs d'énonciation constituent la toile de fond. Il s'agit, ici, d'une continuité, voire d'une chaîne langagière car à en croire Van Den HEUVEL « *nous ne nous bornerons cependant pas à l'examen des seuls indices linguistiques qui régissent le rapport énonciation / énoncé, mais prendrons également en charge des manœuvres discursives d'un autre ordre, linguistiquement invisibles comme celle, par excellence non linguistique, du non-dit».*[60]

En voici des exemples pour éclaircir cette idée :

<u>Occurrence 123</u> : « <u>On</u> connaissait la vitamine C pour ses vertus antioxydantes, moins pour son action sur la formation des cellules souches».

[58] Pierre VAN DEN HEUVEL, Ibid., p. 21.
[59] Jean DUBOIS cité par HEUVEL dans *Parole, mot, silence ;* p. 21.
[60] P. VAN DEN HEUVEL, Ibid., p. 19.

<u>Occurrence 127</u> : « Il a [événement météorologique extrême : sécheresses, inondations, cyclones...] donc tendance à disparaître des statistiques dès que l'<u>on</u> fait des moyennes nationales».

Dans le premier énoncé, le spécialiste, en l'occurrence le diététicien, s'adresse à ses interlocuteurs pour confirmer l'effet antioxydant d'un aliment à Vitamine C, outre que son impact sur la formation au niveau cellulaire. Il s'agit, ici, d'un jeu complexe de rôle discursif qui contribue lui-même à la complexité d'interprétation. D'ailleurs, l'emploi du pronom « ON » qui réfère au locuteur pouvant prendre plusieurs statuts (généticien, diététicien...) pose un véritable problème de lecture. Dans la même optique, Kjersti FLØTTUM, Kerstin JONASSON et Coco NOREN affirment qu'il est difficile « *de discuter l'emploi et le choix de « ON » en termes de construction de l'identité dans l'interaction».*[61] On comprend, dès lors, que la mise en situation de l'énoncé demeure, pour les linguistes, un sujet à caution.

En fait, le message, au titre de son émission, fait intervenir plusieurs locuteurs et donc plusieurs voix ; et, à sa réception, il s'adresse à un public hétérogène, d'où le véritable problème de polyphonie, ce qui rend difficile, en termes de discours, « *d'examiner les conditions de sa cointerprétation par les partenaires de la communication*».[62]

Dans la seconde occurrence, c'est un énoncé prononcé par un météorologue concernant la disparition d'un événement météorologique extrême (tempêtes, canicules...) des statistiques dès que les moyennes nationales ou annuelles sont faites. Le recensement de ces « événements extrêmes » nécessite un réseau de mesures à haute résolution qui n'existe que dans les pays développés. De là, les scientifiques sont gênés par les difficultés

[61] K. FLØTTUM. K. JONASSON. C. NOREN, *On, Pronom à facettes*, Bruxelles, Éditions de Boeck, 2007, p. 78.
[62] O. SOUTET, 1994, Op. cit., p. 153.

rencontrées à capter et à donner, par la suite, des statistiques significatives portant sur cet « événement extrême ».

En étudiant cet exemple, nous constatons que le problème réside au niveau pragmatique du fait que la situation d'énonciation, ici, est péniblement identifiable (qui ? à qui ?), ce qui donne lieu à la pluralité d'interprétation. Celle-ci suppose une double analyse : celle des conditions d'interprétations phrastiques qui constituent sa composante locutoire et celle des conditions d'interprétation énonciatives qui forment sa composante illocutoire. D. MAINGUENEAU écrit à cet égard : « *A côté des phénomènes d'ordre morphosyntaxiques, on accorde un rôle de plus en plus important à ceux qui relèvent de l'énonciation».*[63] En réalité, il ne faut nullement oublier que l'énonciation est conçue comme un événement et l'énoncé, en tant que résultat immédiat de cette opération, porte la trace de cet événement ; d'où la présence des marqueurs de personne, des temps verbaux et des modalités. On comprend, dès lors, que le discours exige des conditions de réalisation rigoureuses pour garantir sa fiabilité. Il ne se réalise pas de manière isolée, il s'enchaîne plutôt en séquences organisées et articulées à des paramètres d'ordre social et psychologique. C'est un système qui possède des caractéristiques linguistiques et énonciatives spécifiques.

La mise en œuvre du rapport énoncé / discours nous fait comprendre le mécanisme énonciatif de chaque type. Comme le discours est différent de l'énoncé, il présente aussi des différences par rapport au texte.

I-2-5 Discours / texte

Si l'analyse grammaticale s'effectue au niveau de la phrase, plusieurs phénomènes linguistiques pourront échapper à l'analyse et leur explication se

[63] D. MAINGUENEAU, Ibid., p. 86.

fera à travers l'élargissement de la perspective, c'est-à-dire dans le cadre du texte.

Par texte, HEUVEL entend « *un ensemble fini et structuré de signes linguistiques écrits et composés de parties enchaînées … C'est une unité d'une certaine envergure, constituant un ensemble cohérent et autonome, marqué par un début et une clôture».*[64] Et de là, le texte obéit à un fonctionnement linguistique attesté au niveau de son organisation interne tant par la cohésion que par la cohérence (un ensemble cohérent).

D'une autre manière, l'analyse du texte se fait sur deux niveaux à la fois différents et complémentaires, à savoir, le niveau syntaxique et le niveau sémantique sans pour autant occulter le niveau pragmatique relatif à l'analyse du texte en tant que discours. HEUVEL précise, dans ce sens, que « *Dans sa relation avec le discours, le texte est considéré comme l'un des modes de fonctionnement du langage, comme une structure spécifique d'une opération discursive, comme une procédure productive à effet génératif (la polysémie, l'interférence discursive, etc.)».*[65]

Le texte se trouve, dans ces conditions, soumis à des opérations énonciatives à travers sa production (procédure productive) et tant qu'il s'agit d'une surface structurée appelée « le dehors »[66] doublement significative, au niveau de la représentation et de la communication, elle sous-entend « le dedans »[67] qui n'est autre que la signification conférée à ce texte par le sujet écrivant.

Il paraît nettement que le texte qui est «*un ensemble d'énoncés linguistiques soumis à l'analyse »*[68]se transforme en discours. D'une autre

[64] P. V. D. HEUVEL, Ibid., p. 23.
[65] Ibid.,
[66] Ibid.,
[67] Ibid.,
[68] Ibid.,

manière, l'analyse du texte, en tant que discours, se fait dans une perspective communicationnelle, c'est-à-dire compte tenu du niveau communicatif.

L'analyse syntaxique du texte considéré comme un ensemble de phrases peut s'effectuer par la distinction thème / propos. Pour expliciter cette idée, nous lisons dans le corpus :

Occurrence 4 : « **Certains scientifiques ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone, ni l'eau ne sont nécessaires. Cette idée est convenable, mais elle conduit à la science-fiction et il est difficile de la développer. Du moins difficile tant que l'on n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes** ».

Ce passage est constitué de trois phrases articulées entre elles du point de vue syntaxique tant à travers la reprise anaphorique (cette idée) qu'à travers la progression thématique. Dans cet exemple, le référent de la 1ère phrase correspond au sujet syntaxique « certains scientifiques ». Le prédicat est introduit par le groupe verbal « **ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone, ni l'eau ne sont nécessaires ».** Dans la seconde phrase, nous avons une progression à thème linéaire : « **cette idée** » étant le thème et la succession des groupes verbaux « **est convenable**..... **de la développer »** en est le propos.

Dans la dernière phrase, le thème est le pronom personnel « ON » dont le propos est « **n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes ».** Du moins faut-il préciser que le thème est traduit par le sujet syntaxique « ON » dont l'interprétation est donnée à partir des phrases précédentes. L'emploi du pronom « ON », en tant que thème, est voulu dans la mesure où les astronautes confirment une réalité tout en se dissimulant derrière un procès de recherche. Nous comprenons bien que le niveau

interphrastique[69] est indispensable à l'analyse d'un texte car les rapports entre les propositions orientent la lecture et l'interprétation du texte en tant que discours. RIEGEL écrit à ce sujet « *Dans ce cadre (communicatif), l'information véhiculée par la phrase s'analyse en une partie connue (par la situation ou le contexte antérieur)*».[70]

Il faudrait également signaler que dans le dynamisme communicatif de la phrase, la progression de l'information suit un ordre logique comme dans l'exemple supra : le thème est placé au début de la phrase. Il a un apport informatif moins important que celui du propos. De surcroît, nous observons qu'il y a une relation de coréférence entre « cette idée » conçue comme l'expression anaphorique et le segment antérieur pris comme son antécédent **« la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone, ni l'eau ne sont nécessaires».**

A la lumière de ce qui précède, il est clair que le texte et le discours entretiennent un rapport de dépendance : l'analyse du discours est le corollaire démonstratif de la structure du texte. MAINGUENEAU écrit à ce propos « *les énoncés entrent eux-mêmes dans des unités de niveau supérieur, les textes, dont l'étude peut se faire sans prendre en compte des considérations à la fois d'ordre linguistique et d'ordre communicationnel »*[71]. C'est le moment opportun pour rappeler F. DE SAUSSURE qui affirme que le signe linguistique n'est jamais une unité isolée. En revanche, il entre dans un ensemble de microsystèmes régis par des règles morphologiques et syntaxiques qui s'associent pour former des phrases et, donc, des textes. C'est la raison pour laquelle, d'ailleurs, l'analyse sémantique dépend de l'analyse syntaxique et que le niveau dit énonciatif en est le résultat immédiat. Tout se

[69] Procédé linguistique qui assure la continuité syntaxique et sémantique entre les phrases.
[70] RIEGEL et al. Ibid.,
[71] D. MAINGUENEAU, Op.cit. P 35.

passe comme s'il s'agissait d'une chaîne dont les anneaux sont interdépendants.

Il est patent que la mise en relation de la forme et du sens permet d'analyser le texte comme le discours d'une façon globale car, en fait, les frontières entre syntaxe et sémantique, entre sémantique et pragmatique sont parfois difficiles à circonscrire. Cette question fait couler beaucoup d'encre : la linguistique moderne est en train de chercher des explications pour savoir dans quelle mesure « *cette conception du texte, qui relie l'énoncé à une origine et à un contexte, a le mérite de pouvoir éclairer certaines formes difficiles* [?] »[72]. Ainsi, par exemple, le pronom « ON », comme il a été analysé précédemment, ne réfère pas au sujet parlant, il présente une pluralité de sujets qui peuvent être situés hors de l'énoncé. En linguistique, l'analyse de HARRIS et l'étude de l'argumentation esquissée par GRIZE ainsi que l'analyse automatique du discours présentée par DUCROT appliquent la notion de « système » à des énoncés plus vastes dans une perspective énonciative qui prend en compte les phénomènes énonciatifs ainsi que ceux de la coénonciation afin « *d'examiner la structure textuelle en elle-même et pour elle-même* »[73]. Autrement dit, l'analyse du texte en termes de discours est effectuée en le plaçant dans la situation d'énonciation en vue d'aboutir à son interprétation. Pour soutenir ces propos, nous lisons dans « **Linguistique française** », *que l'ensemble des éléments qui ressortissent à l'énonciation se doivent d'être intégrés dans toute approche de la réalité langagière»*[74].

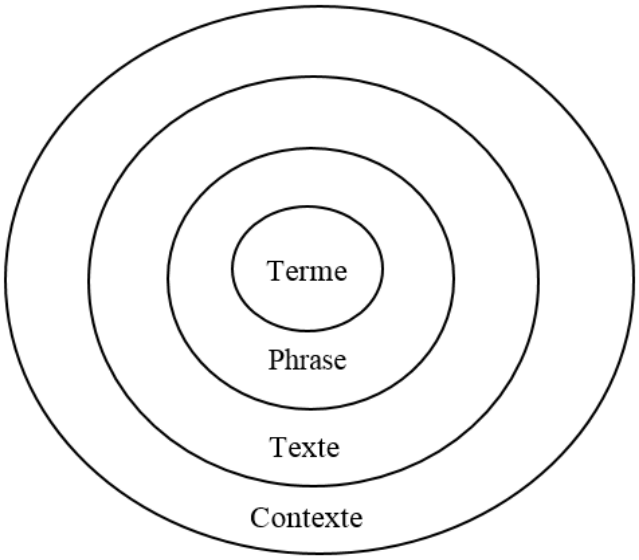
D'une part, au niveau intralinguistique, l'énonciation est connue par des signes faisant partie du code de la langue, du système de signes et dont l'interprétation est tributaire du contexte énonciatif. Effectivement, la

[72] P. V. D. HEUVEL, *Op.cit.* P. 24.
[73] Ibid., P. 26.
[74] Jean-Louis CHISS, Jacques FILIOLET, Dominique MAINGUEUNEAU, *Linguistique française : communication, syntaxe, poétique,* Tome 2, Paris, Hachette Education, 1992, p. 11.

signification ne peut être dégagée qu'en référence à chaque message. D'autre part, l'énonciation, selon E. BENVENISTE et R. JAKOBSON, recouvre l'étude des situations de communication, la typologie des discours, les fonctions du langage alors que l'immense problème du sens des énoncés reste encore un objet d'étude pour les linguistes.

Pour BENVENISTE, le discours est « *un mode d'énonciation qui suppose l'interaction d'un locuteur et d'un auditeur insérés dans le présent de l'énonciation* ».[75] Dans ce cadre, l'emploi des déictiques personnels et spatio-temporels ainsi que les temps verbaux reste fort significatif.

Le discours se distingue aussi par la présence du contexte qui définit l'environnement du terme dans la phrase, l'environnement de la phrase dans le texte ainsi que l'environnement du texte dans le discours. Comme E. BENVENISTE, R. JAKOBSON accorde une grande importance au contexte. Pour lui, le locuteur et le récepteur ne se situent pas de la même manière par rapport au message ; ce qui est donné par le locuteur est nouveau pour l'interlocuteur. Ainsi, la relation entre le contexte, le texte et la phrase peut-être schématisée de la façon suivante :



[75]E. BENVENISTE cité par Jean-Louis CHISS, Jacques FILIOLET, Dominique MAINGUEUNEAU, Ibid., p. 14.

I-2-6 Conclusion

En somme, l'étude du texte ainsi que celle du discours embarrasse le linguiste même si l'ambition des théories discursives est de décrire tous les types de textes et de discours, et particulièrement le discours scientifique. Nous avons pu comprendre que le discours est aussi l'étude de « *la composante illocutoire d'un texte* »[76] fondée sur l'étude des phénomènes de la deixis qui permettent de mettre en relation les mots ou signes à la connaissance de leur environnement énonciatif. Ce sont des unités linguistiques « *dont le sens implique obligatoirement un renvoi à la situation d'énonciation pour trouver le référent visé* ».[77]

Sur le plan linguistique, les déictiques sont marqués par les pronoms personnels qui renvoient à divers référents localisés dans la situation d'énonciation immédiate, en l'occurrence le locuteur (je) et l'allocutaire (tu). De même que les déictiques spatio-temporels sont mis en œuvre à travers les adverbes de temps et de lieu, sans pour autant oublier la référence conçue comme étant le phénomène de la coénonciation, déjà étudié par A. CULIOLI.

Lorsque BENVENISTE affirme à mots ouverts « *qu'il s'agit d'examiner les manifestations de l'homme dans la langue »*[78], n'était-il pas en train de faire allusion aux principaux phénomènes d'énonciation : les déictiques de personnes, de temps, de lieu ainsi qu'au contexte de l'énonciation ? Vu leur importance, ces éléments retiendront notre attention dans le troisième chapitre.

[76] O. SOUTET, Op.cit. P. 325.
[77] G. KLEIBER, « Recherches en pragma-sémantique », *in Recherches Linguistiques n° X*, Etudes publiées par le Centre d'Analyse Syntaxique de l'Université de Metz, Paris, Klincksieck, 1984, p. 12.
[78] E. BENVENISTE, 1974, Ibid., p. 86.

Chapitre 3 : De quelques phénomènes de l'énonciation

I-3-1 Introduction

L'énonciation est un phénomène intralinguistique qui fait partie du système de la langue. Elle regroupe un nombre de signes dont leur signification, voire leur interprétation ne peut être tirée hors du contexte. De plus, l'énonciation met en œuvre des relations d'ordres différents, à savoir la relation entre énonciateur et destinataire, la relation de l'énonciateur à son propre énoncé ainsi que la relation de l'énonciateur au contexte. Sur ce point, RIEGEL affirme que « *le rapport du locuteur à son énoncé mérite une attention particulière* »[79]. Un tel rapport est significatif dans la mesure où il désigne la distance relative à l'attitude énonciative adoptée par le locuteur envers son propre énoncé, elle peut être soit minimale, soit maximale lorsque l'adhésion s'explique à travers la prise en charge du locuteur. Dans cette perspective, BENVENISTE parle de «*l'instance du discours* »[80] lorsqu'il traitait de la nature des pronoms. Encore faudrait-il ajouter que le locuteur assume la responsabilité de ce qu'il énonce à travers les marques linguistiques, voire les déictiques personnels et spatio-temporels étant donné que l'énoncé est relié à la situation d'énonciation ; par opposition à « *l'énonciation historique »*[81] qui élimine toute trace d'énonciation et où l'emploi de la troisième personne est mis en œuvre.

RABATEL écrit dans ce sens : « *Il y a de la mésestimation de la subjectivité dans les plans d'énonciation de type historique ou théorique, notamment dans les contextes d'effacement énonciatif lorsque la subjectivité s'avance masquée dès la construction du dictum, en l'absence de jugements*

[79] M. RIEGEL et al 2009, op. cit., P. 1000.
[80] E. BENVENISTE, 1966, op. cit., p. 75.
[81] Ibid., p. 241.

explicites dans le dictum ou en l'absence de modus explicite.»[82] Tout se passe comme s'il existait deux types d'énonciation : subjective et non subjective. D'ailleurs, lorsque RABATEL évoque dans sa citation *« l'absence de jugements explicites dans le dictum »*, il fait, certes, allusion aux marques linguistiques, en l'occurrence les embrayeurs qui octroient à l'énoncé sa valeur d'appartenance ou d'adhésion déjà signalée. C'est ainsi que la notion « de point de vue » occupe le devant de la scène des études sur l'énonciation. Par point de vue énonciatif, nous entendons l'anticipation du locuteur dans la production de son énoncé. C'est lorsque « *l'émetteur produit un énoncé (il) doit procéder à la linéarisation des éléments linguistiques qu'il sélectionne pour exprimer son intention de signification.»*[83]

L'expression « exprimer son intention » est fort significative. Il s'agit d'utiliser des marqueurs spécifiques dans l'émission de notre énoncé. Dans le même ordre d'idées, KLEIBER glisse un panorama de ce qu'il appelle « *les dimensions de l'anticipation en linguistique »*[84] qu'il classe en deux dichotomies : la première dichotomie s'axe sur l'anticipation de production centrée sur le locuteur qu'il la qualifie d' « active » et qui la met en parallèle avec l'anticipation de compréhension dite aussi « passive » qui se trouve adressée à l'interlocuteur. La seconde, inhérente à une expression linguistique, est une anticipation objective, - contrairement à l'anticipation subjective qui exige du locuteur un choix conformément à son point de vue-. D'ailleurs, « *La langue, en tant que signe, offre à l'émetteur tout un ensemble de marqueurs lui permettant de balayer sa production textuelle. Certains de ces marqueurs assurent une articulation cohérente avec le cotexte antérieur (rappels lexicaux, reprises anaphoriques, etc. D'autres opèrent une visée prospective*

[82] Alain RABATEL, *Pour une analyse énonciative et interactionnelle du récit, tome 1*, Lucas, Editions Lambert 2008 ; p. 138.
[83] Catherine FUCHS, *La coénonciation, carrefour des anticipations linguistiques*, CNRS/ENS– Ulm, UMR 80 94 LATTICE ; p. 1.
[84] G. KLEIBER, « Dimensions de l'anticipation en linguistique », in Scolia n° 17, 2003 ; p. 55.

anticipatrice du cotexte ultérieur. Ce sont les unités de la langue spécialisées dans la construction de ce que KLEIBER nomme anticipation objective. »[85] Nous comprenons, aussitôt, que les phénomènes de l'énonciation déjà explicités s'articulent sur deux actes indispensables qui vont de pair. En outre, ils sont complémentaires quand il s'agit de produire et/ou d'interpréter. Ces deux actes impliquent ce que nous appelons la coénonciation.

I-3-2 Le phénomène de la coénonciation

Catherine Kerbrat ORECCHIONI définit l'énonciation comme étant « *l'ensemble des phénomènes observables lorsque se met en branle, lors d'un acte communicationnel particulier, l'ensemble des éléments que nous avons précédemment schématisés*».[86] (Faisant référence à l'émetteur et au récepteur, à la compétence idéologique, au référent, au canal et à l'univers du discours).

En nous référant à cette définition, nous pouvons dire que l'énoncé en tant qu'une «*unité transphrastique, une séquence structurée de phrases* »[87] est inséré dans une situation de communication effective qui oriente son interprétation et qu'il revient au lecteur éventuel de comprendre le fonctionnement énonciatif à partir des marques linguistiques. Il appartient au lecteur aussi bien de s'interroger, que de mettre le point sur les propriétés d'ordre grammatical afin d'en dégager le sens. C'est ce que signifie l'expression « séquence structurée de phrases ». Il est à noter également que le locuteur donne à l'énoncé sa première impulsion comme le montre l'expression « en branle ». C'est dans ce sens que nous pouvons parler de « l'intention de signification » qui peut être globale lorsqu'elle est continue.

[85] C. FUCHS, Ibid., p.2
[86] ORECCHIONI, 1980, op. cit., p. 28.
[87] Pierre KUENTZ, « Tendances actuelles de la stylistique anglo-américaine », in Langue Française n° 3, septembre 1965, P. 86.

C'est dire que le locuteur se sert de la langue pour agir sur l'allocutaire. Ce dernier lui aussi manifeste une intention linéaire à travers « *une suite d'opérations à différents niveaux qui aboutissent à l'ordonnancement d'unités discrètes sur la chaîne».*[88] Autrement dit, il s'agit de construire le sens *via* la segmentation des éléments linguistiques, comme les déictiques, pour aboutir à un autre énoncé avec une acception particulière. C'est pour cela que BENVENISTE parle de « *l'acte individuel d'utilisation »*[89] comme si l'allocutaire s'ingéniait à tirer de la construction en cours qui bifurque vers l'explication adéquate avec la situation de communication dont il est question. C'est là où le cotexte joue en priorité. Cette notion de cotexte[90] a fait couler beaucoup d'encre du fait qu'elle se trouve intimement liée à l'acte de production et de réception de l'énoncé, qui ne sont pas considérées comme des activités disjointes. En sus, les éléments du cotexte constituent le guide fourni par l'émetteur au récepteur à travers le choix des constituants linguistiques (tels que les temps verbaux, la ponctuation, les types de phrases, le lexique, les pronoms personnels, les procédés anaphoriques) et leurs agencements au sein de la chaîne parlée, compte tenu de la structure communicative globale. Ce qui fait que l'interprétation de l'énoncé devient « *un processus actif »*[91] dont la réalisation se réalise essentiellement à travers la mise en fonctionnement de la langue. Nous rejoignons, ici, la notion de mutabilité des signes linguistiques dont parle F. DE SAUSSURE. En d'autres termes, l'interprétation de l'énoncé n'est pas l'apanage d'une activité métalinguistique effectuée sur les mots utilisés par l'émetteur, mais plutôt d'une opération de repérage des éléments « *inducteurs en faveur de l'interprétation».*[92]

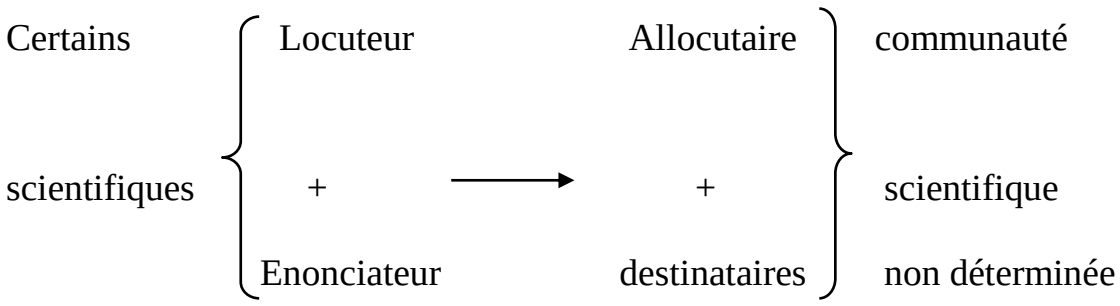
[88] C. FUCHS, Ibid., p. 2
[89] BENVENISTE, 1966, op. cit., P. 12.
[90] La notion de "cotexte" sera amplifiée dans un point suivant.
[91] C. FUCHS, Ibid., p. 5.
[92] C. FUCHS, Ibid.,

Parmi les phénomènes de la coénonciation qui sont légion, nous distinguons la notion de polyphonie qui renvoie à « *l'idée selon laquelle un message peut, au titre de son émission, faire intervenir plusieurs voix et/ou titre de sa réception, viser des publics multiples.* »[93]

Il s'agit de distinguer, pour un même énoncé, plusieurs énonciateurs et plusieurs destinataires. Pour mettre toute la lumière sur cette idée, nous nous reportons, dans le corpus, à l'énoncé suivant :

<u>Occurrence 4</u> : « Certains scientifiques ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone ni l'eau ne sont nécessaires. Cette idée est convenable, mais elle conduit à de la science-fiction et il est difficile de la développer. Du moins difficile tant que l'<u>on</u> n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes. »

L'énoncé commence par l'adjectif « certains » à valeur indéfinie qui ne renvoie pas à une personne précise et, donc, à un locuteur particulier. De même, l'emploi du pronom personnel indéfini « ON » confirme cette valeur, comme si nous étions devant une situation de communication aussi complexe du moment où même le destinataire n'est pas ciblé. Nous pouvons schématiser la situation de communication comme suit :



[93] O. SOUTET, *Linguistique*, Paris, P.U.F, 1995, P. 152.

I-3-2-1 La coénonciation selon Antoine CULIOLI

CULIOLI, lui aussi, a mis en place le phénomène de la coénonciation à travers ce qu'il appelle « les opérations énonciatives ». Pour lui, chaque domaine notionnel permet de structurer une classe d'occurrences et de les organiser selon les trois zones : la première inclut « l'intérieur » qui repose sur le principe d'identification ou d'identité. La seconde est dite de « l'extérieur » qui s'articule sur le décrochage de rupture et même d'altérité. La troisième zone est appelée « la frontière » dont le noyau est la différenciation. Nous comprenons que CULIOLI met en place d'une façon parallèle des activités de centrage ou ce qu'il appelle « les instances de validation » : il s'agit du centrage ou du double centrage lorsque la validation se rapporte au sujet qui donne l'assertion.

CULIOLI signifie par « décentrage » les types interrogatifs, injonctifs, causatifs où le locuteur-énonciateur manifeste une décentration du sujet. La troisième instance est celle « d'excentrage » au moment où l'assertion est liée à un repère à partir duquel les événements sont envisagés. CULIOLI renvoie ici à la probabilité, l'hypothèse, la nécessité, ...

Somme toute, les phénomènes de l'énonciation et de la coénonciation manifestent beaucoup l'intérêt des linguistes. Lorsque CULIOLI rappelle *« qu'énoncer, c'est construire un espace, orienter, déterminer, établir un réseau de valeurs référentielles, bref un système de repérage, et que tout énoncé est repéré par rapport à une situation d'énonciation qui est définie par rapport à un sujet énonciateur »*[94] , il insiste, en fait, sur la valeur des déictiques dans l'interprétation des énoncés ?

[94] A. CULIOLI, *Recherche en linguistique. Théorie des opérations énonciatives,* Transcription du séminaire de DEA, Paris VII, 1975/1976.

I-3-3 Les déictiques

Les déictiques, éléments présents dans n'importe quel texte, sont *« des embrayeurs dont la fonction consiste justement à articuler l'énoncé sur la situation d'énonciation».*[95]

De son côté, K. ORECCHIONI propose la définition suivante : *« Les déictiques sont les unités linguistiques dont le fonctionnement sémantico-référentiel (sélection à l'encodage, l'interprétation au décodage) implique une prise en considération de certains des éléments constitutifs à la situation de communication, à savoir le rôle que tiennent dans le procès d'énonciation les actants de l'énoncé, la situation spatio-temporelle du locuteur et éventuellement de l'allocutaire».*[96]

Il importe aussi de souligner la définition donnée par KLEIBER aux expressions déictiques, et qui sont conçues comme « *des unités linguistiques dont le sens implique obligatoirement un renvoi à la situation d'énonciation pour trouver le référent visé».*[97]

Les trois auteurs sont unanimes à confirmer que les déictiques sont liés à la situation d'énonciation. C'est« le procès d'énonciation » pour ORECCHIONI et la « situation d'énonciation » pour KLEIBER et MAINGUENEAU. Ces éléments sont de trois catégories puisqu'ils peuvent renvoyer à la personne, aux temps et à l'espace. En outre, les expressions déictiques permettent d'identifier les référents parce qu'elles sont reliées aux différents éléments constitutifs de la situation d'énonciation, à savoir les personnes, les objets présents, le lieu et le temps.

[95] D. MAINGUENEAU, *Eléments linguistiques pour le texte littéraire, Paris, Bordas, 1986, p. 3.*
[96] K. ORECCHIONI, op. cit., p. 36.
[97] Georges KLEIBER, *Recherches en pragma-sémantique*, Paris, Klincksieck, 1984, p. 12.

I-3-3-1 L'emploi des pronoms personnels : subjectivité et référence

Il est intéressant de rapporter le point de vue de Paul RICOEUR quant au traitement des pronoms personnels. Ces derniers, pour lui, « *sont proprement « asémiques », le mot « je » n'a pas de signification en lui-même (...) «je », c'est celui qui, dans une phrase, peut s'appliquer à lui-même. « je » comme étant celui qui parle, donc, le pronom personnel est essentiellement fonction du discours et ne prend sens que quand quelqu'un parle et se désigne lui-même en disant « je ».*[98]

Partant de cette définition, nous pouvons affirmer que le pronom personnels « je » a une valeur subjective et, par voie de conséquence, il renvoie à un seul référent selon la situation d'énonciation. Autrement dit, chaque unité linguistique a un référent qui varie d'une énonciation à l'autre, et de là, les déictiques sont des expressions ou des unités de discours ayant un référent spécifique. Dans le même registre, ORECCHIONI établit une nette distinction entre la définition des déictiques au niveau de « la compréhension » et de leur valeur « en extension ».[99]

Dans le premier cas de la compréhension, il est question du pronom « je » comme unité grammaticale qui renvoie au pronom personnel de la première personne au même titre que « tu ». Par ailleurs, la valeur extensive des pronoms personnels « je » et « tu » renvoient à *« l'ensemble virtuel de tous les individus qui peuvent fonctionner comme locuteur et comme allocutaire respectivement. »*[100] comme si ces pronoms étaient multiples et présentaient une particularité. On peut prendre les occurrences suivantes à titre d'exemple :

[98] Paul RICOEUR, *La Métaphore vive*, Paris, Editions du seuil, 1975, P. 98.
[99] K. ORECCHIONI, Ibid., p. 37.
[100] K. ORECCHIONI, Ibid.,

<u>Occurrence 8</u> : « En Antarctique, les scientifiques mesurent même les déplacements de véritables « rivières » de glace dont <u>on</u> peut voir les cassures provoquées par l'écoulement. »

<u>Occurrence 29</u> : « Certes, <u>on</u> connaît déjà 131 gènes impliqués dans les maladies de la rétine. »

Dans les deux occurrences, on souligne la présence du pronom « ON » avec des référents différents. Dans le premier cas, le « ON » peut avoir deux références, à savoir « un spécialiste en potamologie » qui mesure le degré de déplacement de la rivière de glace ; comme il peut référer à un enseignant chercheur dans ce domaine qui vise à entreprendre des recherches approfondies. D'ailleurs, l'unité lexicale « les scientifiques » le confirme.

Il ressort que les pronoms sont subjectifs. Ils reçoivent un contenu référentiel précis, et par voie de conséquence, exigent du récepteur qui les interprète de prendre en considération la situation de communication représentant la pierre angulaire de leur signification, parce que les pronoms manifestent un rapport existentiel avec la situation d'énonciation qui met en œuvre ce qu'ils désignent, sans oublier leur rôle *« de protagonistes de la situation dialogique de communication»*.[101] Ce sont les participants effectifs qui permettent, à juste titre, de constater la subjectivité dans et par le langage.

L'étude des pronoms personnels, ou déictiques de personne est une véritable occasion, pour les linguistes travaillant sur le langage humain en général et sur le phénomène de l'énonciation à titre particulier, de mener une véritable description des manifestations de la langue, contrairement à la grammaire classique dont l'objet est l'étude d'un discours sans sujet. De même, on ne peut passer sans s'appesantir sur la théorie des pronoms

[101] Maria TEREZA BRAGA Paixao de Almeida Leitao, *Sur quelques déictiques de lieu en portugais : AQUI,AI, ALI, CA, LA, ACOLA, AQUEM, ALEM,* Thèse de troisième cycle sous la direction d'Antoine CULIOLI, Département des recherches linguistiques de l'Université de Paris VII, juillet 1981, p. 32.

personnels de BENVENISTE. Selon cet auteur, le pronom n'a de valeur qu'au sein de l'énoncé. *« Hors du discours effectif, le pronom n'est qu'une forme vide, qui ne peut être attachée ni à un objet ni à un concept. »*[102], c'est une catégorie grammaticale qui se trouve portée par d'autres catégories lexicales comme les désinences verbales. Ce linguiste dresse « un appareil formel de l'énonciation ». Sa théorie vise à expliquer la spécificité et l'hétérogénéité de la troisième personne « il » par rapport à la première et la deuxième personnes « je » et « tu ». Il écrit à cet égard *« que seule la troisième personne [...] admet un véritable pluriel. [...] Il exprime la non-personne. »*[103] On comprend, alors, que BENVENISTE met en évidence la spécificité déictique des pronoms personnels et montre que *« les instances d'emploi du « je » ne constituent pas une classe de référence, puisqu'il n'y a pas d'objet définissable comme « je » auquel peuvent renvoyer identiquement ces instances. »*[104] Force est de constater que la notion de subjectivité et de référence constituent la toile de fond pour E. BENVENISTE qui donne droit de cité à la position du sujet parlant. Dans son article intitulé « De la subjectivité dans le langage », il écrit : *« Je n'emploie « je » qu'en m'adressant à quelqu'un qui sera dans mon allocution un « tu ». C'est cette condition de dialogue qui est constitutive de la personne, car elle implique en réciprocité que « je » devient « tu » dans l'allocution de celui qui à son tour se désigne par « je »*.[105] De ce fait, le locuteur peut devenir allocutaire et *vice versa*. Ce n'est que la position dans le discours qui octroie au pronom personnel sa valeur et sa signification. Le « je » et le « tu » ont des rôles différents et sont indissociables et réversibles dans l'échange linguistique. Hors contexte énonciatif, le pronom personnel est qualifié de la non-personne étant donné que celui-ci n'est envisagé que du point de vue de sa référence, car *« c'est dans et par le langage que l'homme*

[102] E. BENVENISTE, 1966, Ibid., p. 225.
[103] E. BENVENISTE, Ibid., p. 228.
[104] E. BENVENISTE, Ibid., p. 252.
[105] E. BENVENISTE, Ibid., p. 260.

se constitue comme sujet parce que le langage seul fonde, en réalité, dans sa réalité, qui est celle de l'être, le concept de l'égo». [106]

C'est, donc, qu'en effectuant un énoncé et qu'en se référant à soi-même dans son discours, qu'un sujet se pose comme sujet et que, par différence, il désigne l'autre, comme son interlocuteur. C'est la situation qui est responsable de leur existence.

Si BENVENISTE insiste sur la notion de « l'instance du discours », de son côté, COURSIL présente partiellement sa théorie de façon similaire. Sachant que la notion de personne, chez BENVENISTE, est liée à « je » et « tu », COURSIL, propose une autre perspective qui stipule que la deuxième personne « tu » est non-personne et manifeste une certaine réserve par rapport à « il ». D'après lui, le « tu » a une fonction d'appel ou une fonction phatique, c'est-à-dire, il n'a pas de valeur propre dans l'espace du discours parce que « tu » n'existe que dans la parole de celui qui parle.

Quant au « il » qui est non-personne pour BENVENISTE, pour COURSIL, il peut se convertir en personne sujet.

Exemple : « la nuit, il est philosophe… » (A s'adresse à C en parlant de B)

devient « la nuit, je suis philosophe… ».

Dans cet exemple, le « il » est un sujet entendant qui pourrait devenir un sujet parlant (B).

Visiblement, BENVENISTE et COURSIL semblent avoir deux points de vue opposés par rapport à la théorie des pronoms. Or, tous les deux s'accordent sur le statut du pronom « tu » qui n'est reconnu que dans la parole. BENVENISTE le montre clairement quand il affirme que « *je n'emploie « je » qu'en m'adressant à quelqu'un qui sera dans mon allocution un « tu »,*

[106] BENVENISTE, Ibid., p. 260.

c'est cette condition de dialogue qui est constitutive de la personne, car elle implique en réciprocité que « je » devient « tu » dans l'allocution de celui qui à son tour se désigne par « je » »[107]

Dans cette perspective, l'occurrence suivante en fournit un bon exemple :

<u>Occurrence 29</u> : « **Certes, <u>on</u> connaît déjà 131 gènes impliqués dans les maladies de la rétine ».**

<u>Occurrence 36</u> : « **Un système de navigation où l'<u>on</u> peut voir des films ».**

Dans les deux cas, l'emploi du pronom « ON » a une valeur référentielle multiple selon l'interprétation.

Dans l'occurrence 29, le « ON » peut être substitué à tous les pronoms se référant à celui qui prend la parole. De ce fait, il est substituable à « Je, moi ». Selon COURSIL, nous pouvons réécrire l'énoncé ainsi : *« Certes, je / moi connais déjà 131 gènes impliqués dans les maladies de la rétine»*.

De même, dans l'occurrence 36, nous pouvons dire « Un système de navigation où je peux voir des films », le spécialiste « ingénieur informaticien » veut transmettre une invention scientifique au public. Nous rejoignons ici l'idée qui postule que le discours scientifique est un discours de vulgarisation dont l'ultime intérêt est de transmettre une vérité scientifique. Dans ce cas, le « ON » peut être substitué à tous les pronoms qui renvoient à celui qui reçoit le message et, donc, à « tu, il, lui, vous, ils, elles, eux », d'où l'association au principe de transfert par conversion évoqué par COURSIL en rapport immédiat avec « la fonction référentielle ». C'est ainsi que « tu, toi » conçus comme les indices de celui qui écoute tandis que le « tu » est converti en « je » et, automatiquement, les « il, lui » sont exclus. C'est là où réside la

[107] E. BENVENISTE, 1966, op. cit, p. 260.

complexité de la notion de personne. Tout se passe comme si, pour COURSIL, les pronoms personnels « tu » et « vous » n'avaient pas de représentation puisque les pronoms peuvent se convertir. Du moins faudrait-il rappeler que les pronoms « je » et « tu », pour BENVENISTE, référent à une réalité de discours. Ainsi, « je » indique la personne qui énonce la présente instance de discours contenant « je », le « tu » est celui à qui s'adresse le « je ». Cependant, pour COURSIL, le « tu » est une « non-personne » qui remplit une fonction d'appel convertible. Il s'avère que COURSIL réduit les trois personnes « je, tu, il » en deux, particulièrement « je » qu'on inclut dans le discours et « il » qu'on exclut du discours. Il semble parler de deux sphères différentes : les sphères personnelle et impersonnelle selon qu'il y ait ou pas la représentation des pronoms personnels dans le sujet entendant. Du reste, le « il », pour BENVENISTE, désigne « la non-personne ».

En renvoyant dos à dos ces deux positions, il semble que la conception coursilienne de la personne repose, en principe, sur le sujet entendant alors que celle de BENVENISTE met au premier plan la position du sujet parlant et, par transitivité, le principe fondamental de référence. L'aspect ambivalent mais complémentaire de cette confrontation montre que la notion de personne continue à susciter l'intérêt des chercheurs en énonciation, à l'instar des autres concepts comme ceux du temps et de l'espace.

I-3-4 Le temps dans l'énonciation

Les notions de subjectivité et de référence, marquées par l'emploi des pronoms personnels, se trouvent au sein de tout acte d'énonciation. Lorsque RIEGEL affirme que *« divers compléments de lieu et de temps prennent, pour certains de leurs emplois, une valeur déictique »*[108] n'avait-il pas l'intention

[108] Martin RIEGEL, Jean-Christophe PELLAT, René RIOUL, *Grammaire méthodique du français*, Paris, PUF, Linguistique nouvelle, 1974, p. 973.

de montrer la valeur du temps et de l'espace dans l'énonciation ? En effet, le temps dans l'énoncé s'organise à partir de la position du corps de l'énonciateur voire de sa posture. Il s'agit, à en croire ORECCHIONI, de *« localiser un événement sur l'axe de la durée, par rapport à un moment T pris comme référence »*[109]. Il faudrait préciser aussi que les indices de temps ont une référence énonciative liée au moment où le discours est produit, et qu'il revient aux éventuels lecteurs de les interpréter en fonction du contexte verbal en concomitance avec l'instance énonciative, ce qui nous amène à dégager ce que ORECCHIONI appelle *« la référence [temporelle] déictique »*[110].

De même, les compléments de temps, dans leur emploi déictique, peuvent avoir plusieurs valeurs. Ils marquent soit la coïncidence (maintenant, en ce moment, aujourd'hui) soit le décalage antérieur (hier, la semaine passée, le mois dernier…) ou postérieur tels que (demain, dorénavant, dans huit jours, la semaine prochaine…). C'est le locuteur qui octroie à son discours la valeur temporelle déictique à travers le choix effectué du temps. Il faut dire que ladite valeur n'est pas liée uniquement au verbe, mais elle s'étale sur tout l'énoncé. RIEGEL était convaincant sur ce point lorsqu'il a écrit que *« la localisation temporelle est effectuée par tout l'énoncé, et non par le verbe seul, même si celui-ci a souvent un rôle déterminant»*.[111] Autrement dit, le temps est mis en place par l'acte d'énonciation émis par le locuteur. Dans ce cas, on peut parler d'une certaine perception subjective organisée à travers les temps du verbe qui posent encore des problèmes dans leurs emplois déictiques. De son côté, Dominique MAINGUENEAU parle des embrayeurs temporels. Il affirme que ces déictiques ne sont pas uniquement liés à des éléments qui remplissent la fonction de « complément circonstanciel » et dont le statut est l'adverbe

[109] ORECCHIONI, 1980, op. cit., p. 45.
[110] Idem.

comme (demain) ou le groupe prépositionnel comme (dans quelques mois), mais, il existe, lorsqu'il est question de la valeur déictique, trois autres types d'embrayeurs, à savoir les marques de temps inscrites dans la morphologie verbale ou ce qu'on appelle les désinences qu'il s'agisse du présent, du passé ou du futur. Pour ce linguiste, la notion du temps en énonciation *« n'est pas en relation biunivoque avec les paradigmes de la conjugaison verbale recensés par les grammaires […]. Le paradigme en tant que tel importe moins que l'usage qu'en est fait : il y a des contextes où les formes du présent de l'indicatif, par exemple, perdent leur valeur déictique du présent »*. [112] On comprend, sans nul doute, qu'un même déictique peut figurer dans plusieurs paradigmes à la fois avec des valeurs déictiques différentes. Les occurrences suivantes éclairent ceci :

<u>Occurrence 81</u> : **« Cela dit, <u>on</u> ignore encore largement les conséquences à long terme de la présence de composés du pétrole dans l'environnement marin»**.

<u>Occurrence 85</u> : **« Si les équipages de la navette de la station spatiale internationale sont encore faiblement protégés par la magnétosphère : <u>on</u> ignore encore comment mettre à l'abri des futurs candidats à d'hypothétiques voyages vers la lune ou Mars »**.

On signale ici la présence de la même forme verbale (le verbe « ignorer » conjugué au présent de l'indicatif) suivie d'un même marqueur déictique de temps (encore), mais avec deux références déictiques différentes. Dans la première occurrence, le verbe exprime une action ponctuelle en cours de réalisation. D'ailleurs, l'expression « à long terme » le confirme. De ce fait, naît « un procès concomitant »[113] dans la mesure où les conséquences du

[112] Dominique MAINGUENEAU, *Eléments de linguistique pour le texte littéraire*, Paris, Bordas, 1986, p. 23.
[113] ORECCHIONI, 1980, Ibid., p. 46.

composé du pétrole sont encore en étude. Dans la seconde occurrence, la forme verbale vise « un procès postérieur » du fait qu'il s'agit de protéger « les futurs candidats ». L'indicateur temporel déictique « encore » lié à la forme verbale présente deux valeurs disjointes. Il ne s'agit pas d'identifier la valeur déictique temporelle à partir de la conjugaison du verbe ; mais il est question plutôt de *« s'(appuyer) sur un repère interne à l'énoncé de manière que l'on perçoive bien l'alternative qui s'offre continuellement quand il s'agit de localiser dans le temps»*.[114] Il revient à dire que le moment d'énonciation est motivé par d'autres éléments dans l'énoncé qui soutiennent la valeur déictique.

C'est ainsi que l'analyse des occurrences supra permet de dire, comme le confirme ORECCHIONI, qu' *« on peut utiliser conjointement une forme temporelle et une expression adverbiale qui ne relèvent pas du même système de référence»*. [115] Cette citation interfère avec le principe selon lequel la valeur énonciative des déictiques est incrustée dans l'énoncé ; c'est-à-dire en rapport avec les autres éléments qui exercent une certaine dépendance. C'est ce que MAINGUENEAU appelle « embrayage temporel ».

Si les déictiques temporels prennent pour pivot le moment où celui qui parle, moment qui correspond au présent linguistique, les déictiques spatiaux sont organisés à partir de la position de l'énonciation.

I-3-5 L'espace dans l'énonciation

Pour ORECCHION, la localisation spatiale est particulièrement liée au locuteur. Ainsi, par exemple l'adjectif « lointain » n'a un emploi déictique que

[114] D. MAINGUENEAU, Ibid., pp. 23-24.
[115] ORECCHIONI, Ibid., p. 47.

s'il représente le lieu où se trouve celui qui prend la parole. Pour éclaircir cette idée, on procède à l'analyse des exemples suivants :

<u>Occurrence 18</u> : « Ici, une équipe met au point le premier nanotransistor à un électron ; là, <u>on</u> tresse des nanocables pour transporter ces particules élémentaires. »

<u>Occurrence 63</u> : « Mais qu'<u>on</u> ne s'y trompe pas : ce guide n'est pas destiné à l'automédication. »

<u>Occurrence 71</u> : «Au CNES, <u>on</u> essaie de montrer l'exemple : les peintures et les revêtements des engins spatiaux y sont étudiés pour résister plus longtemps aux agressions diverses et variées. »

Dans la première occurrence, l'adverbe de lieu « ici » est un déictique du moment qu'il est attaché au contexte énonciatif. D'ailleurs, on peut lire l'énoncé de la façon suivante : « A l'Université Stanford (Palo Alto, Californie), une équipe de chercheurs en nanoélectronique[116] s'ingénie à mettre au point une pompe à électrons pour donner corps à l'ordinateur quantique... ». Cette expression déictique est prise en compte par le biais de la position des locuteurs et de leurs gestes. Dans les deux autres occurrences, le lexème « y » a deux valeurs différentes. Dans le premier cas, le pronom « y » est antéposé pour avoir comme référence anaphorique ce que dit le locuteur. De ce fait, il est substituable à « à ce que le guide n'est pas destiné à l'automédication ». Le « y » ici devient un pronom qui remplace un nom précédé de la préposition « à », sa valeur est « non-déictique »[117], d'après ORECCHIONI quoique le « y » entretienne un rapport de rection, voire de dépendance avec le reste de la phrase.

[116] Le préfixe « nano » fait référence à nanomètre : millionième de millimètre. La nanoélectronique est alors l'électronique des composants nanométriques, etc.
[117] C. K. ORECCHIONI, 1980, Ibid., p. 49.

Par contre, dans l'occurrence 71 du corpus, le « y » est un adverbe de lieu qui vient à la place d'un complément circonstanciel de lieu, « au CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) ». Sa relation avec l'énoncé s'explique par le fait qu'il renvoie à un déictique spatial déjà cité dans l'énoncé.

Par ailleurs, le « y » peut respectivement avoir la valeur d'un pronom comme il peut posséder le statut d'un déictique de l'espace. On rejoint ici Dominique MAINGUENEAU qui affirme qu' « *il ne s'agit pas de l'unique moyen dont dispose la langue pour opérer une localisation ; à côté de ce repérage relatif à l'énonciateur, on trouve également un repérage absolu*».[118] C'est le cas dans l'occurrence 71 où le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) renvoie à un lieu autodéterminé. On comprend de cette citation que le mot n'a de valeur que dans l'emploi, comme le confirme le mot « repérage » qui signifie que le lecteur doit s'appuyer sur des éléments du contexte linguistique conçus comme étant des signes ou des indices qui permettent de favoriser une telle interprétation pour exclure l'autre. C'est ce que signifie l'expression « repérage ». Il faudrait penser aussi à la référence locale ou spatiale qui est déterminée par le locuteur, comme s'il s'agissait d'un « *mécanisme référentiel* »[119] qui exige une prise en compte du contexte étant donné que les adverbes se comportent différemment. Ils obéissent au principe de commutabilité selon le contexte dont ils font partie. Ils ne peuvent être identifiés que par rapport à certains points de référence, comme par exemple les rapports des mots sur l'axe syntagmatique. C'est le cas de « y » lorsqu'il a un procédé de reprise anaphorique. Il paraît que le système de repérage déictique dont parle CULIOLI est le plus important, car ce repérage a la particularité de s'effectuer non par rapport à d'autres unités lexicales propres

[118] D. MAINGUENEAU, 1986, op. cit., p. 15.
[119] C. K. ORECCHIONI, Ibid.,

au discours, mais par rapport à quelque chose qui lui est extérieur, à savoir les données concrètes de la situation d'énonciation.

I-3-6 La théorie du système de repérage déictique de CULIOLI

Dans son ouvrage intitulé « La frontière », CULIOLI affirme que « *si on part du principe théorique exposé ailleurs, qu'il existe trois niveaux de représentation : niveau 1, langage [notions, opérations], niveau II [langue, agencements des marqueurs], niveau III [métalinguistique], on posera que les unités du niveau II sont des marqueurs d'opérations de niveau I (niveau auquel nous n'avons pas accès, autrement que par ces traces que sont les marqueurs). Le travail métalinguistique consistera à reconstruire les opérations et les chaînes d'opérations dont telle forme empirique est le marqueur*».[120]

Cette citation montre, à mots ouverts, que les marqueurs, notamment les déictiques sont explicitement définis à travers leur valeur énonciative. Pour CULIOLI, les embrayeurs sont des unités de langue « notions, opérations » qui, sont insérées dans l'axe syntagmatique (agencement des marqueurs) et dont leurs valeurs sont multiples et, par voie de conséquence, se prêtent à plusieurs interprétations (cas de « y » dans les énoncés précédents).

CULIOLI soutient aussi le principe selon lequel les marqueurs déictiques exigent du lecteur une reconstruction grâce aux opérations énonciatives. De ce fait, sa théorie énonciative sur les marqueurs permet de rendre compte des « chaînes d'opérations » puisqu'il s'agit des phénomènes énonciatifs et d'effectuer le principe de la situation d'énonciation dépassant ainsi la simple intuition syntaxico-sémantique. DE VOGUE avait raison lorsqu'il a écrit que « *c'est parce que l'énonciation est conçue comme un*

[120]A. CULIOLI, « *La* frontière, lignes de partage », in Cahiers Charles V n° 8, Université Paris VII ; p. 129.

processus de constitution de sens (et non comme l'acte d'un locuteur) que le langage doit être conçu comme une activité. Le sens est construit, énoncé par énoncé. Le langage ne saurait dès lors se concevoir comme une grille interprétative posée sur le monde (sémiotique), ni même comme un moteur discursif que les sujets s'approprient pour investir le monde d'une signification [...] si le langage est une activité, il ne saurait appréhendé qu'à partir de ce que cette activité produit des énoncés. CULIOLI ne prend pas pour objet d'analyse une langue en tant que système structuré [...], encore moins l'appropriation de cette langue dans un discours, mais des énoncés dans une langue et la valeur interprétative que ces énoncés construisent». [121]

Il s'agit, donc, d'un système de coordonnées purement linguistiques qui rendent tout énoncé possible en lui faisant réfléchir sa propre activité énonciative. C'est ce que signifie, dans ce contexte, l'expression *« mais des énoncés dans une langue et la valeur interprétative que ces énoncés construisent*» ce qui revient à dire que les représentations matérielles des unités de langue ne sont pas accessibles en tant que telles, mais que nous appréhendons à travers les énoncés qui contiennent des indices orientant la lecture de l'énoncé. C'est ainsi qu'au niveau des déictiques, la personne, le temps, le lieu n'ont de valeur qu'au sein de l'énoncé. Pour illustrer cette idée, nous repérons dans le corpus les occurrences suivantes :

Occurrence 93 : « <u>On</u> observe également que la femelle transmet du poison à ses petits afin qu'ils soient protégés dès leur éclosion.»

Occurrence 100 : « Parmi les étoiles que l'<u>on</u> contemple sur ces images, combien existent encore ? »

Il est vrai que la présence du pronom personnel indéfini « ON » est marquée dans les deux occurrences, mais avec deux valeurs différentes que le

[121] DE VOGUE, « Culioli après Benveniste : énonciation, langage, intégration », *in Linx* n° 26, Paris 10, lectures d'Emile BENVENISTE, 1992, pp. 99 – 100.

contexte énonciatif exige. Dans les deux cas, le « ON » est un déictique de personne qui renvoie aux locuteurs d'ordres différents : un agronome dans le premier cas et un astrologue dans le second.

Dans cette perspective, CULIOLI confirme le rôle crucial du contexte énonciatif lorsqu'il écrit qu'*«il faut toujours utiliser des formules ou chaque occurrence [a]une trace repérable dans un texte où chaque constituant du texte acquiert un statut métalinguistique dans le système de représentations, cette dernière règle étant extrêmement exigeante et fondamentale».*[122]

I-3-7 Les phénomènes du contexte ou du cotexte dans l'énonciation

La notion de contexte revêt une importance de premier plan. Elle est omniprésente dans la production comme dans l'interprétation des énoncés. Selon D. MAINGUENEAU, « *hors contexte, un énoncé n'a qu'un sens potentiel. »*[123]

Dans cette perspective, le contexte peut être défini comme l'entourage linguistique, c'est « *tout ce qui environne une phrase ou un énoncé* »[124]. C'est une unité linguistique qui, au sein de l'énoncé, peut prendre la forme d'un phonème, d'un mot, d'une phrase ou même d'un texte ; c'est-à-dire la série des unités lexicales qui précèdent et qui suivent. Du moins faut-il ajouter que selon MAINGUENEAU, [ce qui environne l'énoncé] « *est à la fois linguistique (environnement verbal ou cotexte) et non linguistique (environnement physique immédiat, mais aussi social et culturel). On a tendance aujourd'hui à privilégier le terme contexte quand il s'agit de désigner l'environnement non verbal. »*[125] Ainsi, nous lisons dans le corpus :

[122] Antoine CULIOLI, *Pour une linguistique de l'énonciation : formalisation et opérations de repérage*, tome 2, Paris, OPHRYS, 1974, p. 54.
[123] Dominique MAINGUENEAU, Les termes clés de l'analyse du discours, Paris, Points, 1996, p. 33.
[124] http://www.semantique-gdr.net/dico/index.php/Contexte
[125] Ibid.,

<u>Occurrence 22</u> : « Pour cultiver les fraises, <u>on</u> utilise de plus en plus la technique dite « hors sol ».

Le pronom « ON » a pour contexte immédiat « les fraises / utilise » et pour contexte plus large « Pour cultiver …de plus en plus la technique dite « hors sol ».

Par extension, et au sein d'un discours, le contexte peut référer à d'autres énoncés qui précèdent et ceux qui suivent l'énoncé en question. Nous repérons pour l'occurrence 22, les éléments suivants :

Le titre : **Les fraises se cueillent debout**

La suite : « Pour cultiver les fraises, on utilise de plus en plus la technique dite « hors sol ». **Ce qui permet de rentabiliser des serres obsolètes qui étaient utilisées dans la culture des tomates ou d'occuper des tunnels de séchage du tabac. En Virginie occidentale, au centre de recherche en horticulture du département de l'agriculture des Etats-Unis, les plants baignent dans une solution nutritive (culture hydroponique). En France, ils sont plutôt placés dans un substrat de tourbes et d'écorces de pin** ».

Dans l'étude de cet exemple, le contexte[126] est défini très largement comme ce qui entoure l'énoncé « pour cultiver les fraises, on utilise … « hors sol ». Par extension, les relations entreprises entre les séquences qui suivent ont pour rôle d'expliciter les particularités de cette technique et de préciser quelques endroits où elle est pratiquée.

Dans cette acception, le mot contexte est appelé aussi « contexte séquentiel » ou « intra-interactionnel » ou encore « cotexte » qui contribue à une interprétation appropriée du pronom « ON ». Toujours est-il important de

[126] Anje Müller GJESDAL dans sa thèse de doctorat intitulée *« Etude sémantique du pronom « ON » dans une perspective textuelle et contextuelle* », Université de Bergen, 2008, parle de contexte immédiat (phrase), contexte proche (paragraphe) et contexte lointain (texte).

référer, ici, à l'axe syntagmatique dont les unités lexicales sont décrites les unes par rapport aux autres et à l'axe paradigmatique dont le pronom « ON » sera remplacé par un autre pronom ou par une construction indéfinie (certains, quelqu'un, …).

On comprend, dès lors, que le contexte permet de mener l'analyse sémantique fondée sur l'analyse compositionnelle des unités linguistiques pour dégager le sens vers une analyse énonciative basée sur la connexion des indices personnels et spatio-temporels ou ce que BENVENISTE appelle « l'instance du discours ». Si la forme et le sens d'un énoncé dépendent du contexte, cela présuppose que le contexte agit sur l'énoncé qu'il environne.

Tout se passe comme si l'énoncé occupait une fonction dynamique dans la mesure où la production est au service de l'interprétation. PAILLARD écrit à ce propos : *« Notre démarche postule que le problème de l'identité d'un lexème est un enjeu décisif. En même temps, nous pensons qu'il est nécessaire de déplacer la question de la polysémie (posée au cas par cas pour chaque unité) vers l'étude de la mise en œuvre des principes fondamentaux de variation, qui fondent des modes de contribution du lexique à la construction du sens d'un énoncé. Cette variation est indissociable de la mise en place d'un pôle d'invariance définissant l'identité sémantique du mot [...]. Nous définissons le pôle d'invariance comme une forme schématique qui en tant que telle ne correspond à aucune des valeurs de l'unité. La notion même de forme schématique signifie que l'identité du mot est indissociable de sa relation au cotexte : en tant que forme, elle reçoit sa substance des éléments du cotexte qu'elle convoque. De ce point de vue, une forme schématique est assimilable à un scénario abstrait ».*[127] Dans cette citation, PAILLARD, à l'instar de CULIOLI, confirme les principes de la variation du cotexte et de la

[127] Denis PAILLARD, « A propos des verbes « polysémiques » : identité sémantique et principes de variation » in *Syntaxe et sémantique n° 2*, Pesses universitaire de Caen, 2001, p. 101.

valeur. En vérité, l'unité lexicale ne peut être interprétée hors de son environnement énonciatif, comme le révèle l'expression « *l'identité du mot est indissociable de sa relation au cotexte* ». La valeur d'un lexème change en fonction de son incidence des autres éléments de l'énoncé, c'est ce qui est exprimé dans *«en tant que forme, elle reçoit sa substance des éléments du cotexte qu'elle convoque »*. Pour illustrer cette idée, on lit, dans le corpus, les énoncés suivants :

<u>Occurrence 108</u> : « <u>On</u> connaît déjà des personnes dépendantes à une relation amoureuse pathogène, comme dans le cas d'une femme attachée contre sa volonté à son conjoint alcoolique et violent. »

<u>Occurrence 112</u> : « L'existence d'une addiction traduit un dysfonctionnement psychique. Un processus qui consiste à trouver une compensation temporaire à une situation de souffrance. <u>On</u> reste fragile, ou fragilisé, même si l'<u>on</u> en guérit ».

Comme son nom l'indique, le pronom personnel indéfini se manifeste dans deux environnements énonciatifs différents avec deux valeurs différentes et, *ipso facto*, deux interprétations distinctes selon le contexte :

- Dans la première occurrence, il s'agit d'une opération de constat manifestée par un psychiatre-addictologue (à qui renvoie le « ON »). L'usage du verbe « connaître », qui a pragmatiquement le rôle de marqueur de constat, corrobore la valeur de vérité de l'énoncé. En revanche, il marque une prise en charge de la part de l'énonciateur parce qu'« *il établit après examen l'existence ou l'authenticité d'un fait* »[128] *;* le psychiatre-addictologue est seul habilité à évaluer cliniquement « ces personnes ».

[128] Francis GROSSMANN et al. *L'Ecrit scientifique, du lexique au discours*, Presses Universitaires de Rennes, 2013, p. 86.

- Quant au second exemple, il est question de la description d'un état de souffrance psychique dans lequel se trouve toute personne addictive. « **On reste** fragile… ». De cette manière, le « ON » a une valeur exclusive (le spécialiste qui est l'énonciateur ne s'identifie pas à ses malades) et réfère, par contre, aux patients atteints d'une forte dépendance à un facteur exogène nuisible.

Sur un autre registre, le contexte peut être non linguistique, il réfère à un environnement physique d'ordre social ou culturel. On rejoint, ici, le point de vue de DUCROT quand il écrit que « *le contexte est tout ce qui est en dehors du code linguistique contribuant à déterminer le sens d'un énoncé ou d'une expression* ».[129]

Pour interpréter un énoncé, il faut toujours le rapporter à divers paramètres situationnels extérieurs qui sont étroitement liés à la problématique. MAINGUENEAU rappelle que les facteurs situationnels sont « *les participants du discours, [le] cadre spatio-temporel [et le] but, articulés de manière stable à travers le genre de discours*».[130] Plus clairement, il parle des individus ayant rempli différents rôles dans le discours et les personnes « *socialement ou biologiquement descriptibles indépendamment du discours* ».[131] Pour le temps et le lieu, il renseigne sur le cadre empirique et le cadre institutionnel assortis de chronologie qu'implique le genre de discours, tandis que le but reste évidemment affilié à la visée des participants pour engendrer un genre discursif (exemple : discours religieux, interrogatoire…).

Prenons l'occurrence suivante du corpus :

<u>Occurrence 27</u> : « Comment prévenir l'excès de vitesse quand <u>on</u> ne fait pas confiance au conducteur ? »

[129] Oswald DUCROT, *Le Dire et le dit,* Paris, Editions de minuit, 1984, p. 17.
[130] D. MAINGUENEAU, *Les termes clés de l'analyse du discours, Paris,* Editions Points, 2009, p. 34.
[131] MAINGUENEAU, Ibid.,

Au vu de cet exemple, nous constatons qu'il est indispensable d'identifier les circonstances dans lesquelles se produit cet énoncé : situation culturelle et psychologique et l'ensemble des données communes à l'énonciateur et à l'énonciataire. Il s'agit, ici, de l'instauration d'une politique de sécurité routière qui consiste en « *un nouveau système embarqué étudié par la Direction de la sécurité et de la circulation routières et le Ministère des transports*»[132].

LAVIA (Limiteur s'adaptant à la vitesse autorisée) est une solution pour réduire le flux des accidents de la route. Son principe consiste en la réception de la position du véhicule par des satellites GPS pour en déduire la vitesse réglementaire à adopter. Ce système agit sur l'accélérateur via l'ordinateur de bord et l'injection.

Tenant compte de ces conditions, l'interprétation de l'énoncé devient plus accessible parce que le contexte véhicule des données sur la situation culturelle, le lieu (le périmètre d'essai est l'Ouest parisien) et le temps (deux prototypes installés en septembre 2002 et une flotte de vingt véhicules concernés en avril 2003). L'interaction de ces paramètres situationnels fait que le contexte devienne une construction qui octroie à l'énoncé une identité et une force agissante.

Il s'ensuit que le dédoublement de la notion de contexte influe sur l'assignation du sens de l'énoncé. Mais dans notre travail, nous nous intéresserons plutôt au contexte linguistique (cotexte) qui est plus pertinent dans l'interprétation du discours scientifique et génère une dynamique de sens.

[132] Revue *Science et vie*, n° 1023, décembre 2002, p. 42.

I-3-8 La construction dynamique du sens de l'énoncé

Comme il a été expliqué antérieurement, le sens de l'énoncé se construit à partir de son environnement énonciatif qui associe le contexte, mettant en œuvre les paramètres situationnels, en l'occurrence les indices personnels et les déictiques spatio-temporels, et le contexte qui tient compté des rapports linguistiques que manifestent les unités lexicales au niveau de l'axe syntagmatique, ce qui nous permet de parler de sens dynamique de l'énoncé. M. BREAL définit la polysémie comme étant *« la capacité des mots de prendre un sens nouveau qui coexiste avec l'ancien »*[133]. Autrement dit, il s'agit de l'émergence d'un second sens intrinsèque au discours dans la globalité. La polysémie devient, de ce fait, un mécanisme puissant d'évolution du discours dans la mesure où les unités ne sont pas contraintes à un sens précis, ce qui donne une liberté aux locuteurs et les pousse à innover. Ainsi, par exemple, une modification qu'un terme de la langue traduit peut engendrer d'autres mouvements pour les mots au niveau énonciatif. La polysémie est *« l'ensemble de questions que posent les opérations dites de référence, qui permettent d'associer à un énoncé des entités et des événements du monde »*[134]. C'est dans ce sillage qu'on peut affirmer l'impact du contexte qui assigne à l'énoncé ses interprétations selon les circonstances de la production de l'énoncé ainsi que l'intention du locuteur qui se trouve guidée par des éléments de l'environnement tels que les déictiques et les reprises anaphoriques. Ce sont les éléments de niveau inférieur à l'énoncé (les unités lexicales et grammaticales), combinés dans la singularité d'une situation d'énonciation donnée qui profèrent un sens différent aux énoncés-occurrences. SAUSSURE affirme à cet égard que *« la phrase appartient à la parole non à la langue »*[135]. Le sens d'un énoncé est dynamique et ceci pour

[133] M. BREAL, pp. 154 – 155, 1897, *L'énonciation en linguistique* Web graphie bouillon.fce.fr.univ/ling.
[134] B. Victorri, C. Fuchs, La *polysémie - construction dynamique du sens*, Paris, Hermès, p.10, 1996.
[135] SAUSSURE, CLG, p. 172.

plusieurs raisons. Tout d'abord, les éléments d'ordre linguistique ou ce qu'on appelle le matériau linguistique est une contribution constante et permanente du sens d'un énoncé dans un contexte donné. Le sens d'un énoncé devient comme *« un ensemble de contraintes linguistiques, qu'il faut ajouter aux conditions d'énonciation pour comprendre la fonction et les effets d'un énoncé-occurrence donné.»*[136] Comme si le sens d'un énoncé devenait le résultat d'un double mouvement dans la mesure où son sens est lié au sens des expressions qui le composent. C'est ce qui signifie « les contraintes linguistiques ». D'autant plus que le sens de ces expressions dans le même énoncé résulte du sens global de l'énoncé lui-même. Il est à noter également que la situation d'énonciation favorise cette construction dynamique du sens. Ainsi, lorsqu'on produit un énoncé, on s'adresse aux locuteurs à travers des indices et des procédés linguistiques dans le but de maintenir le contact et de produire un sens. La situation est incluse dans l'interprétation voire la réception des mots qui sont dotés d'une fonction communicative influençant sur le sens lexical ; ce qui confirme encore cette dynamique. Parler de la dynamique du sens, c'est évoquer le problème d'interprétation. Certes, le contexte vise la référence de l'énoncé jouant le rôle du signe ostentatoire de la réception de même que le cotexte met en œuvre l'aspect relationnel de l'énoncé. De ce fait cotexte et contexte contribuent à l'interprétation. RASTIER écrit à ce propos : *« Pour déterminer une référence, il faut donc préciser à quelles conditions une suite linguistique induit une impression référentielle, et à quelles conditions une impression référentielle est appariée à la perception d'un objet, ou à la mémoire de cet objet »*[137]. Il ressort donc que l'énoncé est polysémique puisqu'il est *« susceptible d'avoir des valeurs interprétatives indépendantes »*[138]. Autrement dit, les significations d'un

[136] B. Victorri, C. Fuchs, La *polysémie - construction dynamique du sens*, Paris, Hermès, p.13, 1996.
[137] F. RASTIER, *Sémantique pour l'analyse*, avec la collaboration de M. Cavazza et A. Abeillé, Paris, Masson, p. 18.
[138] Thèse Anje Muller.

énoncé sont construites sur un socle sémantique tant au niveau syntagmatique (le cotexte) qu'au niveau référentiel (le contexte). Ce qui justifie, à juste titre, la complexité sémantique de l'énoncé quand on parle de la valeur interprétative attribuée à l'énoncé «en tant que discours. C'est ainsi que le pronom « ON » est polysémique dans la mesure où la référence de ce pronom personnel indéfini pose problème d'identification, comme nous l'avons expliqué supra, le « ON » dépend du contexte et implique la prise en compte des déictiques dans son interprétation. C'est la raison pour laquelle *« la deixis est analysée comme un phénomène culturel »*[139].

I-3-9 Conclusion

Pour conclure, il faut dire que les énoncés portent des traces multiples, notamment les éléments déictiques ainsi que la position des unités sur l'axe syntagmatique. Il s'agit de la position grammaticale et de la position déictique qui coïncident pour donner naissance à l'énoncé en tant que tel.

Si on conçoit le discours scientifique comme une forme d'énonciation qui met en œuvre des réalités à croire, qui prend pour domaine d'étude plusieurs types et plusieurs genres, comme le montre la revue essentiellement scientifique intitulée « Science et vie », ne serait-il pas pour mettre en exergue les éléments d'ordre énonciatifs qui font du discours scientifique un système d'énonciation obéissant, médiatement ou immédiatement, aux principes de production et de réception ?

[139] Thèse citée p. 45, Anje Muller.

Deuxième partie :
Discours scientifique et analyse du corpus

Chapitre 1 : Définition du discours scientifique

II-1-1 Introduction

Le classement des textes en types ou, plus exactement, en discours remonte à Aristote dont le principe était essentiellement argumentatif[140].

On parlait du genre oratoire ou « l'art de persuader » conçu comme le cœur palpitant de la rhétorique. En parallèle, les règles du discours ont été fixées : la première concerne la relation qu'il faut instaurer entre l'énonciateur et le destinataire pour que le message soit effectif et acquière sa valeur, c'est-à-dire le travail du texte par l'énonciateur. Or, le discours scientifique, objet de notre étude, est dit neutre dans la mesure où l'auteur vise à transmettre des vérités scientifiques.

Le souci d'objectivité est un signe primordial dans l'activité scientifique en vue de promouvoir la connaissance constructiviste de la science et garantir l'adhésion de toute la communauté scientifique aux résultats aboutis.

Le discours scientifique est spécifique de par sa précision, sa méthode et sa rigueur intellectuelle qu'il défend en s'appuyant sur «*des connaissances préalablement admises, sur des principes reconnus, sur des faits évidents. Il faut dire sur quoi nous nous basons pour manifester la valeur et la pertinence de cette source et montrer en quoi elle éclaire l'énoncé en question* »[141].

En dehors du souci de la construction et de la diffusion du savoir fondé sur la démarche scientifique, ne serait-il pas prioritaire de définir la science pour circonscrire ensuite les différentes disciplines reconnues comme scientifiques ?

[140] Aristote, *Rhétorique*, Tome I (livre 1) traduit par Médéric DUFOUR, 1933.
[141] Victor THIBAUDEAU, *Logique et expression de la pensée*, Montréal, Gaëtam Morin, 1997, p. 320.

La science selon le petit Robert est « *un ensemble de connaissances, d'études d'une valeur universelle, caractérisées par un objet et une méthode déterminés et fondées sur des relations objectives vérifiables* ».[142]

Pour enrichir cette définition, nous citons celle de M.C. BARTHOLY qui affirme que « *la science est une connaissance objective qui établit entre les phénomènes des rapports universels et nécessaires autorisant la prévision de résultats (effets) dont on est capable de maîtriser expérimentalement ou de dégager par l'observation la cause* ».[143]

A l'étude de ces deux définitions, il est à constater que toute science traite d'un objet bien précis, abstraction faite des chevauchements qui peuvent parfois surgir entre deux disciplines (la biologie et l'informatique ont donné naissance, par exemple, à une discipline appelée bioinformatique)[144] et engendrer, par conséquent, un flou définitoire. Cette idée interpelle le concept de transdisciplinarité établi par le sociologue Edgar Morin pour qui toute progression cognitive est fondée sur le cloisonnement des disciplines et la disparition des frontières[145].

De plus, la science est basée sur le principe de vérification des relations objectives pour confirmer ou infirmer les hypothèses intimement liées à l'objet en question et qui sont préalablement établies. Cette phase est imprégnée de l'objectivité scientifique vu qu'elle est indépendante de celui qui la mène. A titre d'exemple, nous citons la masse d'un objet qui est supposée être non tributaire de la personne qui le pose sur une balance.

---

[142] P. ROBERT, *Le Petit Robert, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*, Paris, Le Robert, 1990.

[143] www.lmm.jussieu.fr/~sagaut/epistmologie-v14.pdf

[144] Une science apparue au XXI^{ème} siècle dont les ordinateurs sont exploités pour emmagasiner et analyser l'information biologique et plus particulièrement la biologie moléculaire grâce à son développement elle sous-tend actuellement plusieurs sous-disciplines comme la bioinformatique structurale, la bioinformatique des réseaux, etc.

[145] MORIN E., 1990, "L'ancienne et la nouvelle transdisciplinarité » *in Science avec conscience*, Paris, Fayard., pp. 124-129.

Ces deux définitions recèlent également le caractère universel de la science. En fait, celle-ci est véhiculaire de concepts univoques partout dans l'univers et dans le temps. Par exemple, le théorème de Pythagore[146] est le même, ici et ailleurs, hier et aujourd'hui.

En tant que telle, la science continue à susciter les débats et les critiques taxés parfois d'obscurantistes ou de relativistes. Mais toutes les pensées s'accordent sur le principe qu'il n'y a pas une seule « science » mais des sciences dont chacune est caractérisée par sa propre méthode de construction de la connaissance et par ses propres moyens d'investigation.

II-1-2 Classification des sciences et des genres du discours scientifique

La science se divise en plusieurs disciplines. La première classification remonte à ARISTOTE (384-322 av. JC) qui précise trois champs :

1) « Les sciences théoriques ou de pure connaissance (ou sciences spéculatives) : mathématiques, physique, métaphysique.

2) Les sciences pratiques ou de l'action : morale, économie, politique.

3) *Les sciences poétiques ou de la création : rhétorique, dialectique, poétique ».*[147]

Certes, cette classification est soumise, d'une part à la nature des objets étudiés et d'autre part aux buts assignés par chaque discipline. D'autres classifications ont été ultérieurement proposées notamment par Francis BACON, par d'ALEMBERT, les scolastiques au moyen âge pour arriver à la subdivision d'Herbert SPENCER et celle d'Auguste Comte qui répartit les

[146] Selon Pythagore : Un triangle rectangle est un triangle dont le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des deux autres côtés.

[147] www.imm.jussieu.fr/~sagaut/epistmologie-v14. pdf

sciences en sciences pures ou exactes et sciences humaines. L'ensemble de ces classifications couvre quatre domaines de la connaissance à savoir :

1) Les sciences mathématiques : elles étudient les nombres, les quantités et les grandeurs. Elles sont fondées sur le raisonnement (géométrie, algèbre, arithmétique…).

2) Les sciences physiques : rangées parmi les sciences empiriques s'occupent de l'étude de tout ce qui relève de la réalité extérieure, elles se fondent sur l'expérience humaine pour forger leurs propres théories (la mécanique, l'astronomie, la chimie…).

3) Les sciences naturelles : appelées aussi biologiques, elles sont liées à l'étude des êtres vivants pour en identifier les lois générales et en préciser l'évolution naturelle.

4) Les sciences morales : elles étudient l'humanité et englobent les sciences morales (psychologie) et les sciences sociales comme l'économie politique, le droit, la sociologie et l'anthropologie sociale.

La classification des sciences est une opération liée au type de la question étudiée ou les méthodes utilisées sans rompre avec le référent qui fonde, lui aussi, l'objet réel de toute science et dont le caractère pourrait être évolutif.

Devant cette panoplie de disciplines scientifiques, nous constatons que la science est un fait humain qui exige d'être communiqué au moyen du discours. A ce propos, M. BARRERE rappelle que « *la science n'existe pas sans communication. Cette caractéristique la distingue de toutes les activités conduites dans la société. Bien plus, la science est fondamentalement communication. Une avancée théorique ou un résultat expérimental*

n'acquièrent valeur de science que par la communication à d'autres scientifiques, et par là même la confrontation à la critique ».[148]

En ce sens, c'est l'usage de la langue dans une situation effective qui véhicule une théorie scientifique pour que cette dernière parle de son objet, de sa méthode et de ses résultats. Cette relation de la science au langage génère un éventail d'écrits scientifiques entre autres, le discours vulgarisé dont la revue « Science et vie » fait objet de notre étude.

II-1-3 Le discours de vulgarisation scientifique

Initialement, la vulgarisation est de rendre compréhensibles des connaissances scientifiques en utilisant un langage clair et accessible pour la majorité. C'est un processus qui est lié à la démarche scientifique pour rendre la communication possible entre spécialistes et non spécialistes.

En sciences du langage, les études antérieures à la vulgarisation scientifique portaient sur les marques linguistiques de ce type de production. Mais actuellement, l'intérêt des chercheurs verse dans un cadre énonciatif et plus particulièrement, ils étudient la position de l'énonciateur dans son texte. Par ailleurs, d'autres travaux traitent de l'aspect de la reformulation des termes spécialisés, voire ils réduisent le processus de vulgarisation à la reformulation. Dans cette optique, Anne-Marie LOFFLER LAURIAN définit « *la vulgarisation scientifique comme une reformulation par un chercheur ou un enseignant scientifique lui-même, ou par un journaliste dit scientifique »*[149] dans le dessein d'informer un large public de l'actualité scientifique ou pour atteindre des objectifs d'ordre commercial comme, par exemple, la

[148] Martine BARERE, « Science et société, quelle raison partager ?» in cahiers de golab change n°06, février 1996. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/carton07/010008888.pdf

[149] Anne-Marie LOFFLER-LAURIAN, « Vulgarisation scientifique : formulation, reformulation, traduction » in Jean PEYTARD, Daniel JACOBI, André PETROFF, *Langue Française, Français technique et scientifique : reformulation, enseignemen*t, Paris, Librairie Larousse, 1984, pp. 109-124.

présentation d'un nouveau produit pharmaceutique et qui doit être commercialisé à grande échelle.

Le discours de vulgarisation scientifique est un discours intermédiaire qui assure la sociodiffusion rapide des concepts scientifiques entre les initiés et les profanes, d'où l'émergence, parfois, d'un contenu culturel et public au détriment d'un contenu scientifique et spécialisé. De plus, le signifié d'un concept scientifique peut ne pas être le même dans le discours de vulgarisation. L'opération de la reformulation, dans ce cas, risque de déformer le sens en passant d'un discours source à un discours second. Autrement dit, en passant d'un savoir savant à un savoir vulgarisé, certains concepts perdent leur acception initiale.

D'un autre côté, la vulgarisation scientifique pourrait être associée à un fait de médiatisation, comme c'est le cas de la revue « Science et vie » où le chercheur-journaliste part de processus réels et extralinguistiques pour les transmettre en une information basée sur le linguistique tout en modelant le discours dans le cadre des pratiques d'écriture journalistique. Cette dernière doit impérativement, pour se vendre, répondre aux motivations du public potentiel qu'elle vise. Cette centration sur le lecteur incite l'auteur à utiliser plusieurs outils de vulgarisation scientifique (outre la reformulation précédemment citée), à titre d'exemple : la comparaison, la traduction, l'exemple, la fonction métalinguistique, l'image, etc. Ces procédés sont conjugués à un niveau de langage qui varie selon le public cible. Ainsi, un auteur n'utilisera pas le même lexique dans un texte sur l'activité sismique destiné à des enfants et un autre pour des universitaires, ce qui va produire des niveaux de vulgarisation :

- Le niveau le moins vulgarisé : il renvoie à des textes écrits par des scientifiques destinés à leurs pairs et à des non-spécialistes très motivés. Ce public a, généralement, un très bon niveau et porte un regard critique à la

recherche scientifique pour juger de son évolution. Dans cette rubrique, on peut ranger des documents de vulgarisation intelligente de type « La Recherche », « Science et vie », Revue de l'Association Canadienne-Française pour l'avancement des sciences (ACFAS), etc.

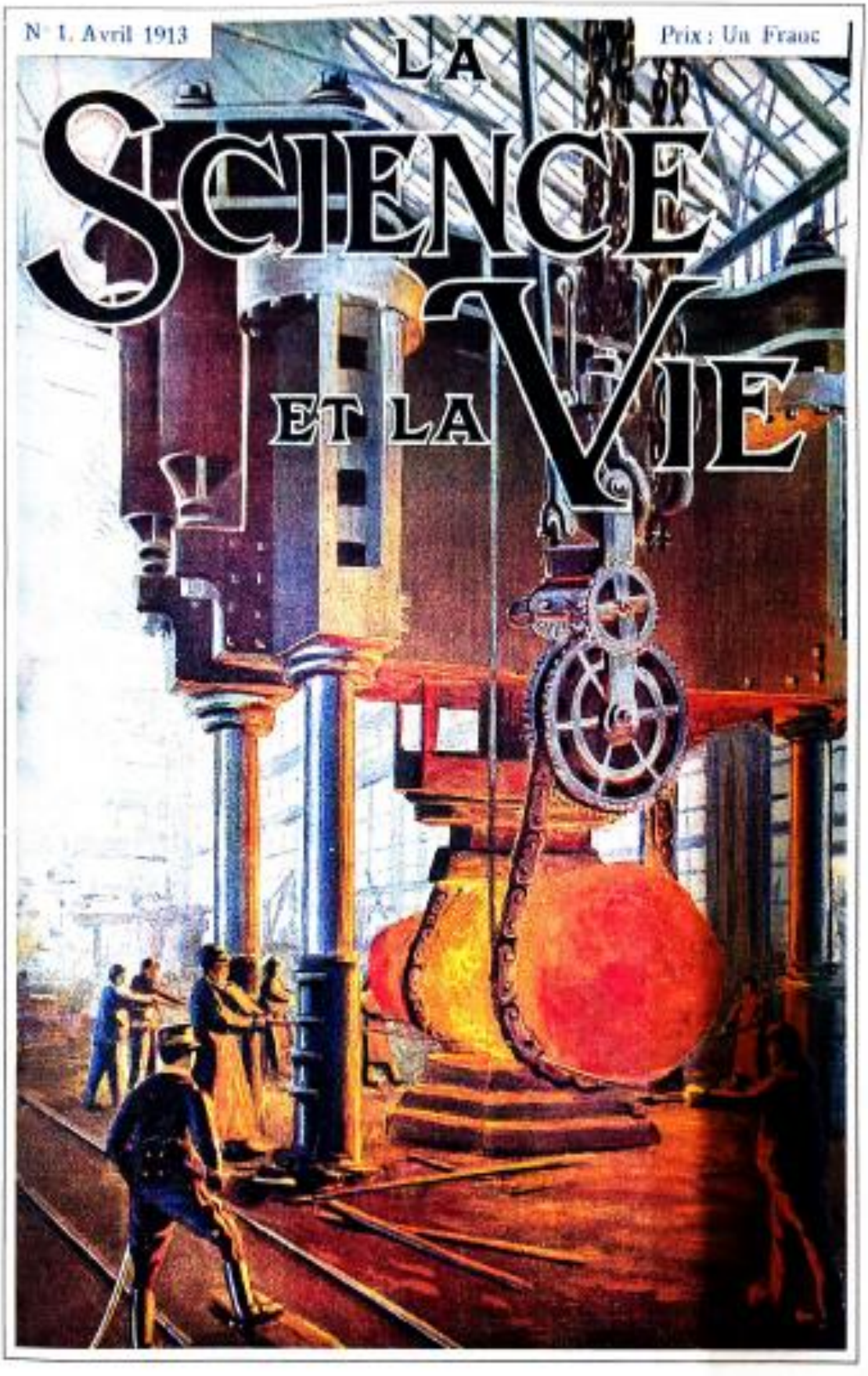
- Le niveau de vulgarisation intermédiaire : il s'adresse à un public plus vaste s'intéressant aux sciences et à leurs impacts sur la société. Des termes scientifiques clairs et précis caractérisent ce palier, on les trouve notamment dans le magazine « Québec Science », « Les Livres de Hubert Reeves », etc.
- Le niveau de vulgarisation la plus simplifiée : ce sont des textes destinés à des enfants de 8 à 14 ans et dont le contenu est accessible par un lexique facile, voire un ton parfois familier (une histoire, une image caricaturale…), comme c'est le cas pour le magazine scientifique « Les Débrouillards ».

Finalement, la vulgarisation demeure un processus nécessaire, d'une part, pour l'avancée des recherches scientifiques, et d'autre part, pour populariser les concepts d'un savoir-savant. Elle devient une composante essentielle du champ scientifique. De ce constat, et combiné à une approche discursive, nous étudierons la présence des acteurs de vulgarisation et leur positionnement dans quelques articles empruntés à la revue « Science et vie » à travers l'usage du pronom « ON » et les différentes valeurs qu'il endosse pour nous interroger, par la suite, sur les limites de la véracité de la thèse qui stipule que le discours scientifique est un discours neutre et objectif. Mais, une vue d'ensemble sur la revue « Science et vie » et une présentation du corpus s'imposent avant d'aborder l'analyse de l'usage du pronom « ON » dans ladite revue.

II-1-4 Présentation de la revue « Science et vie » et du corpus

« Science et vie » est un magazine scientifique de référence destiné à un grand public. Son premier numéro a vu le jour le 1er avril 1913 sous le nom

de « La Science et la vie » sous un petit format de 144 pages. S'inspirant de modèles de revues de vulgarisation scientifique aux Etats-Unis, Paul DUPUY décide de créer ce magazine proposant une palette de dossiers spéciaux associés aux découvertes scientifiques.


N° 1. Avril 1913
Prix : Un Franc
LA
SCIENCE
ET LA VIE

« Science et vie » connait un immense succès vu qu'elle accompagne le progrès scientifique et les innovations technologiques. En 1980, le propriétaire du titre, le Groupe Excelsior publications, décide de produire « Science et vie » sous d'autres variantes : ainsi « *naissent alors Science et vie Micro (1983), Science et vie Eco (1984), Science et vie junior pour les adolescents (1989), Les Cahiers de science et vie thématiques (1991) et Science et vie Découvertes spécialement destinée aux 7 – 12 ans* ».[150] En 2013, le magazine fête son centenaire en publiant un numéro spécial comprenant des dossiers qui témoignent des révolutions scientifiques de tout un siècle, mais cette fois-ci sous la direction d'un groupe de presse italien dont la filiale française édite aujourd'hui toute la famille « Science et vie ».

D'un autre côté, les conditions de production de la revue dépendent du contour sociologique des acheteurs potentiels. Ce niveau détermine, par transitivité, l'image du savoir diffusé. Ainsi, une relation inégalitaire entre auteur et lecteur est largement prise en compte. Ce dernier est en position de récepteur passif et généralement désarmé et démuni devant un certain nombre de données socio-culturelles, tels que la chronologie des faits, l'identité du chercheur scientifique, les références et les connotations…La mission du journaliste scientifique serait, donc, d'adapter les connaissances à l'écriture journalistique qui répond aux contraintes de la diffusion.

Pour comprendre davantage la relation auteur-lecteur, il faut nécessairement étudier l'aspect matériel de la revue qui constitue l'objet de notre étude.

La revue « Science et vie » comporte un sommaire, sans résumé d'articles. Ceux-ci sont identifiés par un titre et rangés suivant des rubriques thématiques (ex : Vie d'aujourd'hui, Fondamental, En pratique…).[151] Certains

[150] www.Rtbf.Be « info » société, publié le dimanche 24 mars 2013 à 23H49 (Consulté le 04 février 2016).
[151] Exemple emprunté à la revue N° 112 (Publiée en 2010).

numéros contiennent un éditorial ou un avant-propos placé à la première page où le rédacteur exprime son point de vue autour d'un dossier particulier qui est publié sur la revue. Les articles sont d'ordre descriptif ou explicatif, voire critique liés à un élément ou à un événement de la réalité. Ils sont précis grâce à des titres-phrases qui transmettent dès une première lecture, le sens de l'article. A ce propos, Sophie CEUGNIET, journaliste rédactrice et sémiologue, écrit « *le titre-phrase est une règle quasi-absolue chez « Science et vie ». […] En feuilletant « Science et vie », on est frappé par la constance formelle des titres, des phrases construites, complètes, parfois même avec subordonnée…un choix de formulation qui va à l'encontre de la pratique dominante en matière de titre de presse : courts, exclamatifs, clins d'œil à effet de style…bref, le titre informatif pur* [qui résume essentiellement le message] *contre le titre incitatif* [qui donne envie de lire l'article] . *Enoncer systématiquement des informations de nature scientifique sous forme de phrase complète, c'est leur apporter une dimension gnomique, cette forme utilisée pour énoncer des vérités générales reconnues par tous ».*[152]

A la titraille, s'ajoutent également les éléments iconographiques (gravures, cartes, images) accompagnés généralement d'un titre ou d'une légende réduite essentiellement descriptive ou explicative. Certains articles sont munis d'un glossaire.[153] L'ensemble de ces éléments déclenchent la motivation du public à la lecture qui n'est pas forcément une donnée préexistante. Le public ciblé choisit les contenus qui rencontrent son intérêt sans pour autant négliger le paramètre commercial.

S'inscrivant dans le cadre des pratiques de la recherche scientifique, la revue « Science et vie » a suscité notre intérêt par le fonctionnement discursif de son texte. Pour l'étudier, il a fallu relever un certain nombre d'occurrences

[152] www.rtbf.be
[153] Voir page 69 du numéro 234 (hors-série), mars 2006.

qui traduisent la position de l'auteur/énonciateur dans le champ de la production scientifique. Ainsi, un corpus de 170 exemples a été recueilli par rapport à 105 articles comme une base de données significative pour examiner le fonctionnement du pronom « ON » dans le discours de vulgarisation. Ces phrases (contenant au total 184 fois le « ON ») à étudier sont à la croisée de plusieurs disciplines, telles que la médecine, la géologie, la cosmologie, la physique, etc.

Il est évident que le relevé du corpus a été réalisé dans les règles du respect de deux principes, à savoir : la pertinence dans la mesure où le choix des exemples concorde parfaitement bien avec les objectifs de notre recherche, et la représentativité traduite par la similitude du fonctionnement discursif constatée lors de la consultation d'autres supports de vulgarisation scientifiques (manuels universitaires, polycopiés…). Ce principe est fixé par l'itération de la manifestation discursive dont parle GREIMAS[154] en proclamant que le discours tend très vite à se former sur lui-même et que sa manière d'être porte en elle-même les conditions de sa représentativité.

Pour que le corpus réponde aux besoins de l'analyse, nous avons jugé important de procéder à deux types de relevé. Premièrement, et sous forme d'une grille, nous avons présenté les occurrences contenant le pronom « ON» en précisant leurs numéros, le titre de la revue ainsi que les numéros de la page et de la colonne. Deuxièmement, nous avons choisi de joindre en annexes les articles dans leur intégralité étant donné que le texte est pris comme « le Hub » de toutes les données linguistiques (cotexte) et extralinguistiques (contexte).

L'examen dudit corpus a fait apparaître nettement qu'il y a une autre dimension qui se dégage de cet écrit scientifique, à savoir l'aspect

[154] GREIMAS. J. A, *Sémantique structurale*, Formes sémiotiques, Paris, P.U.F, 2002.

journalistique qui s'impose quels que soient le sujet traité et l'objectif de l'article.

II- 1-5 Le discours de « Science et vie » est un discours journalistique

La problématique du genre de discours a fait couler beaucoup d'encre vu sa diversité, ses spécificités notamment dans les analyses textuelles non-littéraires.

Dans le discours scientifique, la perspective du genre s'avère pertinente surtout pour les faits linguistiques qui se manifestent à un niveau inférieur comme par exemple le pronom « ON » dans les énoncés de la revue « sciences et vie » ; ceci nous permet d'évoquer la relation d'inclusion qui coexiste entre le texte et le contexte conçue comme les conditions de production et de réception-interprétation. Ce qui revient à dire que le discours scientifique est pensé dans le champ plus vaste d'énonciation et ceci pour plusieurs raisons. En effet, le discours scientifique est caractérisé par la manifestation indirecte du locuteur qui met en scène des personnages qui constituent aussi des repères énonciatifs à travers plusieurs outils linguistiques ; et puisque le discours scientifique explique une vérité qu'il veut généraliser et mettre à la disposition des interlocuteurs et donc à la voix publique, on peut dire que ce discours scientifique est aussi journalistique.

Pour Céline POUDAT[155], « *la description des genres du discours se fait au moyen de trois niveaux ou plans interdépendants à travers : le plan d'expression, celui du contenu et le plan structurel* ».

Transposé au discours scientifique, celui-ci se caractérise au niveau de l'expression et sur l'axe syntagmatique, par des rapports syntaxiques et

[155] Céline POUDAT, *Etude contrastive de l'article scientifique de revue linguistique dans une perspective d'analyse des genres*, Thèse de Doctorat en Sciences du langage soutenue à Orléans en 2006, pp. 41-42.

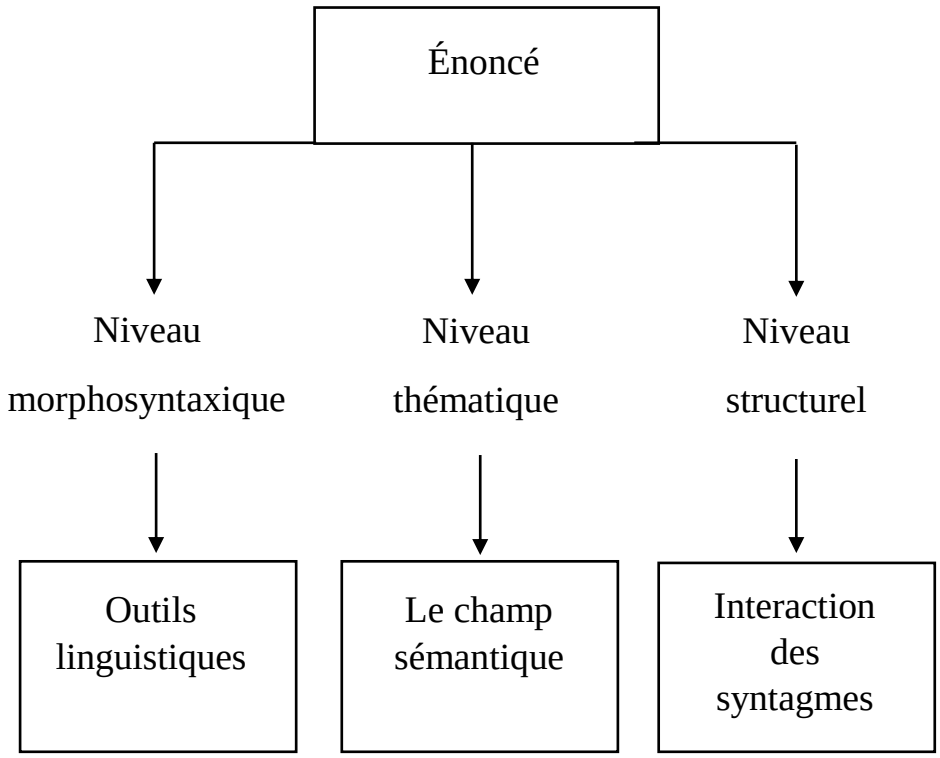
morphologiques qui permettent d'en distinguer le type. Le discours scientifique journalistique se caractérise par des types de phrases (déclaratives interrogatives, impératives), l'emploi de « ON » comme pronom indéfini, les temps et les types de verbes, les adjectifs, les modalisateurs… ces éléments sont porteurs de sens et entrent en interaction avec le plan du contenu dont l'étude s'intéresse à la thématique fondée sur l'analyse des unités lexicales. C'est ainsi que le corpus collecté présente plusieurs thématiques qui réfèrent à plusieurs spécialités. Ce sont ces deux plans, contenu et expression, rappelés par Poudat qui se greffent sur la composante structurelle du discours.
Ce troisième niveau de description porte sur la présentation des éléments syntaxiques de la phrase. Un exemple pour éclaircir ceci :

<u>Occurrence 34</u> : « On se proposait de résoudre les équations du cinquième degré sans savoir si cela était possible ».

<u>Occurrence 35</u> : « très compact, le téléphone T68i de Sony-Ericsson possède une caméra amovible, la Communi Cam, que l'on connecte à sa base ».

Au niveau de l'occurrence (34) et sur le plan de l'expression, nous constaterons la présence du verbe « se proposait » ayant la valeur du verbe « pouvoir » qui exprime la capacité et la volonté, il est conçu ici comme étant le corolaire démonstratif de la condition marquée à la fin de la phrase au moyen de « si était possible ». De même que le champ lexical marqué par les mots « résoudre les équations du 5ème degré » précise parfaitement la thématique des « mathématiques » en relation directe avec le plan du contenu, cet agencement des deux plans mène vers la structuration du discours, c'est justement, ce plan structurel qui restreint la réception de l'énoncé.

De même pour la seconde occurrence (35), l'agencement des unités linguistiques et leur interaction facilitent la connaissance du genre. On peut obtenir la hiérarchie suivante :



Ces trois notions (expression, contenu et structure) sont indispensables pour comprendre le fonctionnement d'un discours à caractère journalistique, étant donné qu'elles contribuent, chacune à sa manière, à la constitution textuelle.

Le langage n'est plus « *un amas confus de choses hétéroclites sans lien entre elles* »[156] mais plutôt un ensemble d'outils linguistiques qui s'organisent pour donner un discours cohérent. Il s'agit d'une cohérence logico-sémantique entre les syntagmes formant le discours et dont l'interlocuteur peut trier certaines conclusions quant aux relations qui existent entre les éléments

[156]Patrick CHARAUDEAU, "Les discours des médias", (en collaboration avec S. Bonnafous), in *Le discours : enjeux et perspectives, Le Français dans le monde* n° spécial, Hachette, Juillet, 1997, p. 112 (consulté le 2 juin 2016) sur le site de *Patrick Charaudeau - Livres, articles, publications*. URL: http://www.patrick-charaudeau.com/Les-discours-des-medias.html.

relevant du linguistique et ceux qui se rattachent à l'extralinguistique (espace, temps, contexte, culture…).

Le discours scientifique est aussi journalistique vu l'emploi d'un aspect verbal qui se présente comme un outil pour glisser une affirmation qui se veut fiable sur le plan énonciatif.

Pour agir sur l'interlocuteur, la plupart des verbes sont d'ordre psychologique dans la mesure où leur utilisation est voulue par le spécialiste, conséquemment, ils ont un apport perlocutoire incontestable. Le verbe a une structure, il est constitué de morphèmes et de segments autonomes qui répondent à la définition morphosyntaxique. En outre, il est muni d'un habillage sémantique reflétant la visée du chercheur et donc il dispose d'une valeur énonciative. Les exemples suivants le confirment parfaitement puisque nous pouvons lire dans le corpus les énoncés suivants :

Occurrence 66 : « Nous n'en sommes pas là. Car, par exemple, dès que l'on accroît la taille de l'organe à imprimer de nombreux problèmes surviennent ». (Voir la note infrapaginale)

Occurrence 54 : « Rien ne les distingue à priori des autres et pourtant si on compare leur effet thérapeutique avec celui d'un placebo, on ne trouve pas vraiment de différence ».

Dans ces deux énoncés, nous soulignons la présence respective des verbes «accroître » et «comparer » avec des formes différentes, des aspects différents et donc de portée énonciative différente.

Dans la première occurrence (66), le verbe « accroître » est employé d'une manière pas tout à fait concomitante avec le verbe « survenir » pour

exprimer un rapport de cause à effet : le fait d'accroître la taille de l'organe (cause), engendre des problèmes techniques (effet).[157]

La deuxième occurrence (54) traite de la question de l'inefficacité thérapeutique d'un nombre de produits remboursés par l'assurance maladie et leur relation à l'industrie pharmaceutique. Ce qui rappelle la dimension informative, voire sociale du discours scientifique à caractère journalistique.

Dans le même sillage, D. MAINGUENEAU parle des « *verbes performatifs* »[158] considérés comme des repères qui permettent, à côté des autres éléments de l'axe syntagmatique, d'instituer le cadre énonciatif de l'énoncé pour conduire à son interprétation. C'est ce qui explique le rapport de présupposition émanant de la relation entre les propositions (où la cause présuppose l'effet et inversement). Le discours scientifique journalistique a, parfois, un sens implicite : la confirmation de la vérité est exprimée d'une façon indirecte puisque le chercheur ou le spécialiste est intégré dans une communauté sociale à laquelle il s'adresse.

O.DUCROT précise à cet égard que « *la langue n'est pas seulement une condition de la vie sociale mais un mode de vie sociale* ».[159] On comprend que le chercheur scientifique utilise la langue, dans son discours, comme un dispositif implicite de conventions (contexte socio-culturel) et de lois (règles grammaticales et production sémantique) que l'interlocuteur doit comprendre compte tenu des paramètres énonciatifs car « *l'implicite a une double utilité : exprimer quelque chose sans risquer d'être considéré comme responsable de l'avoir dit, mais aussi avancer une idée en la soustrayant aux objections éventuelles* ».[160] Cette affirmation est parfaitement en connivence avec la

[157] L'auteur parle d'une invention prometteuse : il s'agit d'une banale imprimante qui va être modifiée pour reconstruire les organes à partir de leur « schéma » établi sur ordinateur ce qui va révolutionner le don et les greffes d'organes.
[158] D. MAINGUENEAU, *Initiation aux méthodes de l'analy*se du discours, problèmes et *perspectives*, Paris, Hachette, 1976, p.128.
[159] O.DUCROT, « *Dire et ne pas dire* », Hermann, 1972, p.4.
[160] Ibid., p.23.

présence du pronom indéfini « ON » qui peut référer à plusieurs personnes ainsi qu'à la manière indirecte de transmettre l'idée, d'ailleurs l'exemple suivant est le plus en vue :

<u>Occurrence 120</u> : « Aujourd'hui, sûrs de leurs résultats, les scientifiques osent remettre en cause une histoire que l'on croyait bien connaître ».

Il est question ici de la mise en cause des recherches scientifiques portant sur les empreintes fossiles des tétrapodes qui n'étaient pas datées avec précision à l'époque. Implicitement, le journaliste scientifique montre que les chercheurs (plus précisément un groupe polonais) ont trébuché, à une certaine époque, sur cette question. L'évaluation de l'indicateur temporel « aujourd'hui » aussi bien que les éléments lexico-sémantiques « sûrs, croire … » permet de confirmer ce constat.

Nous rebondissons sur une autre caractéristique du discours scientifique et qui le classe aussi comme étant un discours journalistique, à savoir la description. Cette caractéristique, dont l'objectif est de convaincre, s'explique par le fait que certaines classes de segments sont récurrentes comme, par exemple, les pronoms, ce qui met en œuvre l'analyse distributionnelle[161] des éléments de l'énoncé sur l'axe syntagmatique. Comme si l'énoncé manifestait un comportement spécifique déduit de l'association des formes linguistiques et respectant un ordre bien précis. Dans ce sens, MAINGUENEAU précise que « *La linguistique descriptive n'est pas armée pour tenir compte de la situation sociale : elle peut seulement définir l'occurrence d'un élément linguistique en fonction de l'occurrence d'autres éléments linguistiques et situationnels* ».[162]

[161] C'est une approche d'ordre formel qui vise la description des éléments linguistiques constituant un énoncé linéaire. Ce dernier est décomposé en constituants immédiats qui s'associent ou non entre eux.
[162] D. MAINGUENEAU, Ibid., p.66.

En somme, tous les éléments de l'énoncé ne sont pas indépendants car la présence d'un élément dans un environnement immédiat peut être le résultat de sa dépendance d'un autre élément éloigné.

Nous avons remarqué que le discours scientifique est un acte d'échange interactionnel entre les chercheurs (les sujets communicants) et les sujets interprétants. Les interlocuteurs sont liés par le principe d'intentionnalité parce que ce discours est produit dans une situation de communication précise et s'inscrit, par conséquent, dans un contrat d'énonciation journalistique. Il correspond à la manière dont l'énonciateur (le chercheur) journaliste met en scène le discours d'information à l'adresse des différents destinataires, et ce, en sélectionnant l'ensemble des informations recueillies en fonction de certains critères comme la description, le commentaire des informations, l'établissement des relations de cause à effet (voir supra).

Le discours scientifique est de type journalistique du moment qu'il tente d'expliquer le pourquoi et le comment afin de convaincre le lecteur et confirmer l'enjeu de crédibilité à travers son influence exprimée sur le plan linguistique par divers moyens grammaticaux et lexicaux. Les occurrences suivantes sont fort significatives :

<u>Occurrence 16 :</u> « Si l'on retire l'air dissous dans l'eau, elle se mélange à l'huile : tel est le résultat de l'expérience réalisée par le chimiste Richard ».

<u>Occurrence 50 :</u> « par exemple sur le modèle de trithérapies contre le Sida : on a d'abord adjoint à l'AZT une anti protéase, puis un troisième médicament jusqu'à mettre en place des thérapies associant cinq médicaments ».

Dans les deux occurrences, nous assistons à un discours scientifique journalistique a visée argumentative matérialisée par l'emploi respectif d'un

argument de cause à effet (tirer l'air de l'eau = l'eau se mélange à l'huile) et de l'argument par l'exemple (modèle de trithérapies contre le sida). Les deux spécialistes cherchent à expliquer deux procès scientifiques différents : celui du chimiste Richard et le processus thérapeutique contre la maladie du Sida. C'est une explication savante tant que les chercheurs produisent un énoncé d'analyse et d'explication.

Le discours scientifique journalistique est aussi démonstratif lié essentiellement au raisonnement déductif. Le journaliste scientifique manipule des notions et des concepts préalablement définis et ceci pour établir une certaine vérité même si l'énonciateur est effacée. C'est ce qui justifie, entre autres, l'emploi itératif du pronom indéfini dans le discours scientifique. Ce sujet « ON » émaille le discours de nuance tout en utilisant des verbes et des adverbes de modalité comme dans les exemples suivants :

Occurrence 2 : « pour ce qui est de l'océan magmatique, on suppose qu'il aurait subsisté pendant 30 millions d'années ».

Occurrence 8 : « En antarctique, les scientifiques mesurent même les déplacements de véritables rivières de glace dont on peut voir les cassures provoquées par l'écoulement » (on suppose = incertitude / on peut = modalité).

Le discours scientifique est journalistique du fait qu'il s'adresse à un public indéfini, il doit répondre aux attentes, supposées préalablement, des interlocuteurs et verser dans une tendance incitative dans la mesure où il s'agit pour le chercheur scientifique de persuader les interlocuteurs des bienfaits de ses innovations, de ses constatations et donc de son action scientifique. Autrement dit, il cherche à « faire faire » en « faisant croire ». A cette fin, le scientifique a recours à des stratégies discursives de crédibilité et de captation, c'est pour cela l'emploi des illustrations dans les énoncés de la revue « science et vie » est très fréquent. Les images sont des preuves d'authenticité des faits

ou de l'explication donnée. Ceci dit, penser à l'actualité ou à la suractualité est la caractéristique commune au discours scientifique et journalistique. En effet, le procédé de focalisation que visent les deux énonciateurs consiste à amener un fait ou une réalité sur le devant de la scène par le bulletin radiophonique pour le journaliste et par le recours aux faits réels et aux expériences professionnelles de recherche pour le scientifique. Ceci est corroboré par la perception de Rafika YAHIA qui pense que «*c'est […] la recherche de l'autorité scientifique qui détermine le passage de l'acte de production discursive, car, à l'intérieur du milieu scientifique, le chercheur s'impose à travers son activité, ayant pour but l'affirmation d'une certaine compétence, ce qui lui permet d'acquérir une valeur au sein de cette communauté dont l'objet est l'activité discursive à travers laquelle le chercheur s'empresse à transmettre un savoir conçu comme le reflet de la vérité scientifique, et ceci, par le medium de l'expression linguistique, garante du pouvoir scientifique* ».[163]

On comprend que les paroles du chercheur scientifique doivent être justifiées pour être légitimées par la communauté scientifique. A côté de la focalisation, le procédé de répétition est aussi présent dans le discours scientifique à caractère journalistique car répéter de la même façon ou avec des variantes (l'anaphore grammaticale et lexicale) produit un effet de réification (figement), ce phénomène discursif indéniable dans le discours scientifique donne l'impression d'être le gage d'une vérité :

<u>Occurrence 38 :</u> « on sait qu'il était apparenté à Akhenaton, un des premiers souverains monothéistes de l'antiquité » (l'anaphore lexicale).

<u>Occurrence 63 :</u> « mais qu'on ne s'y trompe pas : ce guide n'est pas destiné à l'auto- médication » (l'anaphore grammaticale).

[163]Rafika YAHIA, *Identité énonciative dans le discours scientifique Le pronom « ON » entre l'indéfini et le personnel*, Thèse de Magister en français option Sciences du langage, 2008, p.76.

Cette forme tautologique (matérialisé par le processus anaphorique) est appréciée dans le discours scientifique dans une perspective de persuasion d'autant plus qu'elle essentialise le propos en paralysant toute possibilité de contestation, Céline POUDAT écrit à cet égard : « *la communauté scientifique est, selon Pierre Bourdieu, un champ et le champ scientifique est un marché, le lien d'une concurrence acharnée dont l'enjeu est le monopole de l'autorité scientifique inséparablement définie comme capacité technique et comme pouvoir social* ».[164] Ce n'est donc que la prise de parole focalisante et la récurrence essentialisante qui imposent au récepteur une structuration sémantique et énonciative. D'ailleurs, actuellement des études sur le texte entre production et réception sont en train de se faire valoir, vu leur intérêt dans le champ des études linguistiques (comme les écrits didactiques). En outre, le discours scientifique à caractère journalistique est un discours socialisé, de par l'impact du contexte social et culturel dans la production du discours tout en faisant des rapprochements entre des faits et apporter une explication satisfaisante via un autre procédé, à savoir celui des questions rhétoriques (questions qui n'attendent pas de réponses ou les orientent parfois) pour servir une argumentation efficace. C'est une catégorie discursive du point de vue du rapport de force qu'elle instaure entre locuteur et interlocuteur. Elle met le locuteur chercheur dans une position de supériorité (il avance un argument), de maîtrise de raisonnement, on peut dire dans ce cas que la question rhétorique est une question interpellatrice tant que le discours scientifique est défini par rapport à une situation d'énonciation qui lie le locuteur à l'interlocuteur, c'est un rapport de complicité qui oblige l'interlocuteur d'accepter le raisonnement. On peut citer l'exemple suivant pour étayer notre point de vue :

[164] C. POUDAT, Ibid., p.46.

<u>Occurrence 39</u> : « Ne pourrait-on pas utiliser l'oxygène extrait par cette réaction d'électrolyse afin d'abaisser le coût de ladite électrolyse ? ».

Rafika YAHIA précise que « *la construction du discours scientifique s'effectue suivant un processus rigoureux systématique* ».[165] Cela implique que le discours scientifique de vulgarisation s'inscrit dans une situation de communication. Cette dernière se définit comme un cadre fonctionnel instaurant des relations entre énonciateur(s) et énonciataire(s) en fonction du statut de chacun. La visée est essentiellement argumentative du fait que le chercheur vise à instruire, à convaincre sans oublier que le propos échangé est déterminé en termes d'univers de discours inscrits dans un thème précis, ayant une organisation discursive conçue comme étant un contrat de communication qui fait partie essentiellement d'un dispositif socio-communicationnel. A ce propos, Dominique MAINGUENEAU indique que « *l'argumentation constitue un facteur de cohérence discursive très remarquable : une argumentation se définit comme une action complexe finalisée ; cette fin coïncide avec l'adhésion de l'auditoire à une thèse présentée par le locuteur et donnant lieu à une série de « sous-buts » qui sont les différents arguments liés par une stratégie globale* »[166], ce qui signifie que la stratégie discursive du discours scientifique est fondée sur des outils argumentatifs. Ces éléments sont enchaînés selon leur fonction au sein de l'énoncé et obéissent à l'enjeu de crédibilité.

On lit dans le corpus les occurrences suivantes :

<u>Occurrence 16 :</u> « D'autant plus qu'il y a fort à parier que, d'ici là, On disposera d'un cœur mécanique artificiel parfaitement biocompatible ».

[165] Rafika YAHIA, Ibid., p.77.
[166] D. MAINGUENEAU, Ibid., 1976, p.163.

<u>Occurrence 21</u> : « Bien sûr, On dira aussi que le F117 abattu en Serbie l'a été en raison des circonstances particulières de cette guerre qui n'avoue pas son nom et des conditions d'exécution de sa mission ».

<u>Occurrence 37</u> : « On ne voit que son dos[167], couvert de long poils, qu'une petite brise effleure ».

Le pronom « ON » est employé dans les trois occurrences avec trois référents différents. Dans l'occurrence (16), « ON » réfère à groupe de biologistes et de spécialistes de la culture in vitro de tissus biologiques (communauté scientifique limitée) engagés dans le projet de faire pousser des organes en éprouvettes pour résoudre le manque de greffons et inventer de nouvelles stratégies thérapeutiques. Leur projet aboutirait, peut-être, un jour à créer des « néo-organes ». Dans la seconde (21), le « ON » a pour référence un spécialiste dans l'armée qui rapporte les fondements de la disparition de la F117 pendant la guerre du Golfe et explique comment cet avion a été abattu par un missile sol-air. Dans le dernier cas, la référence de « ON » est rapportée à toute personne qui regarde et décrit un documentaire-fiction qui retrace l'histoire des origines de l'humanité en combinant des images virtuelles à une reconstitution des acteurs. Le même discours pourrait être pris en charge par un paléontologue ayant réalisé ce documentaire intitulé « l'odyssée de l'espèce ».

De ce fait, nous remarquons que les trois emplois de « ON » (16-21-37) manifestent trois effets de sens liés à trois référents différents. Céline POUDAT écrit que « *le « ON » est le pronom personnel le plus indéfini* »[168] dans la mesure où il représente l'énonciateur d'une manière sous-jacente. L'adjectif « indéfini » ne renvoie pas ici au caractère non déterminé du

[167] Il s'agit du dos d'un primate, c'est une personne qui ressemble à un singe et qui dresse éventuellement les origines de l'être humain.
[168] Céline POUDAT, Ibid.,, p.118.

pronom « ON » mais plutôt à sa référence implicite : le « ON » est grammaticalement un pronom personnel indéfini, mais dans le cadre énonciatif, il possède un référent quoique parfois implicite, il est défini (dans l'esprit de l'énonciataire) et de là, le pronom « ON » devient un pronom complexe puisque sa référence reste à déterminer par rapport à la situation d'énonciation. Pour Gustave GUILLAUME : « *le pronom complexe est dû à l'association de plusieurs personnes de rangs différents, impliquant une impression de pluralité* »[169]. Il ressort alors que le « ON » dans l'occurrence (16), par exemple, renvoie à l'équipe des biologistes et à d'autres biologistes spécialisés exclusivement dans la culture *in vitro*.

Dans le même sillage, Claire Blanche-BENVENISTE affirme que la variété est sous-jacente à la manifestation d'une « *règle de saturation sémantique* »[170] due à l'inclusion, parfois, de plusieurs pronoms hétérogènes au sein d'un même complexe dont il occupe la totalité de l'espace sémantique.

Le discours scientifique à travers l'emploi de « ON » devient une invite de la part de l'énonciateur à partager le désir de l'interlocuteur. L'énonciateur, tout en s'effaçant, donne à l'interlocuteur une image d'une personne responsable de son énoncé, appelé à s'identifier de manière raisonnée (arguments à l'appui). De son côté, l'interlocuteur est censé instaurer sa stratégie d'interprétation en s'appuyant sur le dit de l'énoncé, car « *pour l'analyse du discours, il est nécessaire [de prendre] en considération les conditions de production* ».[171] A ce propos, il convient de se demander quel rôle joue, outre les outils linguistiques, le paramètre énonciatif dans l'ensemble du discours scientifique qualifié aussi de journalistique.

---

[169] G. GUILLAUME, « *Leçons linguistiques de Gustave GUILLAUME, Systèmes linguistiques et successivité historique des systèmes II* », PUL Québec, 1982, pp.50-51.
[170] Claire Blanche-BENVENISTE, « Le double jeu du pronom « ON », in Hadermann, P. et al. *La syntaxe raisonnée*. Mélanges de linguistique générale offerts à Annie Boone à l'occasion de son 60e anniversaire. Louvain-la-Neuve : de Boeck Duculot, 2003, p. 52.
[171] D. MAINGUENEAU, Ibid., 1976, p.162.

Dans un énoncé scientifique, les rapports de rection (propriété qu'a un mot d'entrainer telle ou telle catégorie grammaticale dans un énoncé) sur l'axe syntagmatique participent à la thématique de la phrase à l'instar du pronom « ON », des types de verbes et des modélisations. Mais en y additionnant une situation d'énonciation, se pose alors la question de la complexité du mode de l'énoncé, c'est-à-dire son interprétation énonciative. De ce fait, énonciateur et énonciataire doivent être au bord de la visée ciblée.

Pour conclure, nous insistons sur l'idée que « *le discours d'information (comme celui de vulgarisation scientifique) résulte de la combinaison de divers procédés : procédés d'énonciation, procédés de structuration du contenu, […] Les procédés d'énonciation déterminent la manière avec laquelle l'instance médiatique (tout comme le chercheur scientifique) prend position par rapport aux informations (traitées), construit l'instance de réception (lecteurs) en destinataires susceptibles d'être intéressés, voire captivés par les nouvelles à travers des stratégies d'orientation argumentative* ».[172]

Il est vrai que le positionnement du chercheur scientifique énonciateur ne doit nullement être évalué aux marques énonciatives explicites qu'il emploie, mais plutôt ce discours doit être compris à travers une attitude d'analyse basée sur les paramètres linguistiques et situationnels. Les faits scientifiques ne sont pas toujours manifestés de façon explicite ; mais plutôt il y a l'emploi de procédés discursifs (descriptifs, argumentatifs) et d'un ensemble de mots dont la sémantique résulte de sa visée au regard de certaines expériences, découvertes, le tout en rapport avec les conditions situationnelles de production car le linguiste du discours est différent du linguiste de la langue. Le récepteur du message ne doit pas accorder l'importance aux seules marques grammaticales et syntaxiques alignées sur l'axe syntagmatique mais

[172] URL: http://www.patrick-charaudeau.com/Les-discours-des-medias.html. Ibid., p.41

plutôt il doit identifier ce qu'il y a derrière l'effacement énonciatif, c'est celui du positionnement discursif.

Dire que le discours scientifique est aussi un discours à caractère journalistique, c'est confirmer cette parenté existante entre les éléments du code verbal « outils linguistiques » et du code non-verbal. C'est un faisceau de marqueurs qu'il faudrait passer, brièvement, en revue avant d'analyser, bien entendu, le fonctionnement du pronom « ON ».

II-1-6 Les caractéristiques linguistiques du discours scientifique

Avant d'entamer cette partie, nous précisons que ces propriétés linguistiques ne vont être traitées, dans cette section, que dans une optique générale caractérisant le discours des sciences. En fait, nous prévoyons dans le chapitre suivant une étude syntaxico-énonciative plus élaborée ciblant les occurrences de notre corpus.

Le discours scientifique est un énoncé qui s'annonce en forme et en sens et dont la visée est à la fois informative et argumentative. C'est dire que le discours scientifique est un énoncé qui obéit à une organisation linguistique rigoureuse qui renvoie aux éléments constitutifs de l'acte d'énonciation attestés, dans un premier temps, au niveau des modalités de la phrase.

II-1-6-1 Les types de phrases

Par modalité, RIEGEL entend *« les éléments qui expriment un certain type d'attitude du locuteur par rapport à son énoncé».*[173] Pour C. BALLY, *« Rappelons que le modus indique la position du locuteur par rapport à la réalité du contenu exprimé».*[174]

[173] Ibid., p. 975.
[174] C. BALLY, Ibid., 1965, p. 430.

Dans cette perspective, on distingue quatre modalités fondamentales du discours scientifique. En effet, la modalité déclarative ou assertive est associée à un acte qui signifie « affirmer quelque chose » dans le but d'informer, d'expliquer un phénomène ou de convaincre le destinataire. De ce fait, ce type d'acte se vêt d'une intonation à deux versants, l'une montante et l'autre descendante comme l'illustre l'exemple suivant : « **Les cyclones sont d'immenses dépressions atmosphériques, autrement dit, les zones de l'atmosphère où la pression est plus basse qu'ailleurs et autour desquelles s'enroulent des vents** »[175]. Dans cet exemple, un écologiste veut confirmer les effets néfastes des cyclones en s'appuyant sur deux raisons, à savoir « l'immense dépression et la baisse au niveau des vents». L'emploi des adjectifs « immense » et « basse » associés respectivement aux substantifs « dépressions » et « pression » montre certainement que l'assertion est plutôt montante parce que l'écologiste vise à se soucier de l'atmosphère et, du coup, il met en garde contre les différents éléments qui contribuent à la pollution. A ce propos, le second fragment de la phrase « les zones de l'atmosphère où la pression est plus basse qu'ailleurs et autour desquelles s'enroulent des vents » confirme parfaitement cette idée.

Si la modalité d'assertion est relative à l'acte de « dire pour informer », la modalité interrogative est associée au questionnement. Elle est marquée du point de vue formel par des moyens morphologiques notamment le signe de ponctuation « ? ». Cependant, le type interrogatif ne renvoie pas toujours à l'acte de parole « demander pour informer » comme dans la phrase « **Un fœtus peut-il être plus éveillé qu'un autre ?** » par exemple ; mais plutôt l'interrogation peut avoir une valeur rhétorique dans le cas où la question renverrait à une vérité générale évidente qui n'appelle aucune réponse explicite, elle comprend elle-même sa propre réponse. Ce type est également

[175] Cet exemple ne contient pas de numéro parce qu'il ne figure pas sur le corpus.

utilisé dans le discours scientifique pour introduire, parfois, un titre. L'exemple suivant confirme parfaitement ceci : « **Dans quel Univers sensoriel le fœtus se développa-t-il ?** » Ici, l'univers du développement du fœtus est préalablement connu, ce qui revient à dire que la valeur de l'acte d'interrogation ici est de produire un effet sur l'éventuel lecteur, celui d'insister et de rappeler les réalités scientifiques de la croissance du fœtus (l'ouïe, l'odorat…) et, de là, on confirme que l'interrogation *« correspond comme acte de langage direct à l'acte de questionner ou d'interroger»*[176] et elle obéit à des contraintes liées à la situation d'énonciation.

Quant à la phrase exclamative, elle manifeste une modalité subjective du locuteur envers son énoncé et exprime soit des réactions soit des sentiments. En voici un exemple pour soutenir cette idée :

<u>Occurrence n° 164</u> « **On observe parfois une confluence des placentas, indique le Professeur Yves VILLE, gynécologue obstétricien à l'hôpital de Poissy-Saint-Germain-en-Laye. C'est que l'espace dans l'utérus maternel est restreint ! »**

Cette occurrence est extraite d'une interview où le gynécologue parle de la grossesse gémellaire en utilisant l'expression « confluence des placentas » qui traduit son ébahissement envers le développement de deux fœtus et la rencontre de deux placentas dans un milieu aussi restreint que l'utérus. L'expression du sentiment est perçue auditivement dans ce message qui relève de l'oralité (entretien avec le spécialiste) et dont les conditions de réalisation ne sont pas similaires à celles d'un écrit, comme c'est le cas de certains titres d'articles :

<u>Occurrence 167</u> : « On peut enflammer de l'eau salée ! »

[176] Martin RIEGEL, Jean-Christophe PELLAT, René RIOUL, Op. cit., 2009, p. 668.

C’est l’idée ingénieuse d’un ingénieur américain à la retraite qui, à l’aide d’un générateur de micro-ondes, a pu produire de l’énergie à travers l’hydrogène de l’eau de mer. Cette idée curieuse s’inscrit dans un contexte scientifique impressionnant.

Reste à préciser que le type de modalité impérative est employé dans le discours scientifique à travers les expressions « notons que... / rappelons que... » qui présentent une double personne le « nous = je + une autre personne ». Autrement dit, l’énonciation implique consciemment l’énonciataire dans son discours. Cette forme est appelée *« l’hortatif, c’est-à-dire de l’impératif à la première personne du pluriel unissant le lecteur à l’auteur »*.[177]

Lorsqu’on parle de la modalité de la phrase, on évoque le verbe conçu comme le noyau de la phrase. C’est *« l’élément fondamental du groupe verbal [...] accompagné d’un ou plusieurs éléments »*[178] qui précisent le sens. Le verbe *« renvoie aussi bien à la partie du discours porteuse de marques spécifiques de la conjugaison »*[179]. C’est ainsi que le système verbal joue un rôle crucial dans l’interprétation du discours scientifique.

II-1-6-2 Le système verbo-temporel

En règle générale, le verbe se présente comme une unité linguistique caractérisée par une désinence morphologique (mode - temps) et une sémantique de la forme. Ce qui revient à préciser que le verbe est biface : morphologique et sémantique. Ces deux propriétés sont intimement liées pour donner à l’énoncé sa propre signification.

[177] Revue LIDIL, « Enonciation et rhétorique dans l’écrit scientifique », numéro coordonné par Françoise BOCH et Fanny RINCK, n° 41, Ellug 2010, p 93.
[178] M. RIEGEL, Ibid., 1994, p. 391.
[179] Ibid.,

Dans cette partie, nous ne présenterons que succinctement les caractéristiques du système verbo-temporel dans le discours scientifique, alors que l'étude du sémantisme des verbes sera intensément exposée dans la section II-2-5-1-1.

On entend par système verbo-temporel tous les différents temps verbaux utilisés dans le discours scientifique pour énoncer des faits et des vérités d'ordre général, pas forcément datés ou dépendants à une durée précise. D'après le corpus, on a pu constater qu'il y a l'emploi de formes verbales différentes selon les valeurs attendues. On y trouve le présent de l'hypothèse («… **si l'on veut que le big bang tienne debout** ») ou le présent atemporel (« **On trouve ces substances sur la plupart des cellules de l'organisme** »), cet emploi est dû au fait que le discours scientifique a plus tendance à informer et à convaincre l'interlocuteur que de se soucier des valeurs des formes verbales. Nous pouvons donner à titre d'exemple la phrase, ci-après, qui ne respecte pas nécessairement les nuances que l'on trouve normalement dans l'emploi des constructions hypothétiques (si + présent + futur / si + imparfait + conditionnel présent / si + plus que parfait + conditionnel passé).

« Si on éclaire un semi-conducteur avec des photons d'énergie suffisante, alors sa résistance électrique diminue».

Il s'agit d'une condition réalisable introduite par « Si + Présent + présent ».

Il est à noter également que le passé composé, le passé simple et l'imparfait sont souvent utilisés en sciences pour rappeler des faits historiques ou pour décrire des mouvements et des processus.

<u>Occurrence 28</u> : « Il y a cinquante ans, personne n'imagin<u>ait</u> qu'<u>on</u> espérer<u>ait</u> un jour un œil pour corriger une myopie ».

Il va de même pour la forme infinitive qui n'est liée ni à la personne ni au temps et fréquemment utilisée afin de simuler l'objectivité de l'énoncé, comme dans les exemples suivants :

1. **Ne pas s'exposer aux rayons du soleil**.
2. **Faire une injection tous les jours**.

Dans le premier énoncé, l'infinitif exprime une recommandation alors que dans le second, il est question d'une prescription.

Parmi les marques spécifiques du discours scientifique, aussi, on peut trouver des verbes et des tournures impersonnels.

II-1-6-3 Les verbes et les tournures impersonnels

GREVISSE définit les verbes impersonnels comme *« des verbes employés seulement à la troisième personne du singulier, ils ont ordinairement comme sujet il impersonnel, c'est-à-dire qui ne désigne aucun être ou aucune chose. Ex : il pleut»*.[180]

Pour GREVISSE, la tournure impersonnelle est une catégorie particulière des verbes défectifs *« dont la conjugaison est incomplète»*.[181]

Transposées au discours scientifique, les formes impersonnelles, telles que « **il suffit, il est nécessaire, il faut, ...** » sont légion comme dans l'exemple : « **Il suffit de comprendre les dangers du réchauffement climatique pour ...** »[182]. Dans cet énoncé, le locuteur veut habiller son propos d'une objectivité scientifique. Il en est de même pour la forme passive construite à l'aide du verbe « être » suivie du participe passé ; comme le montre l'exemple suivant : « **La grippe aviaire a été détectée ...** ».

[180] Maurice GREVISSE, *Le bon usage*, Editions Duculot, 1975, p. 600.
[181] Ibid., p. 1273.
[182] Cet exemple ne contient pas de numéro parce qu'il ne figure pas sur le corpus.

L'information est véhiculée à travers le verbe passif qui constitue le support d'information véritable de l'énoncé. Cette forme verbale « passive » confère à l'énoncé un dynamisme communicatif ou ce qu'on appelle en énonciation « l'effet perlocutoire » lorsque le locuteur veut influencer l'interlocuteur à travers son message. RIEGEL écrit à cet égard que *«Les faits énoncés sont mis en relation avec l'acte d'énonciation et le locuteur prend une distance minimale par rapport à son énoncé ».*[183]

Si la tournure impersonnelle se définit par l'absence de pronoms de conjugaison, les pronoms personnels, selon toujours le même linguiste, *« constituent une catégorie syntaxique relativement homogène, mais présente des propriétés sémantiques et des fonctionnements référentiels très diversifiés ».*[184] L'exemple suivant explique absolument cette idée : « **Il** (l'enfant cancéreux) **s'est plaint des effets secondaires de la chimiothérapie**». On assiste, ici, à la situation d'énonciation selon laquelle un médecin parle des effets de la chimiothérapie pour l'enfant, en général, conçu comme étant le référent du message. L'emploi de la troisième personne laisse révéler que le locuteur présente une reprise anaphorique pour éviter la répétition. Autrement dit, « enfant cancéreux = il ».

C'est ce qui fait que l'identification du référent du pronom nécessite le recours à l'environnement contextuel et qu'on appelle « la référence anaphorique » dont la construction est élaborée à travers la sélection d'informations dans le contexte. C'est dire que l'anaphore est un procédé fort important à analyser dans le discours scientifique.

[183] Martin RIEGEL et al, Ibid., p. 1001.
[184] Ibid., p. 358.

II-1-6-4 Les procédés anaphoriques

Le Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage définit l'anaphore comme *« un processus syntaxique constituant à reprendre, par un segment, un pronom en particulier un autre segment du discours, un syntagme nominal, antérieur par exemple»*.[185] Ce procédé est fréquemment utilisé dans l'écrit scientifique dans le dessein d'éviter, d'une part la répétition et d'autre part de renforcer l'emploi d'un mot et d'assurer la cohérence et la cohésion[186] du discours. L'anaphore peut être de type nominal (lexical), associatif ou pronominal. Les pronoms personnels, démonstratifs, possessifs, relatifs et indéfinis peuvent remplir la fonction d'éléments anaphoriques sans oublier la marque **Ø** qui renvoie à une anaphore elliptique (effacement du pronom).

On comprend, dès lors, que l'anaphore utilisée dans le discours scientifique a un rôle syncrétique. D'une part, elle assure la construction syntaxique, c'est son rôle grammatical formel. D'autre part, elle a un rôle sémantique ; elle maintient l'information ou la donnée scientifique.[187] L'exemple suivant est le plus en vue : « **Au cours des trois derniers mois, le fœtus double le poids, Ø prend 15 cm et tous ses organes se développent à vitesse grand V … Ce processus en accéléré est rendu possible grâce à un système nutritif particulièrement performant et centré essentiellement sur le placenta. Cet organe éphémère de 500 g et de 15 à 20 cm, à terme, est une véritable annexe du fœtus ancrée dans la face interne du muscle utérin maternel** ».[188] Cet énoncé met en œuvre trois types d'anaphores : elliptique, lexicale et grammaticale. En effet, **Ø** remplace un référent qu'on peut désigner selon le contexte par le pronom « il ». Cette ellipse est rendue

[185] Jean DUBOIS et al, *Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage*, Paris, Larousse, 1944, p. 36.
[186] La cohérence est le rapport qui existe entre les différentes parties qui font qu'un texte est perçu comme un tout, elle est d'ordre sémantique. Alors que la cohésion est d'ordre grammatical et constitue l'ensemble des éléments associés pour assurer des liens intra et interphrastiques.
[187] Dans le chapitre suivant, une section sera réservée à la valeur anaphorique du pronom « ON ».
[188] Revue Science et vie « Neuf mois pour venir au monde », n° 234 (hors-série), p. 86.

nécessaire pour donner à l'énoncé sa vivacité et son trait d'oralité qui pourrait être présent dans le discours scientifique (lors des interviews). On peut parler, dans ce cas, de la conception de l'anaphore comme sous le nom de « *l'approche mémorielle* »[189] dans la mesure où elle est comprise d'un point de vue cognitif. Dans l'exemple ci-dessous, on connaît déjà le référent d'après la situation. RIEGEL écrit à ce propos *« l'anaphore constitue un phénomène mémoriel, le récepteur identifie grâce à elle un référent qu'il connait déjà, qui figure dans sa mémoire immédiate»*.[190]

En outre, le lexème « **ce processus** » renvoie aussi à un référent qu'il faut identifier en revenant au segment précédent pour comprendre que l'auteur réfère au processus de la croissance « **tous ses organes se développent à vitesse V** ». RIEGEL écrit, dans ce sens, que *«face à la complexité et à la diversité des anaphores, il convient de rendre compte de la spécificité des expressions anaphoriques en vue d'expliquer leur choix dans les chaînes de référence et leur rôle dans la donation du référent»*.[191]

Le troisième procédé d'anaphore est celui assuré par le déterminant, l'adjectif démonstratif « cet ». Son emploi anaphorique est dû au fait que le locuteur vise à la fois à éviter la répétition du GN (le placenta) et à doter son énoncé d'une commodité stylistique qui contribue à la structuration de l'énoncé. Il ne faut pas oublier que les pronoms sont les substituts des noms, et de là, le pronom démonstratif « cet » et le nom « placenta » sont coréférents et ne présentent pas une disjonction référentielle. D'ailleurs, la suite de l'énoncé, où le locuteur donne la définition du rôle de l'organe « le placenta » le confirme parfaitement bien.

[189] M. RIEGEL, Ibid., p. 1032.
[190] Ibid.,
[191] Ibid., p. 1034.

II-1-6-5 Les marqueurs de la modalisation

Parmi les marques linguistiques du discours scientifique, on peut relever le procédé de modalisation qui « *définit la marque donnée par le sujet à son énoncé, c'est la composante du procès d'énonciation permettant d'estimer le degré d'adhésion du locuteur à son énoncé* ».[192] Autrement dit, la modalisation est un comportement linguistique (probabilité / improbabilité) qui met en exergue des facteurs sémantiques et pragmatiques. Elle est l'expression verbale des attitudes et des positions des énonciateurs vis-à-vis des contenus propositionnels produits lors de diverses situations tel le discours scientifique. Les exemples suivants peuvent éclaircir cette idée :

Occurrence 29 : « **Certes, on connaît déjà131 gènes impliqués dans les maladies… »**

Occurrence 2 : « Pour ce qui est de l'océan magmatique, on suppose qu'il aurait subsisté pendant 30 millions d'années. »

Dans ces énoncés, le locuteur exprime la possibilité de montrer, voire d'afficher son attitude non seulement par rapport à ce qu'il dit (il parle des maladies de la rétine et leurs aspects génétiques qui peuvent envisager de nouvelles pistes pour une thérapie à base génique), mais aussi par rapport à ce qui doit être perçu par l'énonciataire, et ceci est parfaitement en connivence avec le principe du discours scientifique, celui d'exprimer une vérité générale et, donc, de convaincre.

Quant aux expressions : « **Il y a de fortes chances pour que…, Il semble que …, La probabilité pour que ... est très faible…** elles sont des procédés linguistiques de construction qui remplissent un rôle de modalisateurs dans la mesure où l'énonciateur montre un certain doute envers son propos. De ce fait, l'expression de la probabilité et de l'improbabilité

[192] Jean DUBOIS, Ibid., p. 305.

« sont des données sémémiques »[193] reliées aux verbes modalisateurs. Ceci nous permet de dire que l'emploi du verbe modalisateur confère à l'énoncé sa propre interprétation, ce qui rend aussi bien difficile la définition que la classification des modalisateurs.[194] On peut assister à un rapport interne au sein des énoncés. Ainsi, dans l'exemple précédemment cité à la page 114, l'affirmation et la certitude présupposent la présomption : « **Ce processus en accéléré est rendu possible grâce à un système nutritif particulièrement .....** ». Avant d'arriver à cette vérité, le locuteur emploie une expression qui marque une vraisemblance « **est rendu possible** ». Il en est de même pour le domaine sémémique de possibilité et d'impossibilité où l'énonciateur essaie de rendre son propos possible ou impossible. Par ailleurs, les expressions : « **Il est vrai que…, Il est évident que …, Il est exclu …, Le phénomène est impossible…** énoncent un jugement comme vrai.

Quoi qu'il en soit, les expressions et verbes modalisateurs transcrivent et intègrent les énoncés dans des domaines sémémiques selon la situation d'énonciation. La certitude est une adhésion du locuteur fondée sur des arguments et des preuves pour étayer son affirmation. Ces arguments, dans le discours scientifique, ont pour finalité de convaincre et de persuader l'interlocuteur de la vérité affirmée. Par contre, la probabilité est une adhésion fondée sur des indices et des signes de vraisemblance qui n'excluent pas le doute. Ici, l'état de chose est en état de vérification. On comprend, alors, qu'il s'agit bien entendu *« de compatibilité logico-sémantique et non pas de correspondance de l'état de chose décrit à la réalité extralinguistique».*[195]

Parallèlement à la modalisation, l'énoncé est constitué d'autres mots, et donc, d'un lexique qui marque sa spécificité. C'est ainsi que le discours

[193] Miloud TAIFI, *Sémantique linguistique, Référence, prédication et modalité*, publication de l'UFR « Sciences du langage », 2000, p. 244.
[194] Voir la section concernant « le « ON » et le sémantisme des verbes ».
[195] M. TAIFI, Ibid., p. 246.

scientifique se caractérise par son jargon riche et hétéroclite.

II-1-6-6 Le lexique

Martin RIEGEL définit le lexique comme étant *« une liste des mots de la langue, spécifiés chacun par son appartenance à une partie du discours »*.[196] C'est ainsi que le discours scientifique se caractérise par une prolifération des termes scientifiques formés à travers plusieurs procédés linguistiques telle que la dérivation. Chaque mot peut apparaître dans des positions, voire des emplois, qui correspondent à sa nature. Prenons l'exemple des mots : « tachycardie » qui signifie l'accélération du rythme des battements du cœur et « phyllotaxie » qui veut dire, en botanique, l'étude de la disposition des feuilles sur les tiges des plantes. Ces deux mots sont des mots dérivés dans la mesure où ils sont formés par l'adjonction des préfixes « tachy » (qui vient du grec « takhys » et signifie « rapide ») et « phyllo » (d'origine grecque aussi et veut dire « feuille ») soudés à un morphème lexical appelé radical et confère un sens au mot. Sémantiquement, les préfixes et les suffixes jouent un double rôle *« de constituant d'une forme construite et d'opérateur constructeur de sens par rapport à la base à laquelle ils s'ajustent »*.[197]

Les affixes restreignent le sens des mots et sélectionnent même les champs lexicaux auxquels appartiennent les mots. On peut aussi parler des syntagmes lexicaux formés à partir de la jonction des morphèmes et des lexèmes tel que « hydrocéphalie » qui signifie une pathologie relative à l'excès du liquide céphalorachidien dans les cavités du cerveau. Dans ce cas, les morphèmes « hydro » (eau) et « céphal » (tête) se combinent

[196] Martin RIEGEL et al, Ibid., p.229.
[197] Ibid., p. 903.

morphologiquement pour donner lieu à un mot nouveau avec un sens nouveau car « *La dérivation affixale se distingue de la composition par la présence d'au moins un élément qui ne constitue pas une unité lexicale autonome syntaxiquement et référentiellement»*[198]. Autrement dit, le préfixe ou le suffixe (morphème) n'a de valeur qu'en relation avec le radical (lexème).

A cette composition s'ajoutent les hyperonymes ou les termes génériques qui remplacent une notion, un objet dans une catégorie plus générale. Il s'agit d'une relation d'inclusion d'une classe dans une autre. Ces termes génériques sont employés fréquemment dans les définitions.

Exemple : *Un antiseptique* : ensemble des agents propres à prévenir les infections (ex : les antibiotiques).

Un antalgique : ensemble de toutes les substances propres à calmer la douleur (exemple : le thé, l'aspirine).

C'est dire que le lexique scientifique est enrichi par le phénomène dérivationnel ou flexionnel. Ces modes de fonctionnement qui gouvernent à la fois la syntaxe interne des mots ainsi que l'interprétation de cette formation ne sont pas la seule spécificité du lexique scientifique. On relève aussi trois autres marqueurs, en l'occurrence les marqueurs de l'inclusion et de l'exclusion ; ceux de la transformation et de la quantification.

Les marqueurs de l'inclusion et de l'exclusion

L'inclusion signifie « *le fait d'admettre dans un ensemble* ».[199] Ces éléments jouent un rôle prépondérant dans l'agencement logique des idées, et ce dans plusieurs disciplines, notamment en mathématiques.

[198] Ibid., p. 904.
[199] Bernadet WILMET et al. *Lire, comprendre, écrire le français scientifique*, De Boeck université, 1999, P.162.

Exemple : C'est inclus dans …

C'est un sous ensemble de ….

C'est une partie de…

Ex : « ***En définitive, c'est toute une population qui, avec son « consentement libre et éclairé » est prêtée à la recherche et à l'industrie, y compris, les enfants et les handicapés mentaux, malgré, une fois encore, l'avis contraire du comité national d'éthique***».[200]

Inversement, l'exclusion signifie le fait de tenir à l'écart et ne pas admettre.

Exemples d'expressions introduisant un nom :

Abstraction faite de … *Au mépris de …*

A l'exclusion de …. *En dépit de …*

A l'insu de … *Nonobstant …*

Exemples d'expressions introduisant une phrase :

Malgré que …/ Ne pas être un élément de …/ Ne pas appartenir à …

Les exemples suivants traduisent parfaitement l'idée de l'exclusion :

Exemples : « **A son insu, l'homme va continuer de détruire ce qu'il a créé si rien d'efficace n'est fait** ».

« **En dépit de son âge, il n'y a pas de raison pour l'effrayer (la femme) : il y a de bonnes chances pour que la grossesse se passe très bien. Certaines**

[200] Ibid., p. 162.

femmes tombent enceintes dès les premières tentatives, y compris autour de la quarantaine ».

Les marqueurs de la transformation

Comme leur nom l'indique, les marqueurs de transformation opèrent un changement de démarche, par exemple, ou contribuent à une description d'une opération ou d'un processus d'ordre scientifique. Ils peuvent être des verbes ou des noms (fluidifier, solidifier, fondre…).

Exemples : « **Le coefficient de frottement d'un matériau sur le téflon est généralement très faible. On exploite cette propriété pour réduire les forces de frottement et éviter une lubrification** ».

« **Entre l'œuf initial et l'adulte, il y a des milliards de cellules de différence ; celles-ci se sont multipliées, se sont déplacées, ont été détruites, etc.** »

Les marqueurs de la quantification

Considérons les exemples suivants :

- « **Le zoom des vidéo-endoscopes a des focales variant de 30 à 60 millimètres. Il pèse 110 grammes pour une longueur de 8 cm et un diamètre de 3,4 cm** ».
- « **Le soufre est un élément non métallique qui fond à 112 C°. Il est faiblement visqueux de 112 C° à 150 C°. A 160 C°, sa viscosité passe par un maximum et le soufre devient pâteux** ».

Pareil aux autres marqueurs, le procédé de quantification joue un rôle crucial dans l'écrit scientifique. Il intervient dans la classification des morphèmes lexicaux qui se renouvellent perpétuellement. Ainsi, dans la première occurrence, les chiffres arabes et romains, nombres ordinaux, cardinaux, entiers sont employés pour exprimer des opérations

mathématiques servant à donner plusieurs mots de formes et de sens différents. De même, dans la seconde occurrence, l'unité de mesure concerne la température.

La quantification peut se faire, aussi, par l'emploi du partitif « de, de la, de l', des », par des adverbes ou locutions adverbiales de quantification générique (plus…beaucoup / en masse … / en nombre… / environ …), ou par des adjectifs (seul… / unique… / nombreux…/ infini…) et des verbes (dénombrer / quantifier / mesurer / démultiplier…).

Exemples : « **Le Carbonate de Sodium est produit à partir de sel et de craie »** (quantification par le partitif).

« **La population mondiale a doublé en quarante ans. Elle comptera près de dix milliards vers 2050** » (quantification verbale).

Il appert que le procédé de quantification véhicule des formes générales axées sur un sens déterminatif et ceci est parfaitement en accord avec le principe de « persuader » relatif à l'écrit scientifique. Car *« l'usage des quantifieurs [...] permet aux locuteurs de procéder à diverses opérations d'extraction dans le but de singulariser les expressions référentielles pour pouvoir ensuite leur attribuer des propriétés».*[201]

D'un autre côté, l'écrit scientifique continue à assurer sa tendance argumentative par l'emploi des articulateurs logiques.

II-1-6-7 Les articulateurs logiques

Par articulateurs logiques, on entend *« les termes de liaison et de structuration [qui] contribuent à la structuration du texte et du discours en marquant des relations entre les propositions ou entre les séquences qui*

[201]M. TAIFI, Ibid., p. 14.

composent le texte en indiquant les articulations du discours ».[202] Il s'agit, ici, des outils de cohésion discursive qui traduisent le lieu existant entre deux propositions ou deux phrases formant ainsi des unités plus complexes. Bernadet WILMET, dans son ouvrage cité supra distingue deux catégories principales des articulations logiques : la première est celle des **articulations relatives aux objets du monde** où elle intègre les marqueurs spatio-temporels et ceux relatifs aux faits (cause, condition, supposition, opposition, concession …). La deuxième catégorie comprend les **articulations relatives au discours** indiquant, d'une part, les éléments de son agencement (commencement, continuation, digression, fin…) et d'autre part, ceux de l'intervention de l'auteur (appui, objection, justification, modalisation…).

Toutefois, les articulateurs ne sont pas de simples opérateurs discursifs relatifs aux conditions de production du texte selon la situation d'énonciation et qui ont un rôle syntaxique, ils ont aussi une fonction énonciative notamment pour l'écrit scientifique dont le but est de confirmer une vérité pour le lecteur éventuel. C'est pour cela qu'on parle de « *connecteurs pragmatiques* »[203]. L'occurrence suivante survient à point nommé pour corroborer ces faits :

<u>Occurrence 21</u> : « Bien sûr, on dira aussi que le F117 abattu en Serbie l'a été en raison des circonstances particulières de cette guerre qui n'avoue pas son nom et des conditions d'exécution de sa mission ».

Dans cet énoncé, la locution adverbiale « Bien sûr » fonctionne doublement. D'une part, elle assure le lien entre l'effet « le F117 abattu en Serbie » et la cause « des circonstances », et c'est sa fonction syntaxique ou

[202] RIEGEL, Ibid., p. 1044.
[203] Ibid., p. 1045.

de « *liage* »[204], à en croire B. SCHNEUWLY. D'autre part, elle exprime la certitude et l'évidence des faits.

Il est à noter également que les articulateurs assurent la cohésion et la cohérence du discours scientifique. Ils participent au fonctionnement de cet écrit et marquent l'implication du point de vue qui n'est pas forcément celui du locuteur. C'est pour cela que les articulateurs peuvent être des marqueurs de prise en charge énonciative. Car *« il est difficile d'assigner un sens unique à un connecteur donné, vu la diversité des facteurs qui déterminent la valeur des connecteurs ».*[205] Ce qui revient à dire que certains connecteurs logiques prennent des valeurs différentes selon le type de texte où ils sont insérés. Soit l'exemple suivant :

<u>Occurrence 40</u> : « **Cet oxygène servant de carburant à un gaz approprié, on pourrait, alors, brûler le mélange des deux gaz et produire, <u>ainsi</u>, de l'énergie** ».

« Ainsi » est utilisé pour exprimer une relation de conséquence et non celle d'addition ou de justification[206] que l'on peut trouver pour le même connecteur mais dans d'autres emplois.

À côté des articulateurs logiques servant à structurer syntaxiquement et sémantiquement l'écrit scientifique, la ponctuation *« est le système de signes graphiques qui contribuent à l'organisation d'un texte écrit en apportant des*

[204]B. SCHNEUWLY, « Les organisateurs textuels dans quatre types de textes écrits. Etude chez des élèves de 10, 12 et 14 ans » in J. M. ADAM et M. FAYOL, *Langue française* : *Structuration de textes, connecteurs et démarcations graphiques, Paris,* Larousse, n° 81 *;* p. 40.
[205] M. RIEGEL, Ibid., p. 1045.
[206] Exemple de justification : « L'Institut national de la recherche agronomique et le Museum national d'histoire naturelle collaborent à un projet de reproduction assistée destiné à sauvegarder des espèces en voie de disparition. Ainsi grâce à la fécondation in vitro et à la transplantation d'embryons chez des femelles porteuses de races communes, le cerf sika de Formose, deux espèces qui se reproduisent difficilement en captivité, vont voir augmenter leurs chances de survie ».

indications prosodiques marquant des rapports syntaxiques ou véhiculant des informations sémantiques ».[207]

II-1-6-8 La ponctuation

La ponctuation est un ensemble de signes idéographiques omniprésents dans toute production scientifique et dont l'objectif est de produire un sens en corrélation avec les signes linguistiques. Les occurrences suivantes traduisent parfaitement ceci :

Occurrence 22 : « Pour cultiver les fraises, on utilise de plus en plus la technique dite « hors sol ».

Occurrence 23 : « Lorsqu'on coupe une vitre avec un diamant ou un coupe verre à mollettes, de minuscules éléments en saillie ou en creux apparaissent sur les bords de la coupe ».

Occurrence 33 : « Que peut-on voir dans le ciel de décembre ? »

Occurrence 41 : « Si l'on retire l'air dissous dans l'eau, elle se mélange à l'huile : tel est le résultat de l'expérience réalisée par le chimiste Richard PASHLEY de l'université de Cambera, en Australie et son équipe ».

Occurrence 40 : **« Cet oxygène servant de carburant à un gaz approprié, on pourrait alors brûler le mélange des deux gaz et produire, ainsi, de l'énergie... ».**

Occurrence 57 : « En France, le nombre de personnes hospitalisées pour un accident médicamenteux (on parle « d'effet iatrogène » c'est-à-dire lié à la substance active même du médicament est estimé à 140000 par an, dont 9% n'y survivraient pas, selon une étude de Harambura & co ».

[207] RIEGEL, Ibid., p. 140.

<u>Occurrence 58</u> : « Nullement, si l'<u>on</u> additionne toutes ces raisons pour lesquelles un médicament peut se révéler dangereux : effets indésirables, association néfaste avec un autre médicament, erreurs de prescription... ».

Dans les deux premières occurrences (22) et (23), il y a la présence respectivement du point (**.**) et de la virgule (**,**). Ces deux signes marquent une pause forte qui indique la fin de la phrase dans le premier cas et une pause intermédiaire plus ou moins affaiblie qui nous fait comprendre qu'il y a encore une suite pour le deuxième cas. Cette fonction syntaxique sert à la séparation et à l'organisation de l'énoncé. Ainsi, dans le premier exemple (22), l'agronome, met en valeur l'apparition d'une nouvelle technique utilisée pour cultiver les fraises, appelée « hors sol ». Il termine son énoncé par un point. De même pour la virgule, dans la seconde occurrence (23), qui est un signe interphrastique séparant l'énoncé en deux fragments : l'état de chose « Lorsqu'<u>on</u> coupe une vitre avec un diamant ou un coupe verre à mollettes » et le résultat obtenu. Cette occurrence peut être analysée en deux niveaux. Au niveau syntaxique, la virgule distingue les deux propositions subordonnées dont l'union constitue la phrase de base. Au niveau sémantique, il s'agit de deux procès qui surviennent ponctuellement en même temps, illustrés, d'ailleurs, par l'emploi de « lorsque ». En outre, puisque l'énoncé est lu dans le cadre énonciatif, on peut ajouter un troisième niveau d'analyse dit « communicatif » dans la mesure où l'énoncé a une fonction d'information. Sur ce point, RIEGEL a affirmé qu' *« idéographiques par nature, les signes de ponctuation peuvent ajouter des éléments d'information qui superposent au texte et complètent l'apport sémantique des mots et des phrases ».*[208]

La troisième occurrence (33) est caractérisée par l'emploi du point d'interrogation qui introduit une question directe avec une intonation

[208] RIEGEL, Ibid., p. 145.

mélodique. Cette indication formelle confirme une valeur énonciative octroyée par le contexte. L'astronaute pose une question qui constitue le titre d'un article et dont la réponse serait la trame du développement. RIEGEL rappelle, toujours dans cette optique, que le point d'interrogation a un rôle *« suprasegmental du fait qu'il se superpose aux segments linguistiques ».*[209]

Par ailleurs, le discours scientifique use des deux points pour introduire une citation, un exemple, une explication ou même pour établir un lien de cause à conséquence comme dans l'occurrence (41) où le scientifique met en œuvre l'expérience effectuée par le chimiste et qui consiste à tirer le résultat de la soustraction de l'air de l'eau tout en expliquant le processus. Les deux points ont à la fois un rôle démarcatif et énonciatif. Ils sont des signes de rapport sémantique avec ce qui précède. D'ailleurs, on ne peut pas utiliser, dans cet emploi, les deux points sans pour autant expliquer la situation d'énonciation : « Si l'<u>on</u> retire l'air dissous dans l'eau, elle se mélange à l'huile ». Ceci permet d'ajouter que les deux points manifestent un rapport logique entre les propositions ou interpropositionnel relatif au contexte et que leur fonctionnement est commandé par le sens dans la mesure où ce signe de ponctuation marque le rapport entre un thème (idée initiale) et son développement prédicatif (résultat).

Les points de suspension sont fréquents dans le discours scientifique et occupent une place importante. C'est le cas de l'occurrence (40) où le chimiste veut confirmer que les sources d'énergie ne sont pas tributaires du carburant, au mélange des gaz ; mais plutôt il y a d'autres techniques de production sans pour autant marquer une interruption réelle. Le scientifique provoque ici une attente à un prolongement.

[209] Ibid., p. 142.

Les points de suspension marquent une pause prosodique et syntaxique dans la mesure où ils traduisent le rythme de la parole du locuteur. Ici, ils expriment l'inachèvement d'une énumération pour confirmer le poids du progrès scientifique. RIEGEL écrit : *« au nombre de trois, [les points de suspension] ils marquent une interruption de la phrase, qui reste inachevée, en suspens, pour diverses raisons, le locuteur (...) s'interrompt pour se corriger ou marquer une hésitation due à la gêne, à un scrupule ou à la recherche d'un terme exact. L'interruption de la phrase peut être due au locuteur lui-même, mais aussi venir de son interlocuteur ou d'un événement extérieur».*[210]

De leur côté, les guillemets, signe typographique, sont employés dans le discours scientifique pour marquer une coupure dans le texte permettant d'insérer le titre d'un article, d'introduire une citation ou un mot ou une expression à mettre en valeur et de façon péjorative, comme c'est le cas dans l'occurrence (57) où « effet iatrogène » renvoie à un accident induit par un médicament ou toute intervention d'origine médicale chez un patient. Les guillemets marquent, également, le passage d'un discours direct. RIEGEL écrit à cet égard *« les guillemets marquent les limites d'un discours inséré dans un texte de base».*[211]

Parallèlement à ces signes, l'écrit scientifique regorge de symboles qui jouent un rôle déterminant dans la construction du sens. A titre d'exemple, nous citons les parenthèses, le double tiret et les crochets qui peuvent introduire une incise, les accolades pour définir des ensembles et la barre oblique pour mettre deux mots ou plus au même niveau. **Ex : 1 kg / j / per**.

Compte tenu de tous les éléments cités précédemment, nous concluons que le discours scientifique est un ensemble de relations entreprises non

[210] Ibid., p. 252.
[211] Ibid., p. 157.

seulement entre les concepts scientifiques *via* le verbal, mais également avec d'autres composantes iconiques comme l'image. Il serait, donc, judicieux de voir dans quelle mesure cette dernière remplit une fonction à propension argumentative.

II-1-7 Le code iconographique : l'image et sa dimension argumentative

Avant d'expliquer le rôle du code iconographique dans la structure argumentative du discours scientifique, nous procéderons d'abord à une définition de la notion de code et nous établirons, par la suite, une différence entre l'iconologie et l'iconographie.

En effet, le code correspond à un « *stock de signes et à leurs règles de fonctionnement* ».[212] De même que la différence entre l'iconologie et l'iconographie réside dans le simple fait que la première s'intéresse à l'étude de la signification, tandis que la seconde s'efforce de révéler la polysémie du message et donc de l'interprétation. Autrement dit, cette approche s'occupe de l'affleurement des codes et/ou d'une « herméneutique », « *système de signes implicites, latents et purement contingents*».[213]

Par ailleurs, le code iconique révèle le statut analogique de l'image qu'elle soit plastique ou scripturale, il inclut aussi le niveau de plasticité ; c'est-à-dire, de la facilité concernant l'interprétation et la culture.

Quant au code iconographique, il postule que l'image manifeste des rapports quasi-étroits avec les œuvres d'art puisqu'elle met en avant les éléments qui la composent, tels que le plan, la profondeur, le point de vue, le

[212] B. COCULATET, C. ROUTEL, Sémantique *de l'image*, Paris, Editions Lagrave, 1986, p.44.
[213] Ibid., p.44.

format, la couleur... En d'autres mots, l'image peut référer à des conventions culturelles et à des notions abstraites.

Dans la revue scientifique « sciences et vie », l'image est accompagnée d'un texte, son interprétation est fondée sur le modèle verbal. C'est du texte que part l'interlocuteur pour saisir la véritable signification de l'élément iconique, car celui-ci est de l'ordre du non-dicible, il prête à la visualisation et du coup, il ne peut pas fournir isolément une information ou une signification. Le texte sert de guide à l'interprétation de l'image du moment que celle-ci peut être polysémique. Autrement dit, elle se prête à plusieurs lectures.

L'image dans le corpus étudié occupe une place importante, elle contribue à côté du texte à tisser la structure argumentative. Thierry SMOLDERN précise que « *le lecteur se promène dans les replis d'un espace purement visuel dont la plasticité transcende, pour tous les bords, le pouvoir descriptif des mots* »[214] , ce qui confirme le pouvoir expressif de l'image. Pour cet auteur, l'image jouit d'un grand privilège. Le sens se dégage du visuel et du texte comme c'est le cas des extraits de la revue scientifique « sciences et vie » qui sont présentés sous forme d'énoncé illustré. Aussi l'image possède-t-elle un pouvoir expressif extrêmement fort, et tant qu'il s'agit d'un discours à trait argumentatif, l'image, surplus au texte, peut être considérée comme un outil d'argumentation. L'expression « *la plasticité transcende…des mots* » prouve que l'image complète l'apport sémantique du texte en lui ajoutant des détails permettant d'éclaircir sa signification. De ce fait, le texte, voire l'énoncé et l'image ne sont pas deux éléments autonomes, par contre, ils se combinent. TEULE a affirmé que « *l'image est le support de la parole, elle*

[214] T. SMOLDERN : « Deux étoffes pour un songe », in Les *cahiers de la B.D n°63*, 1985, pp. 82-83.

sert à instruire en amusant, le rôle du texte qui, à son tour, le cautionne et l'illustre ; on peut dire donc que le visible coïncide avec le lisible ».[215]

Transposant ce principe au discours scientifique, le texte et l'image forment un tout cohérent, et toute tentative de dissocier l'un de l'autre prive l'énoncé de sa valeur argumentative conçue comme étant l'une des caractéristiques de sa production. Cela est, également, vrai parce que l'interprétation de l'un est tributaire de l'autre. L'image et le texte forment une unité non-décomposable investie d'une information complémentaire notamment lorsqu'il est question de justifier une vérité scientifique. Le texte explique et répète ce que décrit l'image. GREIMAS n'a-t-il pas affirmé que « *la signification peut se cacher sous toutes les apparences sensibles, elle est derrière les sons, mais aussi derrière les images ?* ».[216]

Dans la revue n°1075, page 28 (avril 2007), on voit une couleuvre maman en train de se nourrir de poison sécrété par les crapauds pour le recycler et le donner à ses petits afin de les protéger. Ce processus n'est assimilé qu'en lisant le texte qui contribue à décrypter l'image.

[215] J. TEULE, L'année *de la bande dessinée, Editions Pocket,* 1982, pp. 233-234.
[216] A. GREIMAS, *Du sens*, Paris, Editions Du Seuil, 1976, p.50.

ARCHÉOLOGIE

Des vestiges d'habitations ont été découverts près de Stonehenge. On va peut-être mieux comprendre à quoi servait ce fameux monument mégalithique circulaire érigé au Néolithique et à l'âge du bronze dans le comté du Wiltshire, en Grande-Bretagne. Des vestiges découverts à Durrington Walls, à 4 km de là, témoignent en effet de l'existence d'un village où auraient vécu les bâtisseurs du site il y a 4 500 ans. Les fouilles, commencées en 2003, ont mis au jour les restes de huit habitations faisant vraisemblablement partie d'un complexe d'une centaine de logements. Situées de chaque côté d'une avenue conduisant à une rivière, elles abritent d'innombrables fragments d'objets, et même des empreintes de socles de lit, de commodes et de placard en bois. Selon l'archéologue Mike Parker Pearson, ces découvertes apportent un nouvel éclairage sur la fonction du site : Durrington Walls servait pour célébrer la vie. On y venait pour déposer les morts sur la rivière, point de départ pour leur voyage dans l'au-delà. Tandis que Stonehenge était un lieu de recueillement et de sépulture pour certains des décédés. **E.N.**



∧ **Les habitations exhumées près de Stonehenge éclaireraient la fonction du site.**

J. HAWKES/CORBIS - A. SAVITSKY/OLD DOMINION UNIVERSITY - SAGEL & KRANEFELD/ZEFA/CORBIS



∨ En recyclant le poison des crapauds dont il se nourrit, ce serpent inoffensif devient venimeux !

ÉCOLOGIE

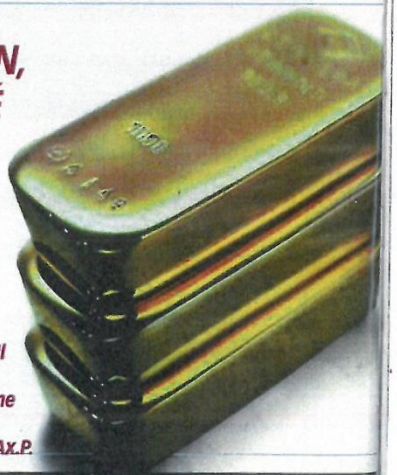
Une couleuvre recycle à son profit le venin de ses proies

Incapable de sécréter son propre poison, *Rhabdophis tigrinus*, une couleuvre japonaise, n'en est pas moins venimeuse ! Comment ? En recyclant la bufadiénolide, un poison sécrété par les crapauds dont elle se nourrit. C'est ce qu'a découvert Deborah Hutchinson, de la Old Dominion University, en Virginie (Etats-Unis). Cette faculté a même modifié son comportement : sur les îles où les crapauds abondent, le serpent devenu venimeux arque le cou à l'approche d'un prédateur, présentant ses glandes nucales remplies de poison. *A contrario*, sur les îles dépourvues de crapauds, le serpent attaqué se contente de fuir. On observe également que la femelle transmet du poison à ses petits afin qu'ils soient protégés dès leur éclosion. **C.H.**

PHYSIQUE

A TRÈS HAUTE PRESSION, L'OR PERD SA STABILITÉ

L'or n'est pas aussi stable qu'on peut le croire ! Une équipe vient d'observer, au synchrotron de Grenoble, qu'à des pressions supérieures à 240 GPa (2 400 000 atmosphères), ses atomes passent d'une structure cubique à hexagonale. Il faudra en tenir compte lorsqu'il est utilisé comme témoin dans les expériences à haute pression. Ax.P.



De même qu'on observe dans la revue n°237, page 44 (décembre 2006), le globe terrestre pour illustrer les fluctuations de la planète (la contraction du plancher océanique, par exemple) dues aux aléas climatiques, notamment au refroidissement.



La planète se structure [Refroidissement]

Un relief sculpté par la température : les roches qui remontent au niveau des dorsales induisent, en refroidissant, et de manière croissante, la contraction du plancher océanique.

Depuis la seconde moitié du XX[e] siècle, nous développons et modernisons sans cesse un arsenal impressionnant d'appareils de mesure et de méthodes de traitement de données pour déterminer l'état et la structure interne de notre planète : la sismologie, la gravimétrie, la géodésie, etc. Les livres de géologie sont remplis de belles images « tomographiques » du manteau terrestre montrant d'infimes variations de la vitesse des ondes sismiques à grande profondeur. Ces belles images ne doivent pas cacher un fait essentiel : nous sommes capables de déterminer d'infimes fluctuations par rapport à une valeur moyenne, mais incapables de déterminer précisément la valeur de cette moyenne. Nous savons par exemple que les zones de subduction, à la verticale des fosses océaniques, sont plus froides que le manteau environnant, mais quelle est la température de celui-ci ?

COMMENT MESURER LA TEMPÉRATURE

Le relief de fonds océaniques, qui peut être mesuré avec grande précision, est un premier indicateur de la température moyenne de l'intérieur de la Terre. On sait qu'une dorsale océanique est l'endroit où les roches du manteau sont emmenées vers la surface par un courant de convection. Lors de leur ascension, les échanges de chaleur sont limités et les roches gardent à peu près la température qu'elles avaient en profondeur. Ces roches se refroidissent au contact de l'eau de mer et se contractent. Avec le temps, le refroidissement affecte une épaisseur croissante et induit une contraction grandissante. La contraction ne peut se faire que selon la verticale et entraîne l'approfondissement progressif du plancher océanique. Les fonds marins se trouvent en moyenne à 2 500 m de profondeur à la verticale d'une dorsale et à 6 000 m au bord d'un océan, en avant d'une fosse de subduction. Ce changement topographique majeur, déjà connu à la fin du XIX[e] siècle, est proportionnel à la différence de température entre l'intérieur et la surface. Dans les océans, on peut relier distance à la dorsale et temps de refroidissement parce que la vitesse des mouvements est connue. Le refroidissement se marque aussi par une variation du flux de chaleur qui s'échappe du plancher océanique. Les mesures de profondeur et de flux de chaleur sont toutefois soumises au « bruit » naturel de l'environnement géologique qui ne peut pas être maîtrisé comme celui d'un laboratoire. Ainsi, un fond marin n'est pas un plan lisse, mais une surface hachée de nombreuses failles et jonchée de petits édifices volcaniques. La profondeur à prendre en compte dans le calcul de la contraction thermique est obtenue en faisant une moyenne et en écartant les accidents du relief : elle ne peut être connue qu'à quelques centaines de mètres près. Les propriétés physiques des roches dans les conditions de pression et de température régnant à l'intérieur de la Terre sont elles aussi connues imparfaitement. Ces incertitudes prises en compte, la température à la base des plaques océaniques est de 1 350 à 100 °C près.

Une autre manière de mesurer la température du manteau terrestre est d'utiliser les laves émises par les volcans, qui proviennent de la fusion des roches de l'intérieur. Une roche n'est pas un corps pur à la température de fusion unique, mais un matériau à plusieurs composants qui fond progressivement sur un intervalle de température. Dans cet intervalle, la fusion est partielle, avec une partie seulement du solide qui est fondue. Magma et solide ré-

PERTES DE CHALEUR

Plus la température interne est élevée, plus le flux de chaleur qui s'échappe du plancher océanique est puissant. Ce flux diminue à mesure que l'on s'éloigne des dorsales (du rouge foncé au bleu).

44 . S&V Hors Série

Les deux extraits iconiques renvoient à deux domaines distincts matérialisés par des concepts différents attestant l'appartenance des chercheurs à une communauté scientifique qui démontre, dans le premier cas, l'instinct des animaux et dans le second, la restructuration de notre planète. Il s'agit de deux perceptions du monde extérieur finement corroborées par l'image et cherchant à mettre en exergue l'importance du circuit argumentatif dans le discours scientifique.

Dans ce cas, le sens de l'énoncé se dégage du visuel. C'est dans ce sens qu'on peut évoquer la sémiologie conçue comme l'étude des signes et puisque l'image est un signe, elle obéit à des codes facilitant sa lecture en termes d'énoncés. Le corpus de la revue « sciences et vie » présente une avalanche de codes qui orientent la lecture de l'illustration. On peut prendre l'exemple tiré de la revue n° 1110 (mars 2010), page 16 où on voit que l'image occupe un grand espace, ce qui traduit parfaitement sa grande valeur rhétorique. Le code iconographique montre que les travées vues sur l'image manifestent des rapports quasi-étroits avec l'œuvre d'art qui se présente comme un tableau révélateur d'une réalité vécue : il s'agit d'une découverte en 2002 des empreintes fossiles d'un tétrapode par des paléontologues. Cette image met en œuvre aussi le code linguistique dans la mesure où elle peut être lue par le biais des mots ou code verbal. On peut la lire aussi : « les empreintes de tétrapode dépassent le temps et restent mal datées ».

PALÉONTOLOGIE

Ces traces de tétrapode ont défié les âges

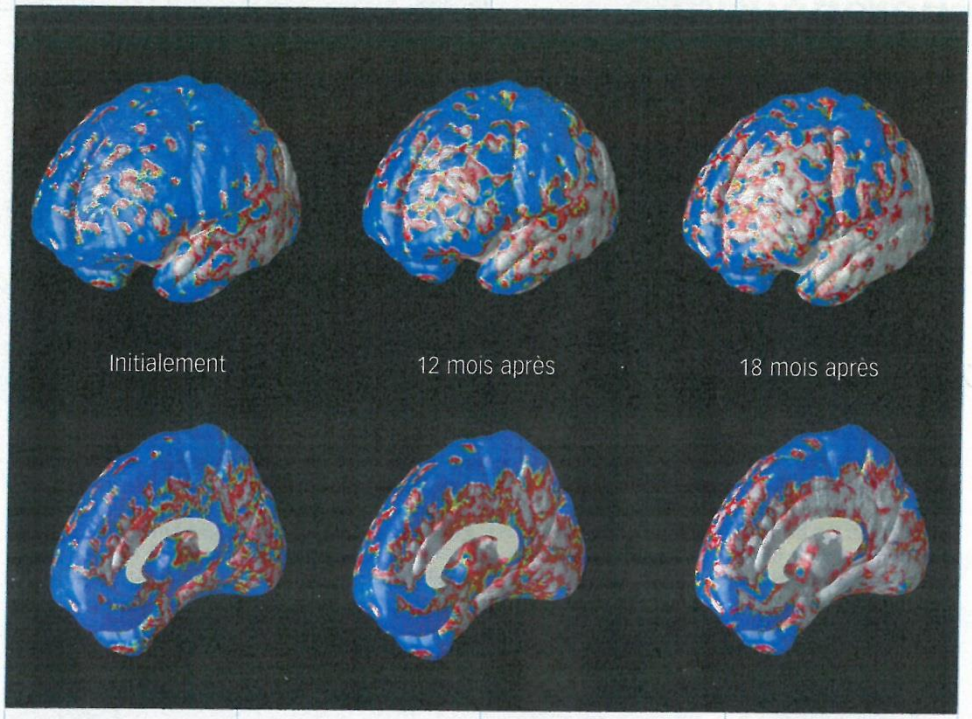
Trouvées en 2002, ces empreintes fossiles d'un tétrapode n'avaient pu être datées précisément à l'époque. Réexaminées, elles s'avèrent les plus anciennes répertoriées: 395 millions d'années!

Il y a 395 millions d'années, un tétrapode foulait le sol de ce qui est aujourd'hui la Pologne. L'animal, ressemblant à une grosse salamandre de 2 m de long, a laissé de nombreuses empreintes derrière lui: les plus anciennes jamais observées à ce jour! Une équipe de chercheurs polonais a fait cette découverte en 2002, mais rapidement, des doutes sur la datation et la forme de ces traces sont apparus, si bien qu'elles ont failli tomber dans l'oubli… Aujourd'hui sûrs de leurs résultats, les scientifiques osent remettre en cause une histoire que l'on croyait bien connaître! Tout d'abord, ces empreintes battent de 18 millions d'années l'ancien record de traces de tétrapodes, sur l'île de Valentia, au sud-ouest de l'Irlande, et de 10 millions d'années les plus anciens fossiles connus d'elpistostégaliens. Problème: ces gros poissons ressemblant à des crocodiles, avec quatre nageoires osseuses à la place des pattes, étaient jusqu'ici considérés comme les ancêtres directs des tétrapodes. Ces deux espèces seraient donc plutôt cousins, et les recherches se dirigent désormais vers un ancêtre commun encore plus vieux. Seconde surprise: l'endroit où les traces ont été découvertes était, à l'époque, une plage boueuse bordant une mer intérieure. Or, depuis le XIXe siècle, on pensait que les premiers tétrapodes avaient débarqué sur la terre ferme depuis les grands réservoirs d'eau douce, là où la majorité des fossiles et des empreintes avaient été retrouvés: ainsi l'île de Valentia, aujourd'hui entourée d'eau salée, était autrefois une terre de lacs et de deltas de rivières. Nul doute que désormais la grande majorité des fouilles se dirigeront vers les anciennes terres marines… P.O.



> C'est une sorte de salamandre longue de 2 m qui a laissé ces traces fossiles.

En outre, sur l'image de la revue 1027, page 27, le code morphologique est mis en valeur à travers l'image, le réseau de points, de tâches, de lignes, de surfaces colories, ainsi que les rapports entre les éléments existants pour montrer l'évolution chronologique de la maladie d'Alzheimer (initialement, 12mois, 18 mois). La forme de l'image est éloquente, elle reflète les dix zones cérébrales affectées l'une après l'autre.



LONI/UCLA

NEUROLOGIE

Une vidéo a filmé l'évolution de la maladie d'Alzheimer

Un nouveau procédé, associant vidéo et imagerie cérébrale, montre la progression de la maladie d'Alzheimer dans le cerveau de patients vivants.

Grâce à la technique d'Imagerie à résonance magnétique nucléaire (IRMN), des neurologues des universités de Californie, à Los Angeles, et de Queensland (Australie), ont créé la première vidéo montrant comment la maladie d'Alzheimer détruit peu à peu le cerveau. C'est un grand progrès par rapport aux techniques classiques basées sur l'examen de cerveaux de patients décédés ou d'animaux de laboratoire. *"Pour la première fois, on observe la progression de la maladie in vivo, et cela va permettre de suivre les effets des traitements et d'identifier précocement les personnes à risque"*, s'enthousiasme Paul Thompson, chef de l'équipe australo-américaine. Pour ce faire, douze patients, âgés en moyenne de 70 ans, ont été suivis pendant 18 mois à partir du moment où leur maladie a été diagnostiquée. Les séquences vidéo montrent comment la maladie progresse de l'hippocampe, région impliquée dans la mémorisation, vers le cortex temporal puis associatif, siège des fonctions intellectuelles supérieures, et enfin vers le cortex visuel, soit au total dix zones cérébrales différentes, inexorablement touchées l'une après l'autre.

La maladie d'Alzheimer, inconnue il y a un siècle, gagne du terrain, du fait de l'augmentation de l'espérance de vie. A ce jour, la France compterait 350 000 malades environ, essentiellement parmi les personnes de plus de 85 ans, et 110 000 nouveaux cas apparaîtraient chaque année. **P.R.**

^ **Voici la progression de la maladie (zones saines en bleu, lésées en rouge). Ici, elle a gagné en 18 mois les parties externe (en haut) et interne du cerveau.**

Sur l'image prise de la revue n°234, pages 116-117 montrant un fœtus à sa 35ème semaine de gestation, capable de percevoir les sons graves et les sons aigus, on assiste au code tonal, au niveau verbal beaucoup plus qu'au niveau de l'image, du fait qu'il s'agit de prendre en charge à la fois l'intonation et l'expressivité. Le scientifique parle de l'univers sensoriel dans lequel évolue le fœtus tout en marquant son étonnement par un point exclamatif lorsqu'il s'agit de la voix de la maman qui reste la mieux entendue que toutes les autres parce qu'elle n'est pas atténuée par le passage de l'air à l'eau, à moins qu'elle chuchote !

Sur un autre plan, le code est illustré par l'emploi de figures qui renvoient à la symbolique de l'image. On trouve dans la revue 1075, page 73, le schéma du cerveau et plus précisément le noyau suprachiasmatique des mésanges (espèce d'oiseaux) conçu comme étant l'horloge régulée par la lumière afin d'identifier la notion du temps (jour/nuit) en précisant la durée de l'exposition à la lumière et celle à l'obscurité. Il s'agit d'une métaphore dont le métaphorisant est l'horloge et le métaphorisé est la zone suprachiasmatique.

L'image de la revue 1027, p. 27 est une représentation du cerveau humain, multipliée six fois pour mettre en relief l'évolution de la maladie d'Alzheimer à travers l'emploi d'une figure d'insistance, en l'occurrence la gradation. Cette figure est présentée avec un gros plan. Il s'agit de l'accumulation des indices cliniques de cette maladie.

Grosso modo, nous constatons que le code rhétorique présent dans l'illustration au niveau du discours scientifique est tout à fait compatible avec la visée argumentative. Les écarts rhétoriques sont à double tranchants puisqu'ils servent à créer une force expressive et fonctionnent comme un outil d'argumentation complémentaire. Si l'image est universelle, sa lecture est restreinte par l'interprétation des codes utilisés, elle dépasse le visible pour

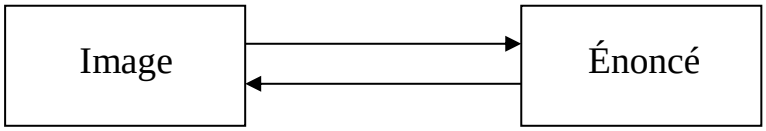
obéir aux contraintes socioculturelles, à la situation d'énonciation ; ce qui revient à dire que l'interprétation de l'image comme outil argumentatif au niveau du discours scientifique est indissociable du contexte auquel elle est rattaché pour le soutenir et l'illustrer.

Il est à noter également que le signe iconique et le signe linguistique, dans ce type de discours, manifestent une différenciation résultant du principe de succession. Si l'information, assurée par le biais du code verbal, se fait par l'enchaînement d'un certain nombre d'unités expliquant le caractère essentiellement séquentiel et successif du modèle linguistique, la transmission ou la visée du message iconique, notamment dans le discours scientifique, s'accomplit par l'appréhension simultanée des unités formant un tout coexistant dans un même espace et qui font que l'information se fait d'un seul coup. Dans les exemples iconiques du corpus, l'image assure la fonction de clarification et d'élucidation du texte, c'est un guide bienfaisant qui permet de restreindre l'interprétation de l'énoncé linguistique.

Dans ce sillage, GREIMAS parle de catégories sémantiques redondantes ou « *isotopies* »[217] prédominantes dans l'image et qui se trouvent illustrées par le texte, de même que ce trait de redondance se situe aux deux niveaux de l'interprétation iconique dénotatif (ce qu'on voit) et connotatif (ce qu'on comprend). Dans l'énoncé du discours scientifique, l'image joue, avant tout, un rôle illustratif, elle a une fonction référentielle contiguë à celle du message linguistique. Dans cette perspective, l'image est conçue comme un moyen qui permet de faciliter l'accès au texte dans la mesure où les explications qu'elle suscite guident l'interlocuteur dans sa manière de saisir le sens global de l'énoncé. En d'autres termes, l'image devient le support visuel du texte, c'est-à-dire le rapport entre le signe iconique et le signe linguistique forme une sorte de solidarité fondée sur un double rapport image/énoncé et

[217]A. GREIMAS, Ibid., 1976, p.28.

énoncé/image duquel doit résulter une bonne lecture de l'énoncé scientifique à caractère argumentatif. Ce rapport peut être schématisé ainsi :



On comprend dès lors que l'illustration joue un rôle prépondérant dans la structure argumentative dont l'énoncé scientifique fait preuve. Barthes écrit à cet égard : « *l'image double-t-elle certaines informations du texte par un phénomène de redondance, ou le texte ajoute-t-il une information inédite à l'image ?* ».[218]

[218] R. BARTHES, « Rhétorique de l'image » in *Communications 4*, Recherches sémiologiques, Paris, Seuil, 1964, p. 43.

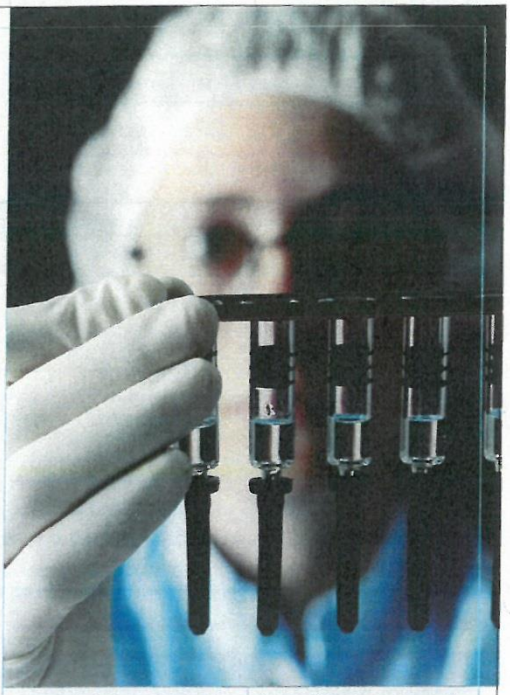
IMMUNOLOGIE

Le sida a peut-être trouvé un vaccin thérapeutique...

En réveillant l'immunité de séropositifs, attaquée par le virus, un vaccin-médicament a donné des résultats encourageants. Bientôt la fin des multithérapies et de leurs effets secondaires ?

Très encourageants mais préliminaires. Ainsi sont jugés les résultats de deux essais cliniques d'un vaccin thérapeutique contre le sida, menés par des équipes françaises de l'Agence nationale de recherche sur le sida (ANRS). Une première mondiale présentée lors de la 10e conférence américaine sur les rétrovirus et les infections opportunistes, en février dernier, à Boston. Encourageants, car ils prouvent que le concept d'un vaccin thérapeutique, administré à des personnes déjà infectées, fonctionne. Préliminaires, car les chercheurs manquent de recul pour évaluer le réel bénéfice de cette approche. Le principe ? "*Rendre la mémoire à un système immunitaire amnésique*", résume Yves Lévy, coordinateur de l'un des essais, baptisé Vaccil-2. Les traitements actuels contre le VIH arrivent souvent à rendre le virus indétectable dans le sang. Revers de la médaille : le système immunitaire des patients, n'ayant plus de contact avec le VIH, oublie littéralement à quoi ressemble ce redoutable intrus.

Les deux essais cliniques, Vaccil-2 et Vacciter (un troisième, Primovac, testé sur des patients ayant commencé une multithérapie peu après avoir été infectés, est toujours en cours), visaient à lui rafraîchir la mémoire grâce à l'Alvac, une préparation vaccinale réalisée à partir du virus de la vaccine du canari (canarypox), non pathogène pour l'homme. Fabriquée par Aventis Pasteur, cette préparation a été injectée, à intervalles réguliers, à 81 patients traités par une désormais classique multithérapie, qu'ils ont interrompue à l'issue des injections. Dans l'essai Vaccil-2, la moitié des patients ont reçu de l'Alvac associée à de l'interleukine 2 (IL-2), substance qui stimule les défenses immunitaires. L'autre moitié constituait un groupe dit "contrôle". Résultat, selon Yves Lévy : "*60 % des vaccinés avaient développé de nouvelles réponses immunitaires contre le VIH, contre seulement 25 % des non-vaccinés.*" Les résultats de l'essai Vacciter, réalisé sans groupe contrôle et n'associant pas d'IL-2, sont comparables. Dans les deux cas, plus de trois mois après les deux essais, environ 25 % des sujets vaccinés pouvaient se passer de tout traitement. Un bilan prometteur mais provisoire qui reste à confirmer sur le long terme. "*Nous saluons ces résultats mais il est hors de question de tomber dans un optimisme béat*", tempère, lucide, Maxime Journiac, du collectif d'associations de lutte contre le sida, TRT-5. **F. D.**



▲ **Le vaccin thérapeutique, mis au point par l'Agence nationale de recherche sur le sida, pourrait être disponible d'ici trois à cinq ans.**

AVENTIS PASTEUR

... MAIS LE VACCIN PRÉVENTIF EST UN ÉCHEC

La société américaine Vaxgen vient de présenter les résultats de son vaste essai clinique d'un vaccin préventif, l'Aidsvax, mené aux Etats-Unis, au Canada, à Porto Rico et aux Pays-Bas. Deux groupes de 3 000 séronégatifs chacun avaient été constitués. L'un des deux groupes a reçu le vaccin, mais pas l'autre. Bilan trois ans après : la baisse des infections parmi les vaccinés n'était que de 3,8 %. "*Cela ne me surprend pas*", commente Pierre Sonigo, de l'Institut Cochin, à Paris. Les chercheurs savent en effet depuis des années que les vaccins comme l'Aidsvax, constitués de protéines de surface du virus (ici la gp120), induisent difficilement une protection.

> JARGON

Vaccin préventif : son objectif serait de protéger des personnes saines de l'infection par le VIH.
Vaccin thérapeutique : il fonctionne sur le même principe que le vaccin préventif mais s'adresse à des sujets infectés. Son objectif est de renforcer leur système immunitaire.

En réponse à ce questionnement, l'image de la revue 1027, p. 28, confirme l'idée de dédoublement du sens dont parle Barthes : elle présente visuellement un chercheur biologiste en phase d'expérimentation d'un vaccin thérapeutique contre le sida et l'exprime aussi par le texte.

L'image s'exprime dans le silence, elle manifeste une productivité signifiante au niveau de son interprétation en termes d'énonciation, et du coup l'image devient un dispositif de signes déposés successivement où l'interlocuteur puise le sens pour comprendre le message. Nous avons pu confirmer que l'illustration dans l'énoncé scientifique est commandée par des codes iconographiques qui constituent les règles de fonctionnement du mécanisme argumentatif puisque l'image ne contredit pas le texte de l'énoncé. Les deux sont reliés par une fonction référentielle qui y assigne son pouvoir expressif.

R. BARTHES écrit dans cette optique que « *le message linguistique guide non plus l'identification, mais l'interprétation, il constitue une sorte d'étau qui empêche les sens connotés de proliférer […] vers des régions trop individuelles (c'est-à-dire) qu'il limite le pouvoir projectif de l'image* ».[219]

Le code iconographique dans le discours scientifique joue un rôle prioritaire à côté du texte de l'énoncé dans la mesure où il s'agit d'un discours combiné et dont la valeur énonciative doit être dégagée des deux composantes. Le chercheur scientifique devient comme un opérateur textuel et iconographique qui accomplit un travail de composition d'une réalité. F. BASTIDE écrit à ce propos : « *un article scientifique constitue un tout unique* »[220] l'image dans le discours scientifique est une image énonciative car il ne s'agit pas de voir mais d'analyser le système visuel avec ses composantes linguistiques et énonciatives.

[219] R. BARTHES, Ibid., p.44.
[220] F. BASTIDE, « Iconographie des textes scientifiques. Principes d'analyse », in *Culture* 14, 1985, pp. 132-151.

a/ La composante linguistique de l'image dans le discours scientifique

Dans l'énoncé scientifique, l'image est une configuration textualisée étant donné qu'elle possède des éléments d'ordre linguistique facilitant sa lecture, en termes d'énonciation, comme l'aspect rhétorique placé sur l'icône et confirmé par le texte. C'est ainsi que les transformations au niveau de l'image ainsi que son aspect successif permettent d'élargir sa dimension linguistique (interpréter l'image à travers des mots) et argumentative (en relation avec la nature de l'image dans le discours scientifique).

L'image dispose d'une composante linguistique dans la mesure où elle met en œuvre l'expérience pertinente pour la composition de l'objet de recherche en expérimentation ; ce qui permet à l'interlocuteur de délimiter et de focaliser à travers la mise en relation de la modalisation du « voir » et du « savoir ». Cette modalisation permet aux interlocuteurs d'établir des opérations sur l'énoncé en image comme inclure/exclure au niveau de l'interprétation. Le lecteur peut intégrer certains éléments et en reléguer au second plan d'autres.

b/ La composante énonciative de l'image

Dans le discours scientifique, l'image a aussi une valeur énonciative du fait que le sens de l'énoncé résulte de la prise en compte des paramètres situationnels dont l'agencement donne lieu à l'interprétation de l'image. La valeur énonciative de l'image dans le discours scientifique est centrée sur l'aspect argumentatif, cependant, elle n'est jamais interprétée isolément, mais en rapport avec le texte car le parcours visuel de l'image est inséré dans un contexte qui se trouve appuyé par le code verbal, les traces visuelles légitiment aussi l'argumentation.

La rhétorique visuelle a été pleinement traitée par les sémioticiens comme RASTIER. L'image dans le discours scientifique possède un contexte de réception ce qui justifie encore sa valeur énonciative. L'interlocuteur doit, à partir des indices iconiques, reconstituer la signification de l'image qui doit aller vers la même interprétation de l'énoncé verbal. La rhétorique de l'image a aussi une référence à son genre, à sa tonalité et à son expressivité, car on doit marquer la différence entre le point de vue visuel « d'où l'interlocuteur voit », et le point de vue identitaire « d'où l'interlocuteur s'exprime ». Voyons donc que le code iconographique joue un rôle crucial dans la réception du discours scientifique ; ce qui mène à dire que l'interprétation de ce type de discours reste tributaire de la conjugaison des deux codes verbal et visuel, c'est pourquoi, il est nécessaire de partir de la situation d'énonciation conçue comme la grande pourvoyeuse de l'interprétation du discours.

LATOUR écrit à cet égard : « *l'image est un médiateur à travers lequel la référence se déploie, se transforme, se précise en réponse aux questionnements et aux hypothèses formulées par les scientifiques* ».[221] On comprend dès lors que l'image constitue un objet scientifique confirmé par des expériences. L'illustration devient un élément essentiel dans le décodage du discours scientifique, elle assure et restreint le sens de l'énoncé verbal. Les deux sont en rapport dialectique, ils marchent de pair et deviennent indissociables pour alimenter la visée argumentative à laquelle aspire le discours scientifique.

II-1-8 Conclusion

En résumé, il était question dans ce chapitre de présenter une classification des sciences en sollicitant leurs objets d'étude et leurs objectifs assignés dès le départ.

[221] Bruno LATOUR et Emilie HERMANT, Paris *ville invisible*, Paris, La Découverte, 1998, p.53

Devant une palette de propositions de disciplines, elles se veulent toutes soucieuses du phénomène à étudier et surtout de la manière dont il sera diffusé. C'est ainsi que la langue intervient pour véhiculer les contenus des disciplines tel que le discours de vulgarisation scientifique.

Il était constructif de situer ce genre discursif par rapport à une référence bien précise qui est la revue « Science et vie », un magazine mensuel dont la finalité est d'accompagner les avancées scientifique et technologique et contribuer à leur vulgarisation. Cette revue nous a fourni une sélection d'occurrences qui a servi d'appui pour identifier, en général, les caractéristiques linguistiques du discours scientifique.

Entre les types de phrases, les marques de la modalisation, le lexique et le code iconographique, l'intérêt était de mettre en valeur la relation qui existe entre toutes ces spécificités linguistiques et l'enjeu de diffuser les connaissances scientifiques. Cet enjeu se cristallisera davantage quand nous interrogerons le pronom « ON » dans le chapitre ci-après pour trouver le (s) sujet (s) responsable(s) de la transmission du savoir scientifique.

Chapitre 2 : le fonctionnement de « ON » dans le corpus

II-2-1 Introduction

Dans tout discours et comme il a été antérieurement cité, il existe une série d'éléments, où le locuteur se définit comme sujet et engage sa responsabilité, ces éléments ne prennent sens que dans l'acte d'énonciation.

Parmi ces indices, nous citons le « ON » que nous souhaitons appréhender dans un genre discursif bien précis, en l'occurrence le discours scientifique vulgarisé.

Le « ON » élément composé de deux lettres juxtaposées, concis mais dense, n'a cessé d'intriguer grammairiens et linguistes vu son caractère à la fois malléable et insaisissable. Morphologiquement immuable, le « ON » peut avoir plusieurs significations différentes dans le même énoncé. Claire Blanche-BENVENISTE élucide la polysémie de « ON » dans une phrase tirée d'une conversation entre un banquier et une cliente qui veut savoir à quelle date son chèque va être encaissé, en lui répondant ainsi : « *ON le renvoie comme ça et puis ON nous le renvoie comme ça* ».[222]

De toute évidence, il s'agit du même « ON », sauf que la première occurrence réfère à « nous » (la banque), quant à la deuxième renvoie à «eux» (le centre de traitement des chèques). Visiblement, la cliente a compris ce que signifient les deux « ON ». Cet exemple met au premier plan l'ubiquité de «ON » dans le français parlé, c'est-à-dire le langage oral, et révèle à la fois son rapport avec les autres pronoms. Du moment que l'étude minutieuse de ces aspects s'avère la pierre angulaire de notre travail, nous présentons un bref historique sur « ON » et sa classification dans des travaux antérieurs.

[222] Claire Blanche-BENVENISTE « Le double jeu du pronom « ON » in *La syntaxe raisonnée* de Pascal HADERMANN, Ann VANSLIJEK et Michel BERRE, Bruxelles, Duculot, 2003, p. 43.

II-2-2 L'histoire du pronom « ON »

Le « ON » est d'origine nominale, il est dérivé du mot latin « homo » qui signifie « homme ». Dans des anciens Dictionnaires [223] et références, nous trouvions « *l'homme dit* » pour « *l'on dit* » ou bien « *l'hom dit, l'om fait* » pour « *l'on dit, l'on fait* ». Or, le français moderne a réfuté la conception de « ON » comme un nom, étant que ce dernier ne peut remplir les trois fonctions d'un nom : sujet, objet et attribut.

Ainsi, le « ON » a été soumis à une pronominalisation pour apparaître en position de sujet grammatical. Gustave GUILLAUME le souligne dans ses «Leçons de linguistique » en affirmant que « *ON est en langue un mot sujet, incapable en discours de recevoir une autre fonction »*[224]. Et pour mettre en exergue le retrait de « ON » de la catégorie nominale et intégrer celle du pronom, il ajoute : «*j'ai montré que « ON » est en réalité tout simplement un nom qui, à un moment historique donné (celui où le français moderne devient ce qu'il va être), cesse de satisfaire aux conditions de définition qui sont celles de la catégorie nominale. Il est par là contraint de se retirer de cette catégorie, et c'est ce retrait qui en fait un pronom. Ne pouvant plus être un nom, il devient pronom*».[225]

Placé dans la catégorie des pronoms, le « ON » sera confronté à un problème de classification vu qu'il se trouve syntaxiquement apparenté aux pronoms personnels et sémantiquement aux pronoms indéfinis. Faudrait-il, donc, le considérer comme un pronom personnel, un pronom indéfini ou les deux ?

---

[223] Thresor de la langue francoyse de 1606 (TLF).
Le Dictionnaire critique de la langue française de Jean François FERAUD de 1787 – 1788 (DC).
Le Dictionnaire de l'Académie Française (DAF).

[224] Gustave GUILLAUME, *Leçons de linguistique*, série C. Québec, Presses de l'Université Laval, 1982, P. 101.

[225] Op. cit., p. 143.

II-2-2-1 « ON » dans les dictionnaires

Dans un cadre général, le Dictionnaire de l'Académie Française considère « ON » comme pronom personnel indéfini qui désigne le pluriel ou qui renvoie aux éléments indéfinis « quelqu'un » ou « quelqu'une ».

« *Il le restera jusqu'à la 8ème édition (1932 – 1985) où ce pronom est qualifié de pronom masculin indéfini, mais toujours avec la même fonction d'indiquer d'une manière générale une ou plusieurs personnes*»[226], ce qui laisse à remarquer une nette évolution dans la détermination du genre de ce pronom.

Par ailleurs, le Dictionnaire critique de la Langue Française (DC) de Jean François FERAUD précise que le pronom « ON » est un pronom général qui marque la troisième personne de manière indéterminée, mais il peut également renvoyer à « je » et à « nous ».

Ex : « On vous a téléphoné » qui peut être remplacé par « je vous ai téléphoné» ou « nous vous avons téléphoné ».

Plus tard, le pronom « ON » finira par remplacer « tu », « vous », « il », «elle », « ils », « elles ». On note aussi que son emploi peut relever du niveau familier pour marquer la modestie et pour éviter de parler de soi à la première personne, ou tout simplement pour faciliter la conjugaison.

Sur la base de points de vue des grammaires, nous procédons à l'analyse du statut grammatical complexe du pronom « ON » reconnu comme indéfini pour les uns et personnel pour les autres.

[226] Kjersti FLØTTUM, Kerstin JONASSON, Coco NOREN, Ibid., 2007, P. 9.

II-2-2-2 « ON » dans le « Bon usage »

Selon GREVISSE, « ON » est un pronom indéfini qui renvoie à la troisième personne du singulier et ne remplit que la fonction du sujet. Il souligne que « *ON désigne parfois une ou plusieurs personnes bien déterminées et prend ainsi par syllepse de la personne la valeur des pronoms personnels je, tu, nous, vous, il(s), elle(s). Il traduit alors la modestie, la discrétion, l'ironie, le mépris, l'orgueil, le reproche, etc.* ».[227]

Ex : **Vous ne méritez pas l'amour qu'on (= je) a pour vous.**

<u>Occurrence 9</u> : **« <u>On</u> (= nous) sait qu'une dorsale océanique est l'endroit où les roches du manteau sont emmenées vers la surface par un courant de convection ».**

<u>Occurrence 120</u> : **« Aujourd'hui, sûrs de leurs résultats, les scientifiques osent remettre en cause une histoire que l'<u>on</u> (= ils, scientifiques) croyait bien connaître ».**

Quand « ON » s'applique à une femme, l'adjectif qui le qualifie se met au féminin par syllepse du genre et quand il indique plusieurs individus, l'adjectif qui s'y rapporte se met au pluriel par syllepse du nombre.

<u>Occurrence 163</u> : « **Les obstétriciens ont prôné la césarienne quand <u>on</u> est séropositives ».**

Partant de cet exemple, GREVISSE souligne que « *ON, dans la pensée, se substitue à nous* »[228] (les autres + moi) ou à « vous » (spécifiquement dans cette occurrence : les autres), mais le verbe reste au singulier.

Dans les mêmes circonstances, le participe passé des verbes pronominaux ayant pour sujet « ON » s'accorde aussi au pluriel.

[227] M. GREVISSE, Ibid., 1975, p. 555.
[228] Ibid., p. 556.

Par contre, lorsqu'il « *faut exprimer un pronom personnel complément renvoyant à « ON » […], ON se sert de « nous » (quand le locuteur se met dans la collectivité), ou de « vous » (quand le locuteur s'efface et ne se met pas dans la collectivité). Le régime réfléchi est naturellement se ou soi* ».[229]

<u>Exemples</u> : « qu'<u>on</u> haïsse un ennemi quand il est près de <u>nous</u> ».

« Quand <u>on</u> se plaint de tout, il ne <u>vous</u> arrive rien de bon ».

Le point de vue de GREVISSE est concis concernant l'usage du pronom «On » après « et, ou, qui, quoi, si » : l'usage de l'euphonie exige l'emploi de « L'On » après ces monosyllabes quand le pronom n'est pas immédiatement suivi de « le, la, les, leur ». « L'On » est également fréquent « *en tête d'une phrase ou d'un membre de phrase*».[230]

Bref, la forme « L'On » demeure une forme de style élégante qui relève de la langue écrite pour remplacer le « ON » de la langue parlée. Elle n'est nullement obligatoire mais elle est recommandée dans un écrit soigné. (Ex : **il faut assumer ce que <u>l'</u>on dit**).

II-2-2-3 « ON » dans « La grammaire structurale du français »

Dans son approche structuraliste, Jean DUBOIS range le « ON » dans le paradigme des pronoms personnels et prend la position de « sujet grammatical ». Toutefois, il est considéré comme la négation du système personnel JE – NOUS – VOUS puisqu'il nie les personnes et ne comporte aucune marque de genre ou de nombre.

« *La fonction de « ON » est de se référer d'abord à tout ce qui n'est pas « je » et « tu », « nous » et « vous », c'est-à-dire à ce qui ne s'identifie pas avec*

[229] Ibid., p.556.
[230] Ibid., p. 557.

les interlocuteurs pris séparément ou en groupe ».[231] DUBOIS insiste sur l'affinité qu'a le pronom « ON » avec « IL » : dans un syntagme verbal, il entretient les mêmes rapports syntaxiques que ceux du pronom « IL ». Autrement dit, il ne marque pas les relations du genre et du nombre, c'est dans cette perspective que l'auteur souligne que « *ON ne comporte pas de marques de genre et de nombre, il peut en effet se substituer à IL ou ILS, ELLE ou ELLES ou se réfère, donc, à un syntagme masculin ou féminin singulier ou pluriel. Cependant, il ne se substitue qu'aux seuls mots de la classe des « animés » qui connaissent justement l'opposition de genre. Il s'apparente en ce cas au segment « quelqu'un » avec lequel il peut commuter dans certaines positions, ou à « personne », avec lequel il commutera dans les phrases négatives. On constate que « personne » et « quelqu'un » sont des substituts d'« animés » opposés à « rien » et à « quelque chose », substituts d' « inanimés ».*[232]

A la base de ce critère, DUBOIS conclut que « ON » n'est pas un pronom indéfini, comme l'ont classé les grammairiens traditionnels, parce qu'il n'a pas les mêmes distributions que tous les pronoms dits indéfinis, et par conséquent, cette classification est arbitraire.

Contrairement à GREVISSE qui qualifie « L'ON » de forme euphonique, Jean DUBOIS la caractérise de forme emphatique. La forme « L'ON » que « *les grammairiens classiques appellent une f*orme *« euphonique » n'est pas une variante combinatoire dont l'emploi serait limité et qui se placerait en particulier après « si » et « que ». En effet, la langue commune l'ignore totalement et on la trouve à toutes les places occupées par « ON ». Elle joue le rôle d'emphase dans la langue écrite ou soutenue. Chaque fois*

[231] Jean DUBOIS, *Grammaire structurale du français, nom et pronom,* Paris, Larousse 1965, p. 113.
[232] Ibid., pp. 112 – 113.

que le style s'écarte de la norme usuelle de la langue parlée, la forme « L'ON » devient plus fréquente ».[233]

II-2-2-4 « ON » dans la grammaire du français classique et moderne

WAGNER et PINCHON attestent que le pronom « ON » a un statut particulier. A l'instar de GREVISSE, ils soulignent que le « ON » ne peut être que sujet et jouit des mêmes propriétés que celles des autres pronoms personnels. «On » réfère à une personne mais sous un aspect indéterminé.

Plus précisément, le « ON » peut désigner une ou plusieurs personnes dont on ne veut pas communiquer l'identité. Ex : **On est venu te voir.** (quelqu'un). Comme il peut désigner plusieurs personnes ou un ensemble de personnes d'une même collectivité. Ex : **On a souvent besoin d'un plus petit que soi.** Là, le « ON » renvoie à la personne du locuteur qui peut être remplacé par « tout un chacun » (y compris moi).

Par ailleurs, ces auteurs soutiennent l'idée que le pronom « ON » peut exprimer une valeur affective du moment qu'il peut être substitué à tous les pronoms sujets grammaticaux et pour aussi « *traduire la distance qu'un locuteur veut établir entre lui et autrui ou pour souligner un sentiment d'ironie, d'affection, de mépris, de froideur ou d'orgueil ».*[234]

L'accord en genre et en nombre des attributs de ce pronom dit « indéfini » se fait par référence à la personne ou aux personnes auxquelles se rattache « ON ». Autrement dit, si « ON » désigne une personne du genre féminin, l'attribut prend la forme du féminin (ex : **On est contente (une femme**). S'il renvoie à plusieurs personnes, l'attribut se met au pluriel masculin ou féminin selon l'emploi en question (ex : **On est satisfaits (groupe de jeunes**

[233] Ibid., p. 114.
[234] R. L. WAGNER et PINCHON, *Grammaire du Français classique et moderne*, Paris, Editions Hachette, 1962, p. 203.

garçons). Quant au possessif de «ON », il est le plus souvent « son » quelle que soit la personne.

II-2-2-5 Le point de vue de la grammaire moderne de Patrick CHARAUDEAU

CHARAUDEAU accorde une grande importance aux personnes à tel point qu'il leur réserve tout un chapitre « la personne et les pronoms personnels », et où il rappelle que les pronoms personnels constituent une partie du discours.

Leur catégorie conceptuelle est de deux instances :

- ❖ Une instance d'interlocution qui valorise la relation locuteur/interlocuteur dans une situation de communication bien précise et qui s'exprime par les marques grammaticales je/tu, moi/toi, nous/vous.
- ❖ Une instance de délocution qui réfère à « il » qui ne désigne pas. C'est un tiers identifié par le contexte ou l'antécédent et qui, par conséquent, devient déterminé par le locuteur et l'interlocuteur. Le « ON » est, également, rangé dans les personnes de la délocution tout en étant indéterminé. Il peut renvoyer à :

⊙ Un tiers unique dont le sens peut être remplacé par « quelqu'un ».

Exemple : « On parle → quelqu'un parle ».

⊙ Un tiers multiple qui est anonyme pour le locuteur (les gens), comme il peut être un sous-ensemble d'une totalité (des gens).

Occurrence 27 : « Comment prévenir l'excès de vitesse quand on ne fait pas confiance au conducteur ? ».

⊙ Un tiers collectif pris dans un sens de généralisation (= tout le monde).

Exemple : « **On doit respecter ses parents** ».

⊙ Nous : locuteur multiple. CHARAUDEAU précise que « ON » renvoie à un locuteur multiple (locuteur + interlocuteur(s) ; locuteurs + tiers, locuteur + interlocuteur(s) + tiers, ou locuteur + autre(s) locuteur(s) ».[235]

Occurrence 24 : « ON y voit un jeune homme dans une galerie qui regarde une estompe représentant un port ».

Exemple : **« Mon père, ma sœur, ma mère et moi, on regardait les bateaux ».**

Quant au genre et au nombre le « ON » est considéré comme neutre parce qu'il a une valeur d'indétermination mais ses participes et ses adjectifs s'accordent si le contexte désambiguïse l'énoncé en référant à une personne de sexe féminin ou au pluriel.

La marque de possession qui se combine à « ON » est généralement « son, sa, ses », mais pour des effets de discours, nous pouvons l'associer également à « notre, nos ».

Exemple : « **Nous avons apporté notre valise → On a apporté notre valise** ».

Par ailleurs, dans la partie « les transferts de personnes », CHARAUDEAU décrit les procédés discursifs comme moyen d'indiquer la personne d'interlocution ou de délocution par la marque d'une autre personne que celle citée dans l'énoncé. Il s'agit de la substitution.

Si « je, tu, il » sont substituables à d'autres personnes, le « ON » en est pareillement et son aspect indéterminé fait que la personne pourrait se confondre avec les autres personnes du même ensemble.

Ainsi, « ON » se substitue à :

⊙ « je » du locuteur avec le procédé d'indétermination.

Occurrence 64 : « ON voit bien des traces de plumes potentielles près des membres postérieurs ».

[235] P. CHARAUDEAU, *Grammaire du sens et de l'expression*, Paris, Éditions Hachette, 1992, p. 130.

Le locuteur, dans cet énoncé, pourrait manifester la modestie comme il pourrait être prétentieux et égocentrique en se donnant de l'importance par rapport à l'ensemble. (Seul le zoologiste peut bien voir des traces de plumes)

⊙ « tu » de l'interlocuteur pour marquer, tantôt une mise à distance, tantôt une dépersonnalisation.

Occurrence 33 : « que peut-on voir dans le ciel de décembre ? »

Occurrence 56 : « Dans un pays développé comme la France, ON ne prend pas un médicament seulement pour soigner une affection pathologique ».

Dans l'exemple 33, l'interlocuteur est mêlé dans la masse de tous les sujets possibles auxquels renvoie le « ON ». Dans d'autres cas, le locuteur pourrait considérer l'interlocuteur comme un être anonyme au sein d'un groupe entièrement visé par une allusion ou un conseil (occurrence 56).

⊙ Un tiers déterminé (il(s), elle(s)).

A ce niveau, le locuteur fait disparaitre l'identité « du tiers » comme s'il était identifié pour privilégier l'anonymat du « ON » ce qui donnerait, parfois, l'effet inverse et suscitera la curiosité de l'interlocuteur pour découvrir « ce tiers mythique ».

II-2-2-6 Le « ON » dans les travaux de REY-DEBOVE, LOFFLER-LAURIAN et ATLANI

Le survol d'autres travaux relatifs au pronom « ON » continue à révéler un désaccord inhérent à son statut. Effectivement, le « ON » a communément été désigné comme pronom indéfini du fait qu'il réfère à un ou plusieurs êtres humains difficilement ou non identifiables. Néanmoins, REY-DEBOVE divise les emplois de « ON » en deux groupes principaux :

a) le « ON » indéterminé, dit non stylistique (collectif ou particulier). A son tour, cet emploi se répartit en quatre groupes :

* Tout le monde ;

* Un groupe sélectionné par les déictiques ou le contexte nominal : « ON » exclusif, « ON » inclusif ou « ON » correspondant à « ils » ;

* Chaque personne, celui qui...

* Quelqu'un, personne encore non identifiée, mais qui a une identité.[236]

b) La deuxième catégorie renvoie à « ON » à valeur stylistique c'est-à-dire en relation avec la personne désignée.

REY-DEBOVE mentionne aussi la relation entre « il » impersonnel et « ON » (On doit… / il faut…, on dirait… / il semble…) comme *« un des caractères spécifiques du français »* et ajoute que *« dans cet emploi, le pronom* « ON » peut *vraiment être qualifié d'indéfini parce qu'il est impersonnel ».*[237]

De sa part, LOFFLER-LAURIAN opère une classification de « ON » en liaison avec le discours du locuteur, particulièrement dans le domaine scientifique (à titre d'exemple les textes de chimie et de physique). Son analyse porte sur les pronoms « je, nous et On ». Cette linguiste prend la maxime « le moi est haïssable » pour écrire :

« D'une manière générale, le français évite absolument la première personne du singulier, emploie le moins possible la première personne du pluriel, et se trouve amené à utiliser toutes sortes de formulations dites impersonnelles, réfléchies ou passives ».[238]

Comme d'autres linguistes, LOFFLER-LAURIAN remarque que le pronom « ON » recèle une palette de significations et une ambiguïté qui lui

[236] J. REY-DEBOVE, *De 'on'à 'je' vers le nom propre : des pronoms personnels en français,* Amsterdam, Radopi, 2001, p. 281.
[237] Ibid., p. 280.
[238] LOFFLER-LAURIAN, A.-M., « L'expression du locuteur dans les discours scientifiques », in *Revue de linguistique romane* 44, 1980, p. 135.

est intrinsèque. Dans sa classification, le « ON » correspond à cinq valeurs distinctes [239]:

1- Valeur généralisante et indéterminée ;

2- « ON » généralisant : tous les autres, à l'exclusion du locuteur ;

3- « ON » représente la source de l'information, l'autorité ;

4- Valeur affective : « ON » c'est l'autre en face du locuteur, en fait un « tu » ou un « vous » ;

5- « ON » pour « nous ».

Pour LOFFLER-LAURIAN, cette dernière valeur caractérise certains écrits scientifiques de telle façon que le pronom « ON » correspond à un « nous » incluant le locuteur.

Quant à ATLANI, par sa prise de position un peu différente vis-à-vis du « ON », elle ne cherche à le réduire ni à un indéfini ni à un personnel en écrivant : *« C'est peut-être en tenant compte de son hétérogénéité que nous pourrons montrer le caractère homogène de cette forme ».*[240] Confrontant le pronom « ON » aux autres pronoms personnels remplissant la fonction de sujet, cette linguiste apporte également la précision suivante : *« Alors que c'est la forme même des pronoms personnels qui permet de comprendre la place des locuteurs dans le procès de l'énonciation, c'est l'interprétation de « ON » qui permet de lui attribuer tel ou tel statut énonciatif ».*[241]

Se référant à la distinction «benvénistienne» personne/non-personne, ATLANI pense que le pronom « ON » peut se conformer à l'une ou à l'autre de ces perspectives. Bien qu'on puisse interpréter, dans certains cas, le

[239] *Ibid.*, pp. 145 – 147.
[240]F. ATLANI, « On l'illusionniste » in F. DANON-BOILEAU L., GRÉSILLON A., LEBRAVE J. L. et SIMONIN J., *La langue au ras du texte*, Lille, Presses Universitaires de Lille, 1984, p. 14.
[241] Ibid., p. 18

pronom « ON » (comme je, tu, etc.) ; ledit pronom conserve *« un caractère singulier puisque l'interprétation se borne à établir une identité de fonctionnement de 'on' »*[242]. A considérer que le pronom « ON » pourrait avoir un fonctionnement similaire aux pronoms personnels *;* en revanche, il n'est pas *« équivalent en langue à ces formes ».*[243] ATLANI ajoute que le pronom « ON » peut effectivement « colorer » un quelconque énoncé de façon différente en comparaison avec un autre pronom personnel dans la mesure où il n'occasionne pas la reconnaissance du locuteur.

ATLANI opère une classification formée de trois « familles du pronom « ON » :

- ceux qui acceptent un *nous* dans l'interprétation ;

  <u>Occurrence 80</u> : **« Si la mer est brassée, on assiste alors à un phénomène d'émulsification »**.
- ceux qui reflètent la « rumeur publique ;
- ceux qui sont proches des anaphoriques.[244]

  <u>Occurrence 129</u> : « <u>Les scientifiques</u> rappellent cependant que les incertitudes restent importantes lorsque l'<u>on</u> tente de faire des projections à l'échelle régionale ».

De façon pertinente, cette linguiste, qui affirme que le « ON » possède un fonctionnement discursif complexe, n'hésite en aucun cas à laisser *« en dernière instance, à l'interlocuteur de choisir l'interprétation qui lui semble la plus pertinente».*[245] Consciente de l'hétérogénéité discursive du pronom « ON », elle ajoute aussi à préciser son homogénéité, en proposant l'hypothèse selon laquelle « ON » constitue « une frontière » entre la personne et la non-personne, entre ce qui est identifiable et non-identifiable. A ce sujet, elle écrit :

[242] Ibid., p. 17.
[243] Ibid., p. 20.
[244] Ibid., p. 19.
[245] Ibid., p. 21.

«On » *serait un terme métalinguistique, apparaissant en surface français, nécessaire à la construction des marqueurs de la personne comme à ceux de la non-personne. « ON » n'est donc pas plus une marque de l'intersubjectivité qu'une marque de l'objectivité, c'est une marque frontière qui permet aux deux domaines d'exister».*[246]

Pour résumer les démarches des grammaires traditionnelle et moderne, nous rappelons que « ON » est confronté à un problème de classification, étant donné que la première grammaire le classe comme indéfini et les grammaires les plus récentes le considèrent comme un pronom personnel. C'est une évolution qui est redevable, d'une part, à la valorisation de l'oral et, d'autre part, à l'usage de plus en plus fréquent de « ON » pour « nous ».

Pour résorber cette tension entre grammaire traditionnelle et grammaire moderne, FLØTTUM propose de nommer le pronom « ON » pronom personnel indéfini « *parce qu'il allie une présence personnelle colorée par l'indéfini et une présence indéfinie colorée par le personnel* ».[247]

Le pronom « ON » a toujours indiqué que le sujet est un animé humain (agent animé) et indéterminé qui remplace n'importe quel pronom personnel, quoique la personne soit parfaitement déterminée dans la pensée du locuteur. Mais au-delà de ces deux valeurs, le « ON » révèle aussi « une valeur affective » qui « *trouve sa justification dans le fait qu'il se substitue à un autre pronom personnel* ».[248]

Cette valeur affective est intimement liée aux verbes constatifs, de jugement ou autres auxquels le pronom « ON » se combine pour exprimer une réserve, une ironie, une supériorité etc. En d'autres termes, c'est l'interaction du contexte lexico-sémantique et discursif qui met en relief la valeur

[246] Ibid., p. 26.
[247] *K*jersti, FLØTTUM. « Les personnes dans le discours scientifique : le cas du pronom on », pp. 5 - 6 http:// ruc. Dk/isok/Skriftserier/XVI-SRK-Pub/KFL/KFL01-FlØttum/
[248] A. GRESSILLON et J. LEBRAVE, Ibid., p. 14.

subjective de ce pronom sans pour autant référer directement et clairement à l'auteur.

II-2-3- « ON » et le contexte social et culturel

Anne REBOUL et Jacques MOESCHLER définissent le discours comme étant *« une suite non-arbitraire d'énoncés »*[249] , de même qu'on peut définir le terme « contexte » comme étant l'ensemble des éléments qui entourent un énoncé. Dominique MAINGUENEAU écrit à cet *égard* que « *tout énoncé, avant d'être ce fragment de langue naturelle que le linguiste s'efforce d'analyser, est le produit d'un événement unique, son énonciation, qui suppose un énonciateur, un destinataire, un moment et un bien particulier ».*[250]

On comprend, alors, que les énoncés qui figurent dans le corpus obéissent, ipso facto, à l'environnement extralinguistique : social, culturel ou idéologique. C'est ce que signifie l'expression « un événement unique ». Il s'agit de production / réception du discours scientifique transmis par un spécialiste et reçu par une infinité de lecteurs. De même que l'environnement linguistique qui organise la construction de l'énoncé constitue un guide à l'interprétation. L'analyse des occurrences suivantes le confirme parfaitement :

<u>Occurrence 4</u> : **« certains scientifiques ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone ni l'eau ne sont nécessaires. Cette idée est convenable, mais elle conduit à la science-**

[249] A. REBOUL et J. MOESCHLER, « Faut-il continuer à faire de l'analyse de discours ? », in *Journal of linguistics no. 16*, Hermes, 1996.
[250] D. MAINGUENEAU et P. CHARAUDEAU, *Analyser les textes de communication*, Paris, Dunod, 1998, p. 535.

fiction et il est difficile de la développer. Du moins difficile tant que l'<u>on</u> n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes ».

<u>Occurrence 12</u> : « Cependant, grâce à Soho, <u>on</u> peut faire des prévisions de « météo solaire à très court terme ».

<u>Occurrence 26</u> : « Ces résultats surviennent alors que l'<u>on</u> étudie de plus en plus le rôle joué par les zones profondes du cerveau dans le fonctionnement des émotions ».

<u>Occurrence 48</u> : « <u>On</u> parle de blackbuster dès que ces produits affichent un milliard d'euros de chiffre d'affaires par an ».

<u>Occurrence 58</u> : « nullement, si l'<u>on</u> additionne toutes ces raisons pour lesquelles un médicament peut se révéler dangereux : effets indésirables, associations néfastes avec un autre médicament, erreurs de prescription… ».

Dans toutes ces occurrences, l'emploi de « ON » est présent dans des domaines différents, avec des concepts différents et dans des contextes différents. En effet, l'occurrence (4) relève du secteur de la physique, les occurrences (26) et (58) appartiennent au domaine de la santé.

Dans le premier cas, les « scientifiques » veulent transmettre et confirmer le caractère de vie convenable sur « la terre » par opposition à d'autres planètes. Il s'agit d'une condition de vérité exprimée sur le plan syntaxique par une concession « mais ». Dans les énoncés (26) et (58), des spécialistes en médecine maintiennent respectivement le rôle du fonctionnement des cavités cervicales et les effets néfastes des prises de certains médicaments en concomitance. L'emploi du superlatif « de plus en plus » et de la conjonction de coordination « alors » dans le premier cas et de « nullement » dans le second confirment encore le pouvoir du cotexte et sa répercussion sur la production discursive. C'est là qu'on peut annoncer que

« *le comportement langagier s'inscrit dans une théorie de l'action».*[251] De même pour l'occurrence (12) qui traite des prévisions météorologiques grâce à un satellite d'observation appelé « Soho » et qui facilite la détection des aléas climatiques. ORRECCHIONI affirme, à ce propos, que « *On cessera donc de définir la langue, à la façon de SAUSSURE, comme un code, c'est-à-dire comme un instrument de communication. Mais on le considérera comme un jeu, ou plus exactement comme posant les règles d'un jeu qui se confond avec l'existence quotidienne ».*[252]

Et de là, le caractère vulgaire du discours scientifique est appuyé par une communauté constituant ainsi le carrefour d'intégration des chercheurs dans des relations humaines, culturelles et idéologiques. Autrement dit, la transmission du savoir ou des vérités scientifiques est envisagé dans le cadre général de la pratique social de la communication. Ce qui revient à dire que le pronom indéfini « ON » dans toutes les occurrences a plusieurs référents selon son appartenance sociale. Céline POUDAT soutient que « *la communauté scientifique est, selon Pierre BOURDIEU, un champ, et le champ scientifique est un marché, le lieu d'une concurrence acharnée dont l'enjeu est le « monopole » de l'autorité scientifique inséparablement définie comme capacité technique et comme pouvoir social ».*[253]

Le pronom indéfini « ON » dans les occurrences analysées devient une entité linguistique précise qui renvoie à l'énonciateur ayant une identité sociale et culturelle. D'ailleurs l'expression « l'autorité scientifique inséparablement, définie comme capacité technique et comme pouvoir social » est fort significative, le pronom indéfini « ON » deviendrait un pronom défini une fois attaché à un énoncé. Dans ce cas, peut-on parler du *« ON » l'illusionniste défini comme « sujet » du substantif (qui) sert à*

[251] R. YAHIA, Ibid., p.
[252] C. K. ORECCHIONI, Ibid., 1999, p. 14.
[253] C. POUDAT, Ibid., p. 52.

désigner d'une manière générale une ou plusieurs personnes » ?[254] à en croire Françoise ATLANI. Il faut donc dire que l'analyse du pronom « ON » est rendue complexe dans la mesure où il y a autant d'emplois, autant de référents et autant d'interprétations, en fait, « *c'est l'interprétation de « ON » qui permet de lui attribuer tel ou tel statut énonciatif* »[255] , selon le statut du locuteur, son appartenance sociale et idéologique ainsi que son domaine de recherche. Dans le même sillage, BENVENISTE affirme que les marques formelles de l'énonciation (les déictiques, la construction syntaxique) ne réfèrent qu'à l'instance du discours. « *Ce sont des marques qui permettent au locuteur de s'inscrire dans la langue par un procès d'appropriation* »[256]. La forme du pronom « ON » est interpellée comme faisant partie du contexte dans lequel elle s'inscrit, comme faisant partie d'un cadre de référence social et culturel.

Il s'avère que le « ON » offre une diversité d'interprétations possibles, compte tenu du contexte linguistique et énonciatif qui illustrent parfaitement l'hétérogénéité du fonctionnement de « ON » dans le discours scientifique. C'est la raison pour laquelle « *le contexte phrastique peut cependant apporter certaines indications qui valent comme contraintes référentielles. Le genre du référent de « ON » peut être identifié, soit par la morphologie […], soit par des aspects sémantiques* ».[257]

Le sens de « ON » dans les occurrences supra est effectué à travers des éléments de type énonciatifs comme l'appartenance du locuteur au contexte social et culturel. On revient ici sur le caractère non arbitraire de l'énoncé. La composante énonciative inscrit l'énoncé dans un domaine scientifique précis et lui octroie sa valeur par rapport aux autres énoncés. Il faudra, donc, faire

[254] A. GRESILLON, Ibid., p. 12.
[255] A. GRESILLON, Ibid., p. 16.
[256] Pour BENVENISTE, cité dans La *langue au ras du texte*, p.26.
[257] Frédéric LANDRAGIN, Noalig TANGUY, « Référence et coréférence du pronom indéfini « ON », in *Langages n°195*, Paris, Larousse, 2014, pp. 99-115.

l'effort de considérer l'énoncé avec l'emploi de « ON » comme une occurrence qui possède un sens et qui au moyen du contexte peut acquérir une acceptabilité discursive.

On peut présenter le schéma suivant :

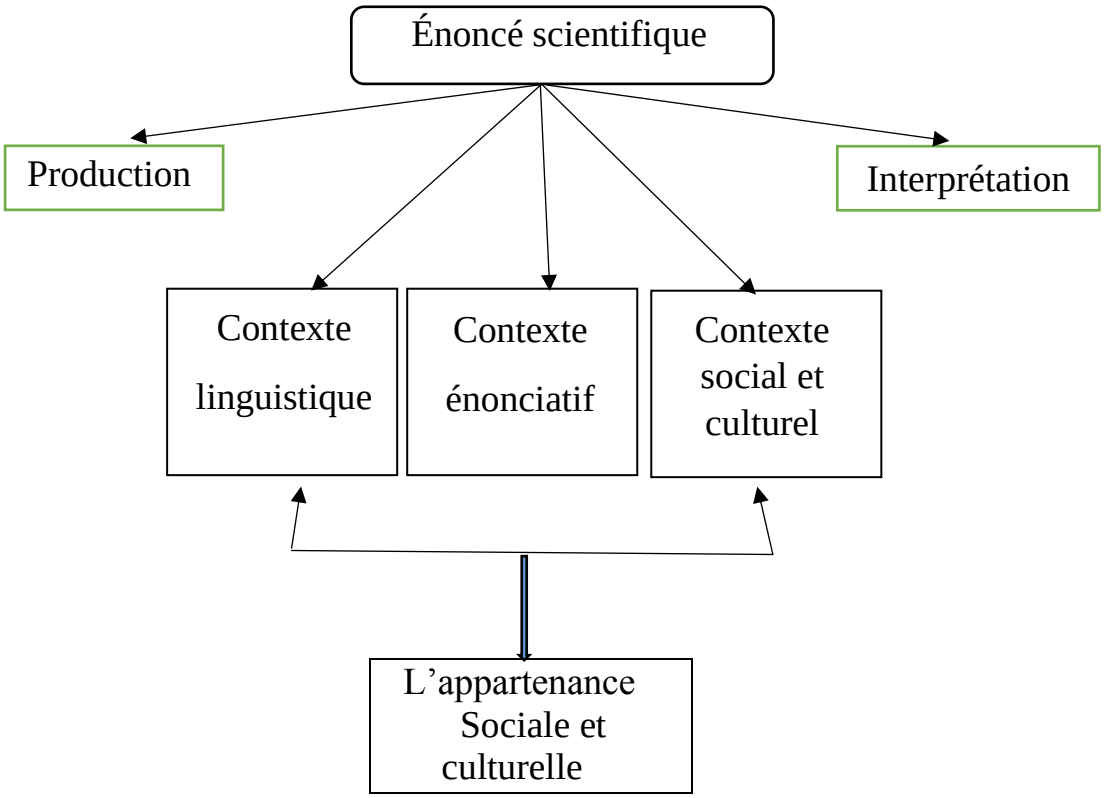


Figure 2 : Enoncés et contextes

On assiste ici à une relation trilatérale. La première s'établit entre l'énoncé scientifique et sa production, la seconde entre ledit énoncé et son interprétation et finalement la troisième entre l'énoncé et les trois contextes : linguistique, énonciatif et culturel et social.

En effet, la production de l'énoncé scientifique est liée à certaines conditions intrinsèques au discours comme le trait d'objectivité dans le sens où « *c'est l'objet représenté qui s'avère objectif et non pas le discours qui le*

représente ».[258] Autrement dit, la vérité que le scientifique sert à transmettre est le corollaire d'une activité discursive, d'un acte d'objectivation exercé sur discours. La production de l'énoncé scientifique est aussi rationnelle et ceci pour assigner au discours un statut de crédibilité et de croyances sociales et idéologiques.

L'énonciateur, indéniablement présent, se dissimule derrière son discours. Le second rapport est celui entre l'énoncé et son interprétation. En effet, la présence du pronom indéfini » ON « dans le discours scientifique est très répandue. Il est employé, comme nous l'avons signalé, dans plusieurs domaines de la recherche scientifique dans la revue « sciences et vie » et exige, par voie de conséquence, un niveau de compréhension qui concerne la phrase suivi d'un niveau d'interprétation propre à l'énoncé, c'est une compréhension qui parfois entraîne des confusions pouvant gêner la réflexion du lecteur et ce n'est que le contexte qui « *contribue au sens de l'énoncé* ». [259]

Tout se passe comme si le contexte sélectionnait et restreignait le sens de l'énoncé pris comme le résultat d'un acte d'énonciation, comme si le sens apporté par l'énoncé comprenait des composantes de significations qui permettent « *(des) opérations constitutives de toute énonciation* ».[260]

On lit dans Texte, contexte et discours en questions le contexte devient comme « *éléments qui complètent ou qui assurent l'interprétation globale d'un énoncé* ».[261]

C'est ainsi que les informations du contexte sont traitées sur la base des connaissances des locuteurs de leur préconstruits culturels, et aux tics sociaux qui permettent l'intégration dans une communauté, ici la communauté

[258]R. YAHIA, Ibid., p.80.
[259] Jean CERVONI, « L'Enonciation », p.18.
[260] Ibid., p.22.
[261] J. ADAM…, «Textes, contextes et discours en questions » https://www.unil.ch/fra/files/live/sites /fra/files/shared/Entretien_Pratiques-Adam.pdf, p. 4.

scientifique. «*Tout énoncé aussi bref ou complexe soit-il a toujours besoin d'un contexte* »[262] ; ce qui explique que l'interprétation d'un énoncé scientifique porte sur l'opération de contextualisation qui consiste à imaginer une situation d'énonciation qui rende possible l'énoncé considéré.

Si l'on part du principe selon lequel la situation de communication se définit comme étant l'environnement extralinguistique de l'énoncé, on sera tenté d'affirmer qu'il s'agit du contexte (social, culturel, idéologique) et donc « *l'espace externe de l'énonciation* ».[263] Le discours scientifique devient une sorte de conduite énonciative régie par la position des groupes dans l'organisation sociale. Ainsi par exemple l'énoncé :

<u>Occurrence 22 :</u> « pour cultiver les fraises, on utilise de plus en plus la technique dite 'hors sol'».

C'est un énoncé produit par un spécialiste ou un chercheur en agronomie et adressé à tous ceux qui ont intérêt à intégrer cette nouvelle technique de la culture des fraises, ce qui confirme encore l'intégration des chercheurs scientifiques dans le système de production sociale. Il est clair que la production du discours scientifique peut être abordée par le biais du contexte dont il relève.

La notion de phrase (suite de mots syntaxiquement et sémantiquement ordonnés) s'efface alors devant l'impact de l'environnement extralinguistique, il s'agit dans ce cas de l'analyse d'une situation argumentative qui requiert des outils linguistiques spécifiques intégrés dans une situation de communication particulière.

Deux exemples illustreront cette situation constituée par des spécialistes :

[262] Ibid., p. 4.
[263] D. MAINGUENEAU et P. CHARAUDEAU, Ibid., p.227.

<u>Occurrence 27 :</u> « Comment prévenir l'excès de vitesse quand on ne fait pas confiance au conducteur ? ».

<u>Occurrence 29 :</u> « Certes, on connait déjà 131 gènes impliqués dans les maladies de la rétine ».

Le premier énoncé fait référence à un responsable de la sécurité routière, son discours est introduit par une modalité interrogative conçue comme un argument par autorité.

Dans la seconde occurrence, l'ophtalmologue avance son énoncé au moyen d'un argument par le chiffre (131) précédé de l'adverbe « certes ». Les deux énoncés appartiennent à deux contextes différents avec des marques propres au discours de vulgarisation scientifiques à travers la mise en scène d'une interlocution « comment » dans le premier emploi.

On conclut dès lors que l'appartenance d'un énoncé à un discours est conditionné par l'apport de marques analogues tant au niveau linguistique (cotexte) qu'au niveau extralinguistique (contexte).

Il est à noter également que le discours scientifique possède un objet de discours, inséré dans une situation argumentative autour de laquelle s'affronte la linguistique et le contexte extralinguistique. C'est un processus dont le lecteur doit en construire le sens et la visée à travers les marques renvoyant aux opérations énonciatives. Car « *quand il n'existe pas de contexte verbal, la phrase doit être adaptée à la situation* »[264]. Ici, la composante énonciative joue un rôle prépondérant, elle permet dans un discours comme le discours scientifique de préciser les conditions de vérité d'un énoncé compte tenu des déictiques personnels et spatiotemporels et le système verbal qui

[264] J. CERVONI, Ibid., p.19.

mentionne l'acte accompli et dont la signification est constituée via la prévision de leur valeur d'acte.

CERVONI écrit à cet égard que « *lorsqu'on cherche à préciser les conditions de vérité d'une phrase, il est difficile de séparer sa valeur descriptive et les valeurs énonciatives auxquels elle se prête* ».[265] Ceci dit la réception du discours scientifique est le résultat de déchiffrement de la composante véric onditionnelle (en relation avec la visée argumentative) et la composante énonciative en rapport avec le contexte social et culturel. Ces deux exigences d'interprétation rappellent l'une et l'autre les contraintes de sélection qui confèrent à l'énoncé un minimum d'acceptabilité. P. CHARAUDEAU écrit que « *ce rituel socio-langagier ou contrat de parole réduit considérablement l'étendue du dicible* ».[266] Il ressort de là que le discours scientifique possède deux composantes de signification (linguistique et énonciative) qu'il devient nécessaire d'en tenir compte. Il s'agit d'un repérage actantiel (locuteur et allocutaire), spatio-temporel et d'une identification du référent qui contribue à l'attribution de la valeur de l'énoncé en tant que discours. C'est justement cette tendance qui prédomine dans notre analyse du corpus.

II-2-4 Le sens et la référence du pronom « ON »

Dans son ouvrage, Maurice RAT définit le « ON » comme « *le pronom indéfini, qui désigne des hommes en général ou un homme indéterminé, est toujours du masculin singulier, ne se dit que des personnes [...] ne s'emploie que comme sujet et qui se répète devant chaque verbe* ».[267] Le « ON » est

[265] Ibid., p. 17.
[266] P. CHARAUDEAU, Langage *et discours*, Paris, Hachette, 1983, p. 54.
[267] Maurice RAT, *Grammaire française pour tous*, Paris, Garnier Frères, 1965, p. 164.

indéterminé du moment qu'il renvoie à plusieurs références selon le contexte d'énonciation et aussi le contexte linguistique. Les constituants de la phrase dans laquelle il apparaît peuvent contraindre le sens et, donc, favoriser une lecture plutôt qu'une autre. C'est ce qu'on appelle les contraintes référentielles. Certes, la référence du pronom « ON » pose problème. Elle constitue un trou interprétatif, ce qui rend la référence au contexte obligatoire dans la mesure où celle-ci, mise en avant comme critère fondamental dans l'attribution du sens pour les pronoms personnels, ne l'est pas pour le « ON » dont le sens est attribué à partir d'une interaction entre les éléments inhérents à l'axe syntagmatique et à des facteurs contextuels.

Le pronom « ON » peut avoir les valeurs référentielles de « nous » et celles d'un pronom personnel allant vers l'indéfini.

II-2-4-1 La relation On / nous

Le pronom « ON » renferme dans sa référence une grande variété sémantique. D'un côté, il établit la présence d'un ou de plusieurs êtres humains conçus comme le sujet concerné par la situation d'énonciation. D'un autre, l'identification de ce ou ces sujets d'action constitue toute la complexité relative au contexte. De ce fait, la compréhension et le fonctionnement de « ON » constitue une piste de recherche pour les linguistes.

En effet, le pronom « ON » peut avoir la valeur de « nous » dans le discours scientifique. On lit dans le corpus les exemples suivants :

Occurrence 46 : **« Nous savons bien que la responsabilité de cet écroulement incombe à la surpêche, fustige Julia BAUM, biologiste responsable de l'étude. Si l'on n'y prend pas garde, plusieurs espèces vont disparaître localement ».**

<u>Occurrence 66</u> : « Nous n'en sommes pas là. Car, par exemple, dès que l'<u>on</u> accroit la taille de l'organe à « imprimer », de nombreux problèmes surviennent ».

Pour interpréter la valeur du pronom « ON » dans ces exemples, nous allons nous appuyer sur deux critères fondamentaux, à savoir, le sémantisme du verbe auquel le « ON » est combiné, ainsi que la présence d'expressions spécialisées relevant de la discipline scientifique en question. Ces critères lexico-sémantiques montrent que la valeur de « ON » dans les articles de vulgarisation scientifique est déterminée dans les cotextes.

Les exemples cités antérieurement renferment tous ces critères : on peut interpréter « ON » comme référent à « nous » renvoyant à une équipe de chercheurs. En effet, dans l'occurrence (46) nous remarquons que le pronom « nous précède le « ON » et colore le cotexte par une référence explicite aux énonciateurs (l'équipe de recherche en astronomie) et éventuellement aux citoyens pêcheurs, tout en alliant cette valeur au verbe « prendre », qui désigne la volonté et l'action conjugué au présent de l'indicatif. Il s'agit du présent d'énonciation dans la mesure où l'énoncé est inscrit dans une situation de communication particulière. De même, la présence de l'adverbe de lieu « localement » conçu comme un déictique spatial le confirme. Il est à noter également la présence des termes spécialisés relevant du domaine de la biologie comme « biologiste » qui fait comprendre que le « ON » a pour référence « une équipe de chercheurs » en biologie.

La dernière occurrence (66) fait preuve de l'emploi de deux éléments, à savoir le verbe « accroître » au présent auquel le pronom « ON » est lié, ainsi que l'adverbe de lieu « là ». On constate aussi l'emploi du mot « organe » considéré comme signe ostentatoire du domaine de la recherche médicale.

Dans ces deux exemples, le pronom « ON » prend la valeur de « nous » renvoyant à une équipe de recherche. On rejoint, ici, le point de vue de

BENVENISTE qui affirme dans son article traitant de « la nature des pronoms » que la première personne réfère « *à une réalité du discours* »[268] (acte de parole) liée à « *l'instance du discours* »[269]. C'est en nous référant au contexte énonciatif que nous avons interprété le « ON ». BENVENISTE affirme que « *L'emploi a donc pour condition la situation du discours et nulle autre* ».[270] Ce n'est qu'en associant les éléments du cotexte (verbes, déictiques, champ lexical) aux éléments du contexte énonciatif que nous comprenons que le discours est énoncé par une équipe de recherche dans des conditions scientifiques spécifiques.

Pour BENVENISTE, le « nous » est un pronom inclusif lorsqu'il s'oppose aux pronoms « lui, eux ». Le « nous » n'est pas le pluriel de « je », mais « *un je dilaté au-delà de la personne stricte* »[271] *;* ce qui revient à dire que le « nous » réfère à une pluralité d'énonciateurs impliqués dans le discours. Il réfère à « *une globalité indistincte d'autres personnes* ».[272] Dans ce cas, dans quelle mesure l'affirmation de Gustave GUILLAUME qui écrit *« 'On' est en langue un mot sujet au lieu de « je » pour s'effacer et ne pas prendre la responsabilité tout seul, et par conséquent, l'accord se fait au pluriel »*[273] s'avère juste ? Ceci nous permet d'octroyer à « ON » un caractère illusionniste.

Par ailleurs, « *Le « ON » se caractérise,* [d'après Atlani], *comme la suppression de l'agent en tant qu'il a un contenu sémantique spécifique [...] MELEUC considère alors « ON » comme équivalent à « nous » à ceci près que « nous » donne une information supplémentaire qui est d'inclure les*

[268] E. BENVENISTE, op. cit., 1966, p. 252.
[269] Ibid., p. 253.
[270] Ibid., p.254.
[271] E. BENVENISTE, Ibid., p. 235.
[272] Ibid., p. 235.
[273] G. GUILLAUME, *Leçons de linguistique de Gustave GUILLAUME*, Séries C, Québec, PUL, 1982, p. 101.

protagonistes de l'énonciation ».[274] Cette définition nous fait comprendre la place des locuteurs dans le discours et, donc, dans le procès de l'énonciation car « *C'est l'interprétation de « ON » qui lui permet d'attribuer tel ou tel statut énonciatif »*.[275] Ceci rappelle la position de BENVENISTE qui revenait régulièrement sur l'importance des marques formelles de l'énonciation comme les embrayeurs ou les déictiques dans l'interprétation du discours où est inclus le pronom « ON » afin d'illustrer l'hétérogénéité de son fonctionnement linguistique (cotexte) et énonciatif (contexte).

Dans l'exemple suivant :

<u>Occurrence 67</u> : « Autrement dit, même si l'on arrêtait aujourd'hui de lancer des satellites, le nombre de débris continuerait de croître, du seul fait des collisions. »

Le pronom « On» est combiné au verbe « arrêter » qui est un verbe de type discursif suivi d'un procès de recherche (lancer les satellites) entrepris par les agences spatiales, par les opérateurs de satellites et même par les astronautes. Le pronom « ON » renvoie à tous ces acteurs. Le verbe « arrêter », outre qu'il représente l'énonciateur en indiquant son action, est conjugué à l'imparfait suivi du verbe « continuer » au conditionnel présent pour exprimer la réalisation possible dudit procès. De ce fait, le pronom « ON » se trouve intégré dans une perspective *« épistémique, programmatique et prospective »*.[276] Il est à noter également que l'élément déictique « aujourd'hui » manifeste une liaison entre les propos de l'auteur et son article. Comme indice d'énonciation, cet adverbe de temps est intimement lié à l'organisation et à la structuration du texte.

[274] F. ATLANI, Ibid., p. 15.
[275] Ibid., p. 16.
[276] C. POUDAT, op. cit., p. 115.

La sémantique de « ON » dans cet exemple renvoie à la valeur discursive du personnel qui désigne des agents à référence spécifique (les astronautes, les opérateurs de satellites...).

En ce qui a trait aux éléments intertextuels, nous rappelons que ce sont des propriétés insérées dans le texte. Ils sont des fragments d'ordre implicite ou explicite comme la citation ou l'allusion. Ils peuvent avoir plusieurs formes comme le métatexte, le paratexte ou l'architexte. Leur rôle est de contribuer à l'identification de la valeur du pronom « ON » comme c'est le cas de l'occurrence 46 où il assume la valeur de « nous ». Il s'agit d'une citation qui contient une « incise » (**fustige Julia BAUM**) ; c'est un procédé de renvoi par lequel l'auteur rapporte les paroles d'autres personnes et confirme que le discours scientifique est un discours multiréférencé, fondé sur différentes réflexions et théories.

L'examen du pronom « ON » en rapport avec le pronom « nous » nous a permis de montrer l'impact de « l'interaction » sur le postulat de la valeur de « ON » en représentant la manière par laquelle sa référence se construit.

Dans l'exemple suivant :

<u>Occurrence 68</u> : « Cela étant, les gros débris ne sont pas forcément les plus inquiétants : leur trajectoire étant suivie en permanence, <u>on</u> peut anticiper une éventuelle collision »

Le verbe « pouvoir » indique une activité de recherche assumée pleinement par l'auteur de l'article dont l'ultime objectif n'est pas l'organisation du texte mais plutôt la réalisation des résultats dans le domaine scientifique traité en exposant un processus d'accomplissement.

Pour plus de précision, cet énoncé s'inscrit dans un contexte qui traite du sort des satellites hors usage, qui deviennent des débris et des bouts de métal. C'est la terre, devenue malheureusement une vraie poubelle, qui les

recueille. Beaucoup d'autres, par contre, gravitent encore au-dessus de nos têtes sous l'effet d'explosion ou de collision. De nos jours, les radars et les télescopes surveillent le ciel pour détecter les objets qui tournent autour de la planète, notamment les gros débris.

Quoique le verbe modal « pouvoir » exprimant la possibilité témoigne de la présence de l'auteur dans son article, l'ambiguïté liée à l'interprétation du pronom « ON » est levée, aussi, par le recours au contexte lointain constitué par le texte où le sens global est produit.

La référence du « ON » indique que le pronom désigne une équipe de recherche scientifique. L'emploi de « ON » est commutable avec « nous » qui renvoie, selon FLØTTUM, à *« la communauté discursive pertinente »*[277] comprenant une communauté de chercheurs appartenant à un domaine de recherche particulier déterminé par les éléments linguistiques comme le champ lexical ou le jargon. Cependant, la référence de « ON » à « nous » reste indéterminée du point de vue strict du fait que les chercheurs ne sont pas identifiés par leurs noms.

<u>Occurrence 52</u> : « L'essentiel est de définir précisément la cible thérapeutique sur laquelle <u>on</u> souhaite agir, comme nous l'avons fait avec le Clivec ».

Le pronom « ON » , dans l'exemple ci-dessus, fait référence au cotexte antérieur déterminé par le verbe d'état « être » au présent et par les mots relatifs au champ lexical de médecine, ce qui constitue un point de départ pour le raisonnement dénoté par la phrase à sujet « ON » . Ce dernier est le sujet du verbe « souhaiter » qui exprime le sentiment ardent d'entreprendre une action. Ainsi, nous pouvons penser que les pronoms « ON » et « nous » désignent le même référent : c'est l'équipe du Docteur Patrice Bertaud,

[277] K. FLØTTUM, p. 23.

responsable du développement clinique en oncologie dans le Laboratoire pharmaceutique NOVARTIS (voir texte intégral sur le corpus) qui travaille sur la production des médicaments anticancéreux dont « le Clivec ».

Dans ce cas, l'emploi de « ON » est limité par le cotexte qui permet d'identifier le référent de « ON » comme « l'ensemble de médecins qui annoncent cette vérité scientifique expérimentée ». Il s'agit d'un glissement référentiel justifié à la fois par les éléments linguistiques (le cotexte) et par les éléments extralinguistiques (le contexte) ou la situation d'énonciation.

En effet, le pronom « ON », dans le corpus, apparaît dans des énoncés consécutifs mais pas avec la même valeur. C'est dans ce sens qu'on peut évoquer l'impact du centre énonciatif constitué par l'environnement dans lequel figure le pronom.

L'opposition « On/nous » repose sur l'identité référentielle *« identité qui se manifesterait à travers leur commutativité dans la pratique ».*[278] Lorsque « ON » réfère à « nous », on peut dire qu'il s'agit d'un remplacement massif ou augmenté de « ON ».

Il est évident que nous ne devons pas nous limiter au rapport du « ON » avec « nous » étant donné que d'autres valeurs nous paraissent intéressantes car ce pronom a divers aspects. Il peut avoir la valeur d'un pronom indéfini.

II- 2-4-2 Le pronom « ON » : de l'indéfini au personnel.

Pour Claire Blanche-BENVENISTE [279], le pronom « ON » est classé dans la variation entre une valeur générique qui renvoie au pronom indéfini et

[278] K. FLØTTUM, p. 22.
[279] Claire Blanche-BENVENISTE, Ibid., 2003, p. 46.

une valeur spécifique, celle du pronom défini.

En effet, la valeur générique est reliée lorsque les faits énoncés relèvent d'une vérité d'ordre général, et donc libellés à tout lecteur comme le cas des proverbes. En outre, le pronom « ON » est personnel lorsque son sens se rapporte à tous les humains placés dans le contexte d'énonciation défini par l'énoncé.

Dans le cas du discours scientifique de vulgarisation, le pronom « ON » peut avoir une valeur particulière précise parce qu'il met en évidence une vérité spécifique ; comme dans le cas suivant :

<u>Occurrence 97</u> : « Il n'en est rien : des études menées au pays de Galles montrent que l'<u>on</u> a alors tendance à augmenter <u>sa</u> vitesse d'environ 30 Km par heure ».

Ici, le « ON » renvoie aux citoyens. Mais qui sont ces citoyens ? Ce sont justement les Gallois. Ceci dit, l'espace géographique délimite, aussi, le référent du pronom.

a) « ON » pronom <u>indéfini</u>.

FLØTTUM écrit : *« Nous appellerons la référence de « ON » lorsque ce pronom vise les hommes en général, une personne ou un groupe quelconque d'un ensemble situationnellement ou contextuellement donné, ou bien un ou plusieurs êtres spécifique(s) mais non identifié(s). « ON » est dans cet emploi remplaçable par un pronom indéfini tel que « chacun, tous, n'importe qui ou quelqu'un », par un syntagme nominal comme « les gens » ou le pronom « ils » à référence indéfinie ».*[280] Partant de cette situation, on comprendra que le pronom « ON » a une identification imprécise, ayant un sens indéterminé dans la mesure où il acquiert un caractère indéfini et qui peut

[280] K. FLØTTUM, Ibid., p. 25.

renvoyer à plusieurs personnes différentes sans précision identitaire. Dans l'emploi suivant :

<u>Occurrence 72</u> : « N'oublions pas, en effet, que la production photovoltaïque d'électricité, exclusivement diurne, ne correspond pas aux habitudes de consommation énergétique des occupants d'une maison : <u>on</u> s'éclaire plutôt de nuit qu'en plein jour ».

Le « ON » renvoie ici, d'un point de vue grammatical, à un sujet clitique qui présente des personnes dont le nombre et genre sont indéterminés sur l'axe syntagmatique. C'est pour cela qu'il est commutable à « Hommes » ou « gens » ou « les occupants d'une maison » et pouvant remplir la fonction sujet. De même que le verbe « s'éclaire » est mis à la troisième personne du singulier tout comme on dit « il ». Le « ON » réfère ici à toute personne « qui peut s'éclairer ». Ceci est parfaitement en connivence avec la nature des articles de recherche scientifique marqués, soi-disant, par l'objectivité et la rigueur donnant ainsi au pronom « ON » l'espace adéquat dans l'énoncé tout en gardant, par son caractère indéfini, la spécificité du discours scientifique. Dans ce cas de la valeur indéfinie, le pronom « ON » n'est ni anaphorique, référant à des pronoms mentionnés dans le cotexte, ni déictique, désignant des individus qui participent à la situation d'énonciation immédiate, mais sa référence se limite au trait sémantique référant aux « êtres » humains en tant que classe.

Dans l'exemple cité, le pronom « ON » renvoie à un ensemble indéfini d'humains, ce qui le rejoint à la classe des pronoms indéfinis quoique les grammaires et les études récentes aient renversé cette conception qualifiée de réductrice du « ON » au seul trait indéfini afin de le mettre dans la catégorie des pronoms personnels conservant ainsi sa fonction grammaticale de « sujet ».

Nous continuons à rappeler que le pronom « ON », à côté de son caractère indéfini, désigne en discours une équipe de chercheurs dont le genre et le nombre ainsi que le statut énonciatif des membres semblent « définis » et donc, identifiables en contexte et en cotexte. C'est ce que FLØTTUM veut dire par « [le] *contexte lexico-sémantique ainsi que discursif* ».[281] En d'autres termes, le pronom « ON » manifeste une référence personnelle lorsque ses référents sont identifiables par rapport à la situation d'énonciation : c'est le cas où le « ON » commute avec « nous » ou « je » désignant un membre ou toute l'équipe de chercheurs. En fait, les paramètres situationnels rendent la situation ou le contexte énonciatif défini et puisque le « ON » fait partie de ce contexte, il est donc défini par le contexte. Ce syllogisme montre parfaitement le processus de transformation par lequel passe le pronom « ON » pour acquérir la valeur d'un pronom personnel.

b) « ON » pronom <u>personnel</u>

Claire Blanche-BENVENISTE écrit : « [on peut s'orienter] *vers tous les humains placés dans les circonstances que mentionne l'énoncé* ».[282] Dans ce cas, le pronom « ON » fonctionne comme le substitut d'un des pronoms personnels : « je, tu, nous, vous » dont le nombre et le genre sont définis, ce qui rend sa référence identifiable en contexte.

<u>Occurrence 11</u> : « Si <u>on</u> ne peut dompter la terre quand elle se déchaîne, <u>on</u> peut tout au moins s'efforcer d'en anticiper les caprices. »

Le pronom « ON » peut commuter avec « nous » référant à des « chercheurs géologues » et exprimant le ton de « modestie ». D'ailleurs, «

[281] Kjersti FLØTTUM, *Les « pronoms » dans le discours scientifique : le cas du pronom on,* phénomènes linguistiques et genres discursifs, Université de Bergen, p. 6, http://commonweb.unifr.ch/artsdean/pub/gestens/f/as/files/4740/18073_144612.pdf.
[282] B. BENVENISTE, Ibid., p. 45.

ON » peut être substitué à « nous les chercheurs ». Cet emploi est corrélatif avec le discours scientifique qui vise à convaincre et, donc, à gérer un aspect dialogique, ce qui confirme la possibilité stratégique de « ON » qui n'est plus un « vain mot » ; mais un pronom à référence énonciative. BENVENISTE affirme que le « nous » peut tenir lieu de « je » qui s'amplifie en une personne massive et plus solennelle, mais moins définie. Dans l'occurrence citée, il s'agit de « nous chercheurs » conçue comme une expression plus large et diffuse, à en croire BENVENISTE, et qui cache et sous-tend l'affirmation trop tranchée de « je » et, puisqu'il s'agit d'un ensemble de chercheurs, on peut dire que le « ON » engendre une pluralisation du sujet parlant concerné, à savoir l'actant.

Dans le même ordre d'idées, Michel PERRET[283] affirme que le pronom « ON » se référant à tous les humains, peut être employé dans des tournures personnelles en se substituant à toutes les personnes, même si selon ce linguiste, ce pronom reste à base « indéfinie ». C'est ce qu'on appelle le trait « personnel indéfini du pronom *on* ». Il revient à dire que la valeur de « ON » est rendue possible en contexte. Il demeure un pronom à caractère particulier ayant un statut privilégié dans la mesure où il est utilisé et renvoie, selon l'instance du discours qui le contient, à des personnes différentes. C'est la raison pour laquelle, d'ailleurs, il prend toujours un référent nouveau. A ce sujet, ATLANI écrit que *« le caméléon* [on] *se joue de ceux qui l'observent en s'identifiant à ce qui l'entoure ».*[284] Par ailleurs, Céline POUDAT, au cours de son analyse du pronom « ON » , en relation avec les articles du discours scientifique, considère le « ON » comme *« le pronom personnel le plus indéfini »*[285] du fait qu'il représente la personne de l'auteur et des autres (tous

[283] Michel PERRET, *L'énonciation en grammaire du texte,* Paris, Nathan, coll. Cursus, 1994, p. 53
[284] F. ATLANI, Ibid., p. 12.
[285] Céline POUDAT, Ibid., p.128.

ce qui se rapporte au contexte énonciatif) d'une façon sous-jacente et indirecte au lieu d'utiliser le « je » et le « nous ».

Comme les énoncés du discours scientifique ne comportent pas de pronoms coréférentiels « nos, vos », la distinction entre l'emploi indéfini et l'emploi personnel pose encore problème au niveau de l'interprétation. Jean DUBOIS confirme que *« le pronom* [On] *est un pronom personnel dans la mesure où il n'apparaît qu'en position de sujet grammatical. De là, les caractéristiques suivantes :*

1) « ON » peut se substituer à « personne » et d'autre part « personne et quelqu'un » peuvent servir de supplément de « ON » dans les places autres que celles du sujet grammatical.
2) « ON » se définit comme la négation du système de référents personnels (je, tu, il, nous, vous, ils) ».[286]

Le caractère indéfini demeure encore. Il est tout à fait présent dans les énoncés, ce qui fait de lui un pronom indéfini mais personnel en même temps. Et c'est ici que réside la spécificité et l'importance du « ON » en constituant une piste de recherche assez large en linguistique.

Dans les occurrences que nous avons tirées de la revue *Science et vie*, nous constatons que le pronom « ON » a un statut de sujet, ce qui rend intéressant l'étude de son fonctionnement ou son comportement morphosyntaxique.

c) « ON » pronom <u>personnel clitique</u>

Par pronom clitique, nous entendons dire les pronoms dont la spécificité est d'être prosodiquement non accentuables et qui manifestent des contraintes par rapport au verbe avec une impossibilité de les modifier ou les coordonner.

[286] J. DUBOIS cité par ATLANI, Ibid., p. 24.

Ce sont, affirme Claire Blanche-BENVENISTE, les pronoms qui ne peuvent être employés que dans leur contexte. A titre d'exemple, les pronoms sujet (je – tu – on…) et les pronoms objets directs (me – te – la – le – les…)

A partir des exemples cités, le pronom « ON » a le fonctionnement morphosyntaxique d'un pronom clitique en rejoignant la catégorie des pronoms personnels « je, tu, ils » qui se distinguent du « ON » par la possibilité d'être accompagnés d'un autre pronom de la même personne grammaticale (exemple : Moi, je marche. Toi, tu marches. Eux, ils marchent). Cependant, on ne peut pas dire *On, je marche.

En parallèle, le pronom « ON » puisqu'il peut référer à « nous » qui constitue un pronom fort sur lequel il s'appuie, dans ce cas, le pronom « nous » constitue une *« forme d'emphase »*[287] pour la forme « ON ». Ceci nous permet de conclure, à l'instar de G. Guillaume que le pronom « ON » est un « pronom complexe ».

Dans **l'occurrence 54 : « Rien ne les distingue *à priori* des autres et pourtant : si on compare leur effet thérapeutique avec celui d'un placebo, on ne voit pas vraiment de différence ! »**

Le pronom « ON » réfère à « nous ». Il a une impression de pluralité et développe des extensions en manifestant une constellation de pronoms non identiques. Emile BENVENISTE écrit à ce propos : *« Ce qui est autre chose qu'une jonction d'éléments définissables, la prédominance de « je » y est très forte au point que dans certaines conditions, ce pluriel peut tenir lieu du singulier ».*[288]

Il ressort de cette analyse que le pronom « ON » associe plusieurs personnes de rangs différents. Cette description du pronom « ON » à valeur

[287] G. GUILLAUME, Ibid., 1982, pp. 50 – 51.
[288] E. BENVENISTE, Ibid., 1966, pp. 234 – 235.

de « nous » lance le regard sur le contexte d'emploi. Si le « nous » implique la présence de « moi », nous est un « je » dilaté. C'est un pronom sémantiquement saturé qui peut être associé, dans la même construction verbale, à d'autres personnes comme « ON ». Le « ON » présente le complexe de personne ; d'ailleurs, la combinaison « On – nous » est fréquente dans le discours scientifique. A titre d'illustrations, on peut citer les exemples suivants :

<u>Occurrence 46</u> : « Nous savons bien que la responsabilité de cet écroulement incombe à la surpêche, fustige Julia BAUM, biologiste responsable de l'étude. Si l'<u>on</u> n'y prend pas garde, plusieurs espèces vont disparaître localement. »

<u>Occurrence 66</u> : « Nous n'en sommes pas là. Car, par exemple, dès que l'<u>on</u> accroit la taille de l'organe à « imprimer », de nombreux problèmes surviennent. »

Il est apparent que le pronom « ON » est doté de son originalité par la dualité d'interprétation entre *« un ensemble de personnes dont je fais partie et un ensemble de personnes dont je suis exclu»*.[289] C'est dans cette situation que réside la très grande différence avec « nous » qui implique toujours la présence du « moi » et fait que le pronom « ON » continue à poser le problème du contenu sémantique des agents en tant que tels.

Si la forme même des pronoms personnels et leur contenu sémantique permet de comprendre la place des locuteurs dans le procès d'énonciation, ce n'est donc que l'interprétation de « ON » dans le contexte énonciatif qui permet de lui conférer tel ou tel statut énonciatif puisque cette forme, comme nous avons remarqué, présente une hétérogénéité du fonctionnement discursif qui mène vers une pluralité d'interprétations.

[289] C. B.-BENVENISTE, Ibid., pp. 53 – 55.

Le comportement morphosyntaxique du pronom « ON » est aussi lié à celui des verbes qui indiquent le rapport syntaxico-sémantique que le « ON » entretient avec ce qui est prédiqué car la forme « ON » ne présente pas d'identification explicite pour son fonctionnement. La valeur référentielle de « ON » permet de focaliser le procès valable à toute époque, notamment pour le discours scientifique.

Après avoir tenté, dans le présent chapitre, de cerner la question de la référence du pronom « ON » en discours, nous orientons notre réflexion directement sur la relation que manifeste ce pronom avec les éléments du contexte linguistique dans lequel il s'inscrit.

II-2-5 Le pronom « ON » et sa relation au système verbal : nature et temps verbaux

Comme il a été constaté, le pronom « ON » présente plusieurs oppositions dans le même énoncé de la langue française et bien qu'une certaine ambiguïté entoure ce pronom, les études contemporaines sur le phénomène d'énonciation arrivent à s'approcher de son interprétation et, par voie de conséquence, à tirer le vrai sens qu'il acquiert. D'ailleurs, RIEGEL le confirme en précisant que le *« On* [est] *un vague sujet »*[290], mais son étude, du point de vue énonciatif et langagier, demeure liée à l'agilité des interlocuteurs dans la perception du message. Il s'agit *« d'examiner les emplois de « ON » dans les usages les plus courants de la langue française contemporaine, il y a lieu de s'étonner de l'agilité des francophones qui utilisent ce pronom dans des significations parfois opposées, en s'y embrouillent très rarement. Agilité qu'il n'est pas commode d'acquérir pour un adulte étranger à la langue ».*[291] Cette citation met en œuvre la référence multiple du pronom « ON », (utilisée

[290] Cité dans C. B. BENVENISTE, p. 45.
[291] Ibid., p. 44.

et identifiée par l'usager francophone) et qui n'est possible qu'à travers la combinaison des éléments de l'environnement linguistique relatif au cotexte déjà étalé par FLØTTUM. Dans son ouvrage précité, cette linguiste propose un classement de plusieurs critères servant à l'étude du fonctionnement interne du pronom « ON » et parmi ceux que nous avons sélectionnés dans notre étude, il y a le temps et le sémantisme des verbes.

Pour Jean DUBOIS, la catégorie des verbes est reliée *« aux morphèmes qui appartiennent à la classe des verbes* [et qui] *se définissent relativement aux autres classes, par leur distribution dans l'énoncé élémentaire et par leurs systèmes spécifiques de marques ».*[292] De son côté, E. BENVENISTE écrit que *« le verbe est, avec le pronom, la seule espèce de mots qui soit soumise à la catégorie de la personne. Mais le pronom a tant d'autres caractères qui lui appartiennent en propre et porte des relations si différentes qu'il demanderait une étude indépendante».*[293] On peut augurer que le verbe et le pronom « sujet » sont interdépendants, l'un est tributaire de l'autre. Le sens de l'énoncé est détecté du rapport distributionnel sur l'axe syntagmatique. Dans ce cas, le verbe et ses compléments restreignent l'ensemble visé par le sujet « ON ». Il précise son sens. C'est un pronom coréférentiel du moment que le verbe se manifeste sous plusieurs aspects avec des sémantismes différents.

Le verbe, dont le sujet serait « ON », par nature, exprime une action et, lorsqu'il s'agit du discours scientifique, il signale la prise en charge de la part de l'énonciateur marquant, ainsi, que l'information est obtenue par lui-même et tirée d'une expérience. Ce type d'énoncé est souvent formulé par une suite de verbes dont voici quelques cas :

[292] Jean DUBOIS, *Grammaire structurale du français : le verbe*, langue et langage, Paris, Larousse, 1967, p. 9.
[293] E. BENVENISTE, Ibid., 1966, p. 225.

II-2-5-1 Les verbes de constat

A titre d'illustration, nous prenons les exemples suivants **:**

<u>Occurrence 45</u> : « Pour la première fois, on <u>observe</u> la progression de la maladie *in vivo,* et cela va permettre de suivre les effets des traitements et d'identifier précocement les personnes à risque, s'enthousiasme Paul THOMPSON, chef de l'équipe. »

<u>Occurrence 64</u> : « <u>On</u> <u>voit</u> bien des traces de plumes potentielles près des membres postérieurs ».

<u>Occurrence 61</u> : « …car malgré les nombreux essais cliniques sur l'homme, <u>on</u> ne <u>connaît</u> le pouvoir d'action et de nuisance d'un médicament que lorsqu'il est utilisé en condition réelle».

Dans toutes ces occurrences, on peut remplacer le verbe souligné par le verbe « constater » pour expliciter davantage le sens des énoncés. Ces verbes sont des verbes constatifs dans la mesure où ils remplissent pragmatiquement le rôle de marqueur de constat au sens défini. Les trois verbes cités (observer – voir – connaitre) renvoient à un emploi imperfectif, c'est-à-dire qu'ils marquent une action durative fondée sur l'observation scientifique pour confirmer ou infirmer les hypothèses élaborées au préalable. Cette catégorie s'oppose à celle des performatifs chez Austin et dont l'énonciation correspond à l'accomplissement de l'action (ex : je te promets de … / Je jure … par contre, Ahmed a promis de … (constatif).

Ainsi dans l'occurrence (45), le verbe « observer » est très fréquent dans le discours de vulgarisation, il est nettement lié au pronom sujet « ON » d'une part, et à une construction nominale, d'autre part (la progression de la maladie). Ces constructions nominales peuvent indiquer des noms de processus (croissance, salage, fonte…) ou de résultats. Le verbe « observer » est suivi, dans cet exemple, d'un prédicatif marquant un résultat (la

progression) et qui peut être remplacé par une forme complétive telle que « On observe qu'il se produit une progression de la maladie *in vivo*… ». Cette structure élucide davantage le constat, mais elle n'est pas toujours valide avec d'autres verbes de constat.

Le verbe « voir » se caractérise par la diversité de ses emplois et de ses constructions. Dans d'autres genres discursifs, il est rangé parmi les verbes de perception. Il s'emploie seul comme il peut être combiné au verbe modal « pouvoir », (on peut voir).

Pareillement au verbe « observer », le verbe « voir » est suivi d'une forme nominale pour préciser un constat que le locuteur veut partager avec son public. La construction dans laquelle se manifeste « ON », dans cet emploi, pourra se traduire comme suit : « moi et vous, on voit bien des traces de plumes… », ce qui montre que le pronom « ON » a pour référentiel « l'auteur + lecteur ».

Ce verbe constatif peut être, également, suivi d'une forme interrogative indirecte marquant l'intensité (On voit **à quel point** les traces de plumes sont apparentes…), d'une proposition infinitive à verbe à valeur aspectuelle (On voit **apparaître** des plumes potentielles…) ou d'une forme complétive (On voit qu'il y a des traces de plumes potentielles…). L'association du verbe « voir » au pronom « ON » et à l'adverbe qualifiant « bien » traduit le sens d'un constat conclusif dans lequel est engagé l'interlocuteur, abstraction faite d'une observation outillée d'un microscope, par exemple.

Quant à l'occurrence (61), le verbe « connaître » peut-être, sans difficulté, remplacé par le verbe « constater ». Il emprunte le sens d'un constatif de son contexte beaucoup plus que de sa nature pour ainsi dire : « …on ne constate le pouvoir d'action et de nuisance d'un médicament que **lorsqu'on l'utilise** en condition réelle » (il y a ellipse de la forme « par On » remplacée par la voix passive).

Lié au pronom sujet « ON », le verbe connaître pourrait révéler une dimension plus au moins abstraite, mais qui change dès qu'on le rapproche au sens des autres unités.

Par opposition aux verbes « voir » et « observer », le verbe « connaître » ne peut être lié à un support visuel (On voit sur l'image… / On observe sur la figure…) ou être suivi d'un verbe.

Pour l'ensemble de ces verbes, nous précisons que la notion de perception expérientielle est fort présente pour cristalliser, par la suite, des résultats scientifiques incontestables. D'un point de vue sémantique, le verbe « voir » et « observer » indiquent la présence d'une « perception extérieure inférentielle »[294] et semblent proches avec une légère tendance vers la valeur évaluative pour le premier. Dans l'exemple ci-après :

<u>Occurrence 01</u> : « Une preuve parmi d'autres : <u>on</u> <u>trouve</u> chez l'enfant d'une mère vaccinée contre le Tétanos une réponse immunitaire antitétanique. »

Le verbe « trouver » renferme le sens de « constater ». Il s'agit d'un énoncé assertif dont la fonction centrale est l'exposition du résultat d'une expérience médicale. D'ailleurs, le verbe « trouver » (présupposant une expérience) combiné au lexème nominal « réponse immunitaire » le confirme parfaitement. Il est question d'une démonstration ou d'une observation qu'il serait intéressant de repérer ; ce qui revient à dire que l'interprétation du sens du verbe n'est pas l'apanage de la forme verbale isolée du linguistique, mais plutôt de l'énoncé qui forme un tout cohérent.

[294] Alain RABATEL, « Les verbes de perception en contexte d'effacement énonciatif : du point de vue représenté aux discours représentés », *Travaux de linguistique, 1/2003,* p.81.
URL : http://www.cairn.info/revue-travaux-de-linguistique-2003-1-page-49.htm

En d'autres termes, l'interprétation du verbe est tirée des rapports qu'il manifeste avec le reste de l'énoncé. Il est à noter également que l'exemple ci-dessus signale le constat effectué par l'auteur scientifique (équipe de chercheurs) en employant le présent de l'indicatif à la forme active, contrairement à un autre énoncé qui exprime un fait supposé comme dans le cas suivant :

<u>Occurrence 02</u> : « Pour ce qui est de l'océan magmatique, <u>on</u> suppose qu'il aurait subsisté pendant 30 millions d'années ».

Le verbe « supposer » est employé avec une complétive dont le verbe est au mode conditionnel et dont le temps est le passé pour exprimer un fait irréel dans le passé. En fait, le conditionnel constitue un critère significatif pour l'interprétation de cet énoncé, sous forme d'hypothèse, tout en combinant le pronom » ON « au verbe « supposer ». Nous remarquons aussi un emploi significatif des deux éléments du cotexte à savoir le verbe « subsister » et le déictique temporel « pendant trente millions d'années », attachés tous les deux au conditionnel pour compléter l'idée de la progression du procès de recherche et refléter l'auteur comme un acteur structurant de l'article.

Pour récapituler, nous soulignons que le discours de vulgarisation scientifique abonde en verbes constatifs pour exprimer l'assertion. Leur sémantisme aussi bien que les autres unités du cotexte dévoilent cette prise en charge par l'énonciateur dans l'élaboration du constat scientifique.

II-2-5-2 Les verbes d'opinion ou de positionnement

Les verbes d'opinion, appelés aussi verbes de « positionnement »[295],

[295] Agnès TUTIN, « Lexique verbal et positionnement de l'auteur dans les articles en sciences humaines » in la revue Lidil « *Enonciation et rhétorique dans l'écrit scientifique* », N° 41, Ellug, 2010, p. 16.

sont constitutifs du discours scientifique, ils font partie du processus de la construction des données scientifiques et montrent l'engagement de l'auteur dans ses écrits. Nous lisons dans le corpus les exemples suivants :

Occurrence 32 : « On pensait que les bras spiraux de ces galaxies représentaient la matière nécessaire à la fabrication de futures planètes. »

Occurrence 49 : « Et elle ne devrait cesser de s'allonger si on juge que l'industrie pharmaceutique commercialise chaque année quelque 200 nouveaux médicaments. »

Dans les deux exemples, nous avons la présence de deux verbes employés avec le pronom personnel indéfini « ON » avec le même aspect sémantique, celui d'exprimer l'opinion ou le positionnement.

Dans l'occurrence (32) le verbe « penser », reflète une opinion personnelle des chercheurs scientifiques. Il s'agit, en fait, d'une manière de croire (on pensait que …) qui n'est pas forcément la vraie. En d'autres termes, c'est un verbe qui sert de marquage de subjectivité associé au pronom sujet « ON » et il va de même pour le verbe « juger » (occurrence 49) qui sous-tend une évaluation. Il est transitif direct et peut être substitué à un autre verbe d'opinion comme, par exemple, « … **si on considère que…** ». Il exprime une opinion sous forme d'un constat conclusif matérialisé par l'argument par le chiffre « chaque année quelque 200 nouveaux médicaments », un constat dans la mesure où il est désambiguïsé à travers le contexte linguistique et le voisinage syntagmatique pour marquer et aiguiser l'intérêt et l'intuition sémantique du lecteur ; et ceci est parfaitement en connivence avec la visée argumentative du discours scientifique.

II-2-5-3 Les verbes de procès de recherche

Les verbes de procès de recherche sont nombreux dans l'écrit scientifique. Ils ne semblent pas poser de problème sémantique pour les énoncés car ils s'inscrivent dans le contexte de la recherche scientifique et parlent d'eux-mêmes.

Pour illustrer cela, nous nous référons aux occurrences suivantes :

Occurrence 12 : « Cependant, grâce à Soho, on sait faire des prévisions de « météo solaire » à très court terme. »

Occurrence 22 : « Pour cultiver les fraises, on utilise de plus en plus la technique dite « hors sol ».

Les deux exemples montrent clairement la présence de l'auteur à travers les verbes « faire » et « utiliser » qu'il emploie et qui marquent son propre procès de recherche ainsi que la progression et l'évolution de sa démarche.

Dans le premier cas, le verbe « faire » renvoie à une activité de recherche alliée au verbe modal « savoir » et assumée pleinement par l'auteur de l'article dont l'objectif majeur est d'obtenir le résultat dans le domaine météorologique en proposant un processus d'accomplissement attesté au niveau de la phrase par la présence de l'adverbe « grâce à » qui exprime une relation de causalité positive .

Le verbe « utiliser » dans l'occurrence (22) est un verbe lié à une opération entraînant l'effet d'une nouvelle technique de la culture des fraises (technique dite « hors sol », mais le sens de ce verbe ne suffit pas à lui seul pour comprendre et cerner la prise en charge énonciative, il doit être élargi à l'étude du temps, par exemple qui renvoie ici au présent de répétition suivi de l'adverbe « de plus en plus ».

II-2-5-4 Les verbes modaux : « pouvoir » et « savoir »

Pour comprendre le fonctionnement et la portée sémantique de ces verbes, examinons les exemples suivants :

Occurrence 36 : « Un système de navigation où l'on peut voir des films ». ***(Sous-titre)***

Occurrence 39 : « Ne pourrait-on pas utiliser l'oxygène extrait par cette réaction d'électrolyse, afin d'abaisser le coût de ladite électrolyse ? »

Occurrence 40 : « Cet oxygène servant de carburant à un gaz approprié, on pourrait alors brûler le mélange des deux gaz et produire, ainsi, de l'énergie... »

Dans les trois occurrences, le verbe « pouvoir » est un verbe modal qui exprime l'idée de la possibilité d'être ou de faire. Il est combiné à un autre verbe (pouvoir + voir/utiliser/brûler) et renvoie à trois interprétations sémantiques différentes.

En effet, dans l'occurrence (36), le verbe modal indique la capacité du sujet, aussi bien que celle des autres, à entreprendre une action « on peut voir », ce qui laisse comprendre sa prise en charge de l'énoncé (en tant qu'agent) aussi bien que l'implication des autres (le public). Le « ON » a une valeur inclusive assumée également par un autre verbe d'action « voir ». (« Voir » peut être aussi un verbe de constat dans la phrase : « je vois que tu es fatigué »).

Par contre, dans les occurrences (39) et (40), le verbe « pouvoir » renvoie à la possibilité matérielle pour qu'un processus de recherche ait lieu (Ne pourrait-on pas utiliser … ? / …on pourrait alors brûler…). Ceci étant appuyé par l'emploi des verbes exprimant un procès de recherche (brûler / utiliser) et qui restreint le référent du pronom « ON » qui n'est autre que le

chercheur scientifique. De plus, le critère de la présence du lexique spécialisé semble suffisant pour confirmer la valeur du « ON ».

Le temps du présent influence sur le sémantisme du verbe « pouvoir » pour introduire un caractère générique. Dans cette perspective, « ON » prend la valeur de la masse des spectateurs, c'est-à-dire tous ceux qui peuvent voir le film. Dans la seconde occurrence, il s'agit d'une question rhétorique. Le verbe modal « pouvoir » dans l'occurrence (39) exprime ici une évaluation de l'auteur concernant l'acte de la réalisation d'électrolyse. Il manifeste donc une prise de position marquant un aspect évaluatif. Son emploi à côté du conditionnel l'inscrit dans une dimension épistémique et atemporelle spécifique non seulement à l'auteur mais aussi à toute une communauté discursive limitée (les autres chercheurs scientifiques) capable de réaliser un acte pareil. On note aussi que l'inversion du sujet dans l'interrogation est un indice linguistique significatif dans la mesure où il représente un procédé typographique de modalisation au moyen duquel l'auteur de l'article indique qu'il fait mention de son énoncé, en renvoyant la responsabilité de l'expression marquée au signe de ponctuation qui est (?). Dans ce contexte, l'origine de cet emploi est l'auteur, l'être discursif, énonçant des modalisations et des évaluations. D'ailleurs, on peut reformuler l'énoncé (39) ainsi : « L'utilisation de l'oxygène est indispensable à la réaction d'électrolyse pour en abaisser la valeur».

Quant aux exemples suivants :

<u>Occurrence 104</u> : « <u>On</u> savait déjà qu'à grande vitesse, la pierre produit un « plouf » assorti d'éclaboussures, alors que lancée doucement, elle n'émet qu'un petit « plop » sans remous. »

<u>Occurrence 107</u> : « Aujourd'hui, <u>on</u> sait que l'âge est un facteur clé : le nourrisson souffre surtout de dermatite atopique. »

<u>Occurrence 132</u> : « *(Début d'article)*. <u>On</u> le sait, les figures des contes révèlent l'imaginaire des hommes, leurs fantasmes et leurs angoisses. »

Le verbe « savoir », par sa corrélation au pronom « ON », a l'air d'exprimer un savoir partagé entre les membres (non identifiés) d'une communauté spécifiée implicitement par l'emploi dudit pronom et par la présence du lexique spécialisé. (Dermatite atopique). FLØTTUM écrit à ce propos : *« Les verbes modaux, sans bloquer les autres emplois de « ON », en indiquent souvent une interprétation indéfinie générique en vertu du caractère non factuel de la situation qu'ils décrivent».*[296] Dans ce cas, le verbe « savoir » focalise l'attention sur l'effet produit ; c'est ainsi qu'on assiste à un rapport de cause à effet dans les exemples précités et le « ON » a une valeur indéfinie spécifique.

II-2-5-5 Les verbes causatifs et intensifs

Le discours scientifique est riche en relations causales qui interpellent la logique et le raisonnement. Celles-ci constituent une partie intégrante des différentes phases de la construction des connaissances.

Comme dans les discours colorés de subjectivité, la causalité dans le discours de vulgarisation scientifique pourrait révéler des traces de positionnement et du raisonnement de l'énonciateur parce que ce dernier peut la critiquer, la mettre en doute ou encore la nier.

Le raisonnement causal apparaît sous forme d'indices lexicaux ou grammaticaux ou par le fait que les interlocuteurs partagent la connaissance d'une relation causale pour pouvoir comprendre ce raisonnement et adhèrent implicitement par l'emploi du pronom « ON ». Ce partage est manifeste par

[296] K. FLØTTUM, Ibid., p. 41.

l'emploi du pronom « ON » précédé de « l' » par souci d'euphonie et que nous trouvons dans l'exemple ci-après :

Occurrence 103 : « ….**ce qui se confirme lorsque l'<u>on</u> supprime le gène codant pour la vitellogénine ».**

Le rapport est défini, ici, comme la relation de cause à effet (À cause B). La cause dans cet emploi est « la suppression du gène codant pour la vitellogénine, hormone de vitalité chez les insectes, (A) qui entraîne le passage de l'abeille du stade d'ouvrière au stade de butineuse.

Ceci dit, la prise en charge de la relation « cause à effet » est analysée *via* une relation combinatoire entre les unités lexicales et syntaxiques. Dans cet exemple, le raisonnement causal est déduit, d'une part, de la conjonction « lorsque » qui acquiert une valeur de cause (et non de temporalité) et, d'autre part, du sens du verbe qui concourent à l'élaboration de l'argumentaire scientifique.

L'examen de notre corpus a révélé, également, la présence d'autres verbes qui ont une portée d'amplitude ou d'intensité (augmenter, multiplier…). Ce sont des verbes très fréquents en médecine et en biologie et qui se mêlent, dans certains emplois, avec les verbes causatifs.

<u>Occurrence 66</u> : « Nous n'en sommes pas là. Car, par exemple, dès que l'<u>on</u> <u>accroît</u> la taille de l'organe à « imprimer » de nombreux problèmes surviennent».

Dans cette occurrence, le verbe « accroître » fonctionne comme un verbe intensif qui renvoie à un phénomène technique lié à l'amplification de la taille d'organe. Le sémantisme de ce verbe montre qu'il y a un changement d'état (cause à effet aussi) dont le chercheur scientifique (énonciateur) est responsable puisqu'il implique son point de vue, autrement dit, les marques de sa présence suite à ses propres expériences. De plus, la forme verbale de

« accroître » est combinée à une construction nominale et à un lexique spécialisé. L'emploi de ces verbes intensifs semble important dans le discours de vulgarisation scientifique puisqu'il contribue, à l'instar des autres verbes, à la construction du raisonnement scientifique.

Au vu de ce qui précède, nous constatons que les verbes, dans le discours de vulgarisation, rattachés au pronom « ON », explicite la présence de l'énonciateur chercheur tout en véhiculant des théories scientifiques fondées sur un cadre empirique. La richesse sémantique des verbes a permis de dégager différents niveaux de raisonnement qui demeurent spécifiques au discours de la science, par opposition aux autres genres discursifs. Toutefois, ces verbes ne peuvent être appréhendés que s'ils sont raccordés à un système temporel qui, à son tour, fait valoir les étapes et les résultats de la recherche scientifique.

D'après notre analyse du fonctionnement des verbes au sein des articles tirés de la revue « Science et vie », nous constatons que les temps verbaux sont de différentes sections selon l'emploi.

Le présent est le temps qui a la plus grande proportion dans un article de recherche scientifique où il revêt différentes valeurs. En fait, il « *est le temps de ce qui n'est ni futur ni passé,* [selon Grevisse] *c'est-à-dire qu'il convient à la fois pour les faits qui se passent au moment de la parole et les faits intemporels (faits habituels, vérités générales […] c'est le présent dit gnomique* ». [297]

La première valeur que nous avons relevée dans le corpus renvoie à un présent historique facilement identifiable par un complément du temps :

[297] M. GREVISSE, Ibid., p. 1288.

<u>Occurrence 73</u> : « On sait que Maurice PRINCET a visité l'atelier de Montmartre au printemps 1907, quand Picasso <u>se débat</u> avec les Demoiselles d'Avignon ».

Dans cet emploi, le complément du temps situe clairement l'action (se débattre) au passé. La grammaire traditionnelle attribue à ce genre de présent une fonction stylistique puisqu'il donne une certaine force aux faits passés. L'emploi du pronom « ON » associé au verbe « savoir » (on sait que…) au présent indique que le sujet parlant s'engage dans un processus de description.

Le présent prendrait, également, une valeur de succession, d'habitude ou de permanence selon qu'il exprime des expériences réalisées dans des laboratoires et dont les étapes se succèdent l'une à l'autre ou qu'il précise des résultats fixes.

Ainsi, nous lisons dans les exemples suivants :

<u>Occurrence 23</u> : « Lorsqu'on <u>coupe</u> une vitre avec un diamant ou un coupe verre à mollettes, de minuscules éléments en saillie ou en creux <u>apparaissent</u> sur les bords de la coupe ».

Les verbes (couper, apparaître) conjugués au présent montrent qu'à chaque fois qu'on réalise cette expérience on obtient le même résultat. Cette valeur du présent d'habitude est corroborée, en outre, par l'usage de « ON » à valeur indéfinie mais spécifique (Communauté de chercheurs restreinte) et par l'emploi des termes spécialisés (coupe verre à mollettes…).

Pour exprimer une valeur de permanence, nous lisons dans l'occurrence ci-après :

<u>Occurrence 152</u> : « On sait que les œstrogènes <u>protègent</u> des maladies cardio-vasculaires, qui tuent d'ailleurs cinq fois plus d'hommes que de femmes ».

Il s'agit d'un constat permanent qui peut même prendre une valeur de « vérité générale », dite aussi « valeur intemporelle » communément reconnue et admise dans la communauté scientifique. Cette intemporalité a été évoquée par BENVENISTE qui précise que les temps se distribuent en deux systèmes « *celui de l'histoire et celui du discours* »[298], ce discours peut contenir tous les temps sauf le passé simple, selon BENVENISTE.

L'examen des valeurs du présent a révélé, dans le discours scientifique, une autre aussi importante que les précédentes, à savoir le présent de définition.

<u>Occurrence 158</u> : « En effet, le LightSpeaker est un bloc qui intègre un haut-parleur, un amplificateur et une LED, que l'on visse comme une ampoule ».

Généralement, ces phrases ont une copule qui entraîne une définition par équivalence, par propriété ou par qualification.

A la nette présence des verbes conjugués au présent, s'ajoutent celle de l'imparfait qui est le deuxième en importance suivi du passé composé et du conditionnel.

Temps de l'indicatif, l'imparfait est caractérisé par son aspect non accompli et sécant. D'après son emploi dans le corpus, il exprime l'habitude, comme le présent, pour indiquer que l'action est répétitive dans le passé. En voici un exemple :

<u>Occurrence 19</u> : « Selon lui, le chercheur aurait confondu des données portant sur une lignée de pommes de terre transgéniques avec les résultats d'une expérience où l'<u>on</u> <u>ajoutait</u> des protéines insecticides au repas des rongeurs ».

[298] E. BENVENISTE, Ibid., 1974, p. 83

L'imparfait a, aussi, une valeur historique pour relater des faits déroulés dans le passé, d'où en même temps sa fonction descriptive comme l'illustre cet emploi :

Occurrence 119 : « Ils restaient quelques minutes à ne rien faire, et on leur projetait une autre série, avec des visages et des paysages (un adulte souriant et une plage) : ils devaient imaginer si la personne paraissait heureuse dans ce décor ».

Quant aux passé composé et le conditionnel, les deux sont liés à la conclusion ou le résultat. Plus précisément, le passé composé remplit tantôt une fonction historique, tantôt, il exprime un procès passé mais qui laisse des traces pérennes dans la réalité scientifique (faits permanents). Ces deux temps ont, aussi, une fonction de rappel et permettent de recenser de nouvelles hypothèses. C'est le cas des occurrences ci-après :

Occurrence 04 : « Certains scientifiques ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone ni l'eau ne sont nécessaires. Cette idée est convenable, mais elle conduit à de la science-fiction et il est difficile de la développer. Du moins difficile tant que l'on n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes. »

Occurrence 28 : « Il y a cinquante ans, personne n'imaginait qu'on espérerait un jour un œil pour corriger une myopie. »

Pour ce qui est du futur simple, il marque une réalité qui va advenir (la certitude) et semble être une caractéristique du début du texte. Il est associé à des personnes de conjugaison différentes et possède une dimension inclusive. Les exemples qui suivent sont les plus en vue :

Occurrence 16 : « D'autant plus qu'il y a fort à parier que, d'ici là, on disposera d'un cœur mécanique artificiel parfaitement biocompatible. »

Occurrence 21 : « Bien sûr, on dira aussi que le F117 abattu en Serbie l'a été en raison des circonstances particulières de cette guerre qui n'avoue pas son nom et des conditions d'exécution de sa mission. »

Il est à noter également que ces temps verbaux sont associés aux types de verbes transitifs et intransitifs.

Que les temps du discours de vulgarisation scientifique soient d'ordre descriptif, historique, gnomique, de définition ou autre, il semble, parfois difficile d'identifier leur vraie valeur parce qu'il se trouve que le même temps en revête plusieurs.

Par une représentation graphique et synoptique, nous résumons comment les temps se distribuent dans notre corpus :

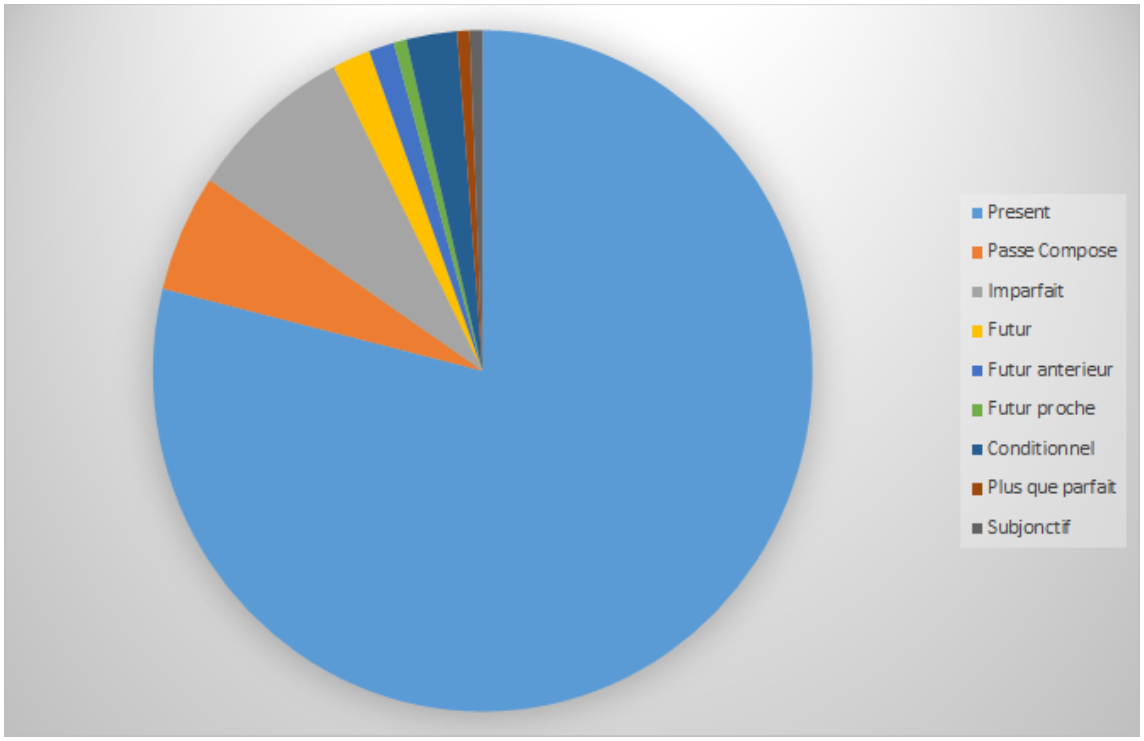


Figure 3 : La distribution des temps dans le corpus

Il s'agit d'un digramme circulaire qui identifie la répartition des temps verbaux dans le corpus. A l'observation de cette figure, il est apparent que le

présent de l'indicatif prédomine dans l'écrit de vulgarisation scientifique (presque 80 %), ce qui atteste de son importance et de la variété des valeurs qu'il exprime. Le segment du temps de l'imparfait est classé en deuxième lieu suivi de celui du passé composé et celui du conditionnel utilisé dans les expressions de l'hypothèse scientifique. Quant aux autres proportions, elles désignent faiblement la présence du futur, du subjonctif et du plus que parfait.

Pour exprimer l'habitude, la répétition ou la définition, tout chercheur scientifique trouve dans l'emploi du présent la légitimité de sa vérité scientifique.

II-2-6 Conclusion

En rapport avec notre problématique qui a pour centre d'intérêt l'étude linguistique et discursive du pronom « ON » dans le discours scientifique, le second chapitre s'intéresse à son fonctionnement. Après une approche définitoire qui consiste à passer en revue les différentes acceptions du pronom « ON » dans certaines théories linguistiques tant au niveau grammatical qu'au niveau sémantique et stylistique, nous avons pu conclure que l'analyse linguistique de cette entité fait appel, médiatement ou immédiatement à deux paramètres à la fois différents et complémentaires, à savoir le cotexte linguistique et le contexte extra- linguistique. Elle peut même être substituable au pronom personnel « nous » et revêt plusieurs emplois avec des référents différents et des interprétations aussi différentes. Nous avons aussi évoqué le rapport qu'entretient le pronom « ON » avec le système verbal. Certes, les verbes possèdent des temps et des modes, ils sont de catégories diverses et, du coup, ils se manifestent sous plusieurs aspects, ce qui influence sur leur sémantisme. Cette diversité sémantique attribue à ce pronom une certaine subjectivité attestée à deux niveaux : syntagmatique et paradigmatique. Le

premier met en œuvre les rapports syntaxiques entre les mots tandis que le second se rapporte aux sens conférés à l'énoncé.

Par ailleurs, dans le discours scientifique, et en association avec le pronom « ON », le sens est dégagé aussi à travers plusieurs procédés langagiers, entre autres, les figures d'analogie et plus spécialement la métaphore. En effet, dans ledit discours, ce procédé entraine de nouvelles structures langagières qui font ancrer la marque subjective de leurs producteurs. C'est dans cette perspective que nous ciblerons le troisième chapitre.

Chapitre 3 : Enonciation et rhétorique dans le discours scientifique

II-3-1 Introduction

L'énonciation a toujours mis en avant les études des éléments marquant, dans un texte, la présence de l'auteur et ses traces subjectives, et parmi ces traces, nous nous intéresserons à quelques figures de rhétorique, notamment à la métaphore qui fait l'artifice du discours scientifique.

Force est de constater que les chercheurs scientifiques ont toujours usé de divers moyens langagiers pour expliquer le monde et ses vérités. Ils ont étayé leur raisonnement par l'emploi de ces figures pour rapprocher le récepteur d'une réalité, parfois, abstraite tel que l'emploi des comparaisons et des métaphores dans la discipline de la physique quantique[299].

Avant d'entamer le volet des définitions des figures, il importe, d'abord, de rappeler qu'à l'instar du discours littéraire, le discours de la science génère des figures qui méritent un examen approfondi. C'est un terrain fertile qui permet de présenter aujourd'hui une conception revisitée des figures comme l'ont fait, d'ailleurs, certains courants modernes de la linguistique, telles que la stylistique et la poétique moderne qui prétendent avoir englouti la rhétorique classique.

De sa part, et comme nous l'avons antérieurement précisé, le locuteur pris en charge par l'emploi du pronom « ON » est introduit comme paramètre essentiel dans les conditions de réalisation de ce genre discursif qui repose sur la création de nouvelles structures langagières pour transmettre des connaissances scientifiques. Ce sont, bel et bien, les figures et les images qui

[299] La physique quantique « étudie la manière dont la matière se comporte dans l'infiniment petit […] Quand nous parlons de molécules et d'atomes, nous restons dans le domaine de la physique classique […] mais une fois nous sommes au niveau subatomique, nous parlerons, donc, de la physique *quantique* ».

procurent une liberté d'expression au chercheur scientifique (locuteur / énonciateur) pour produire une nouvelle construction du discours. A cet égard, Marc BONHOMME affirme que « *produire des figures, c'est activer des schèmes discursifs qui modélisent certaines variations de la langue en vue d'augmenter la pertinence de la communication* »[300].

Autrement dit, atteindre le but de la communication est une responsabilité qui incombe au locuteur censé opérer un choix optimal des figures sans rompre avec le contexte où elles apparaissent. Aussi, l'emploi des figures du discours nait-il de l'ajustement d'une forme linguistique avec un contexte bien précis. Mais avant d'étudier les lois régissant cet ajustement, ne s'avère-t-il pas pertinent de dresser le bilan de quelques acceptions de la notion de « figure » tout en examinant sommairement son champ d'appartenance et les différents contextes d'évolution de ces faits de discours ?

II-3-2 La rhétorique et les figures

L'étude des figures relève de la rhétorique qui est une discipline ancienne et aussi vieille que le monde. Les grecs et les romains s'y sont beaucoup intéressés et ils en ont fait usage surtout pour défendre leurs droits. Elle est vague et difficile de délimiter son domaine puisqu'elle intègre la grammaire, la philosophie, la psychologie, la logique, etc. De surcroît, elle est considérée comme l'art qui manipule les esprits.

[300] M. BONHOMME, *Pragmatique des figures du discours*, Paris, Champion 2005, p. 41.

Aristote précise que « *la rhétorique est la faculté de découvrir spéculativement ce qui, dans chaque cas, peut être propre à persuader. Aucun autre art n'a cette fonction* »[301].

Cette définition restreint le rôle de la rhétorique à celui de l'argumentation et fait d'elle un moyen de penser les techniques de persuasion. A ce niveau, l'orateur est amené à faire adhérer le public à son raisonnement en ciblant le côté émotionnel ou le pathos dudit public. La subjectivité dans ce contexte est incontestable puisque le rhéteur use de son expérience, de son essence, de sa crédibilité et de son intégration (éthos) pour être persuasif.

Pour la construction d'un discours efficient qui comprend des arguments objectifs, la rhétorique repose également sur le logos qui est l'ensemble des connaissances et des informations que l'orateur émet précieusement et brillamment.

En tant que compétence cognitive et linguistique, la rhétorique suppose des techniques et des astuces qui assurent sa performance (l'élocution), mais elle est aussi une réflexion sur le discours, ce qui motive l'attention de certains linguistes d'aujourd'hui vis-à-vis de cette discipline. Pour Gérard GENETTE, par exemple, la rhétorique est l'étude des figures de style et Chaim PERLMAN la considère comme l'art d'argumenter, elle est la raison elle-même. Quant à Roland BARTHES, la rhétorique est un métalangage. Ainsi, résumera-t-il ses opérations essentielles en cinq catégories :

a- L'invention : elle renvoie à l'ensemble des moyens mis en œuvre pour convaincre et persuader.

[301] ARISTOTE, Rhétorique I, 1355 b, [1932] page 76, les Belles lettres. Cité dans un article électronique de Carine DEUTEIL-MOUGEL, Introduction à la rhétorique, revue – texto, net/1996-2007/Repères/thèmes / DEUTEIL /Deuteil_rhétorique1.html.

b- La disposition est l'arrangement des idées dans le discours. Autrement dit, c'est le mode de la reproduction des faits (la thèse) et des arrangements pour épater le public qui doit être, au final, convaincu logiquement, raisonnablement et émotionnellement.

c- L'élocution s'avoisine à l'étape incontestée de la rhétorique qui fait l'élégance de la langue. Elle comprend le choix des mots, l'emploi des figures et l'utilisation des images. Un bon orateur est celui qui parvient à conjuguer ces moyens pour une valorisation esthétique de la parole.

d- L'action est la phase qui traite de la prononciation, de la variété du ton, du timbre de la voix. Bref, c'est la manière dont le discours est joué.

e- La mémorisation vise le déploiement des outils mnémotechniques pour retenir l'élocution, telle que la répétition pour réussir la prestation sans notes devant l'auditoire.

De ce qui précède, nous constatons que la rhétorique est une discipline qui raccorde le talent à la technique, à la science et à la connaissance. C'est un art qui sert à persuader et à émouvoir et dont les racines se sont développées pour recouvrir aujourd'hui d'autres domaines, tels que le management et les sciences exactes.

Dans ce sillage, la rhétorique managériale consiste à adapter l'action et la diction au contexte professionnel pour convaincre le public de l'Entreprise. Un dirigeant doit être un bon orateur et faire preuve d'un esprit calibré correctement dans le but de concrétiser le projet entrepreneurial.

D'un autre côté, la rhétorique a irrigué le discours des sciences exactes (objet de notre étude). Ces dernières exploitent de plus en plus les procédés rhétoriques afin de vulgariser, parfois, les connaissances et sortir du discours convenu en donnant goût aux mots.

Cela étant, le discours de la science commence à refléter une dimension subjective et une visée persuasive pour renseigner sur les enjeux cognitifs de ce genre.

Progressivement, la rhétorique fait son grand retour sur le devant de la scène pour asseoir l'idée qu'elle a toujours une visée argumentative et qu'elle ne se réduit pas à un répertoire de figures, mais c'est plutôt une construction de la parole suscitant l'engouement aussi des auteurs scientifiques.

A ses débuts, la notion de « figure » a connu un certain flottement, elle renvoyait, d'abord, à une forme particulière du discours pour avoir, ensuite, plus de précision puisqu'elle se trouve rattachée à un écart intentionnel de la part du locuteur dans ses choix de la forme du discours.

Fontanier, célèbre rhétoricien classique confirme ce constat en écrivant que « *les figures du discours sont les traits, les formes, ou les tours plus ou moins remarquables et d'un effet plus ou moins heureux par lesquels le discours, dans l'expression des idées, des pensées et des sentiments, s'éloigne plus ou moins de ce qui en eût été l'expression simple et commune* »[302].

Pour lui, l'expression « simple et commune » signifie l'utilisation régulière d'un mot. En d'autres termes, le principe de « figure » repose sur l'idée qu'il existe deux sens ; un sens propre qui est une première signification du mot et un sens figuré dont la vocation est de changer le sens littéral et habituel, ce qui stimule chez le récepteur une nouvelle vision de la construction du sens. C'est ce que confirme Quintilien en précisant que la figure est « *un changement raisonné du sens ou du langage par rapport à la manière ordinaire et simple de s'exprimer* »[303].

[302] Pierre FONTANIER, *Les Figures du discours*, Paris, Flammarion, 1977, p. 64.
[303] QUINTILIEN, *Institution oratoire*, livres VIII et IX, Paris : Les Belles lettres (1978) cité sur www.unige.ch/lettres/framo/enseignements/methodes/frhetorique/frintegr.html

Ces définitions permettent de développer de manière éclairante l'idée que les figures sont une forme de présence et d'ancrage de leurs producteurs témoignant ainsi de leur dominante énonciative.

La figure est un moyen de véhiculer la pensée de l'énonciateur s'inscrivant dans un contexte scientifique (objet de notre recherche) et son effet n'est jaugé que dans le discours. Ceci dit, nous interpellons, ici, la dimension fonctionnelle du langage élaborée par Jakobson et dont nous choisirons que quatre fonctions :

1- Une fonction phatique qui établit le contact entre l'énonciateur et l'énonciataire matérialisée, parfois dans notre corpus, par des titres d'articles sous forme de questions rhétoriques comme l'illustre l'exemple suivant :

<u>Occurrence 111</u> : « N'utilise-t-on vraiment que 10 % de notre cerveau ? »

La réponse par la négative est déjà comprise de manière sous-jacente dans la question dans le but d'orienter la pensée de l'allocutaire et de l'inviter, au contraire, à admettre que toutes les zones de notre cerveau fonctionnent au moment où nous pensons, nous bougeons ou nous travaillons, sauf que certaines zones plus actives que d'autres.

2- Une fonction cognitive qui permet de générer de nouveaux concepts et multiplier les connaissances scientifiques chez les énonciataires.

3- Une fonction impressive : quand les figures touchent l'affect du récepteur. C'est un paradigme qui jouit d'une importance centrale dans la construction du savoir scientifique portant, à titre d'exemple, sur les croyances, les attitudes ou les émotions.

En voici un passage ci-dessous qui éveille aussi bien la raison que l'émotion chez le lecteur qui voudrait partager quelques connaissances sur la physique quantique par le truchement des images métaphoriques dont les autres fonctions seront détaillées dans la section suivante :

« *…Dans ces conditions, la physique quantique constitue un défi à la raison. Elle nous parle d'un monde déroutant, celui des particules, radicalement différent du nôtre…alors même que celui-ci est pourtant formé de ces mêmes particules. Et* ***puisque notre raison nous dit que le monde est un, la crise survient****.*

Il y a ainsi deux « foyers » de folie auxquels les physiciens sont confrontés : d'une part l'étrangeté propre aux énoncés quantiques qui remettent en question nos conceptions du lieu (non-localité), de l'identité (dualité – onde – corpuscule), etc. D'autre part, l'insoutenable incompatibilité entre cette réalité décrite par les énoncés et que nous voyons à notre échelle du monde […].

Récapitulons, la physique quantique pose un paradoxe énervant : le monde des particules affiche des propriétés étranges qui ne peuvent être raccordées à notre réalité quotidienne. Or, elle n'est ni fausse, ni incomplète. ***L'esprit perd pied****…et la tentation est grande de s'évader par la folie »*[304].

4- La fonction argumentative renvoie au rôle persuasif des figures, tels que l'emploi de la comparaison. C'est une situation dans laquelle l'énonciateur cherche à faire appréhender à l'énonciataire une nouvelle notion en la rapprochant à une que ce dernier connait déjà.

<u>Occurrence 158</u> : « En effet, le lightSpeaker est un bloc qui intègre un haut-parleur, un amplificateur est une LED, que l'on visse comme une ampoule ».

A ce niveau, l'objet en question (lightSpeaker) cesse d'être abstrait ou intuitif dans la pensée du récepteur puisqu'il est compris à partir d'une réalité concrète et préalablement connue.

[304] Cet exemple ne contient pas une numérotation parce qu'il ne figure pas sur les occurrences du corpus.

En tout état de cause, il serait intéressant de nous arrêter sur les différentes classifications des figures chez Fontanier. Dans sa division, il en distingue sept relatives à la signification, à l'expression, à la diction, à la construction, à l'élocution, aux figures de style et à la pensée.

II-3-2-1 Les figures de signification : s'intéressent prioritairement à la question du sens. Elles confèrent aux mots d'autres significations que celles de l'emploi propre et ordinaire pour introduire un effet esthétique dans le discours et rendre l'expression plus remarquable. Conséquemment, le récepteur est sous l'emprise de l'artifice du discours. Ces figures se limitent à trois types :

- *La métaphore* : le mieux analysé de tous les tropes. C'est « *une figure par laquelle on transporte pour ainsi dire, la signification qui ne lui convient qu'en vertu d'une comparaison qui est dans l'esprit* »[305], affirme DUMARSAIS.

Etant donné que la métaphore s'est frayée progressivement son chemin dans l'expression des sciences exactes, nous lui consacrerons la section suivante pour déterminer ses subtilités par rapport au discours de vulgarisation scientifique.

- *La métonymie* est une forme d'expression dans laquelle un mot est remplacé par un autre qui lui est lié par une relation d'identité : la cause pourrait remplacer l'effet comme dans l'exemple : « il a avalé la mort ». C'est-à-dire qu'il a avalé un poison qui a pour effet « la mort ».

[305] DUMARSAIS, *Traité des tropes*, Paris, le Nouveau commerce, 1977, p. 112.

La métonymie désigne également une relation de contenant au contenu dans l'exemple le plus connu de « boire un verre » pour boire le contenu du verre. Elle indique aussi :

- L'objet pour sa matière. Exemple « un fer » pour un fer à repasser ;
- La partie pour le tout. Exemple « Avoir sept bouches à nourrir » ;
- L'écrivain pour son œuvre. Exemple « lire un Victor HUGO » pour lire une œuvre de V. HUGO.

Quelle que soit la relation exprimée, la métonymie affiche un rapport de contiguïté qui n'est pas toujours explicité par l'énonciataire. Toutefois, pour y parvenir, l'effort portera sur la reconnaissance et la compréhension du lien existant entre les deux éléments.

- La synecdoque est une variante de la métonymie qui est d'ordre généralement quantitatif alors que la synecdoque est d'ordre qualitatif pour montrer une relation entre le tout et la partie. Elle peut avoir une valeur restreinte comme la synecdoque particularisante, décroissante ou restrictive (l'exemple du voile pour un navire) ou une valeur plus large, telles que la synecdoque généralisante, croissante ou expansive (l'exemple de la voiture a crevé pour dire que le pneu de la voiture a crevé).

DUMARSAIS tire au clair l'ambiguïté qui pourrait exister entre la métonymie et la synecdoque en précisant que « *la synecdoque est donc une espèce de métonymie, par laquelle on donne une signification particulière à un mot (qui dans le sens propre a une signification plus générale ou plus particulière). En un mot, dans la métonymie, je prends un nom pour un autre, au lieu que dans la synecdoque, je prends le plus pour le moins, ou le moins pour le plus* »[306].

[306] DUMARSAIS. Ibid., p.112.

II-3-2-2 Figures d'expression

Fontanier les classe en trois espèces :

a- Par fiction : comme la personnification, la subjectification et l'allégorie. **Le Dictionnaire de Linguistique et des sciences du langage** donne l'exemple de « sur les ailes du temps, la tristesse s'envole » comme une personnification par métaphore.

b- Par réflexion : tels que l'hyperbole, l'allusion et la litote. Exemple : « Va, je ne te hais point » le sentiment d'amour au lieu de le montrer clairement.

c- Par opposition : ces figures consistent à dire le contraire de ce que l'on veut faire entendre telles que la prétérition et l'ironie. Pour FONTANIER, les figures d'expression ou « *tropes improprement dits n'offrent pas comme les tropes en un seul mot, une simple idée, mais une pensée et ils la présentent avec plus ou moins de déguisement et de détour. Ils consistent, par conséquent, dans toute une proposition explicite ou implicite, principale, incidente ou subordonnée, et tiennent à la manière particulière dont la proposition exprime, d'après telle ou telle combinaison des mots* »[307].

De cela, on comprend pourquoi un bon nombre de rhétoriciens classiques ont conçu l'ironie, par exemple, comme figure de pensée par opposition aux figures de mots appelées tropes. Quintilien le confirme en rappelant toujours à propos de l'ironie qu'à « *ce genre d'allégorie où le contraire est signalé, appartient l'ironie […] ce qui la fait comprendre, c'est soit le ton de la prononciation, soit la personne, soit la nature de la classe car il y a désaccord entre l'un de ces éléments et les mots, il est clair que les paroles veulent dire quelque chose de différent […] et il est légitime de déprécier en simulant de louer et de louer en simulant de blâmer* »[308].

[307] FONTANIER, Ibid., p. 109

[308] QUINTILIEN, Ibid., Cité par Ekkehard eggs « Rhétorique et argumentation : de l'ironie », Argumentation et analyse du discours (en ligne).http://journals.openedition.org/aad/219.

A ces tropes, Fontanier rajoute les figures de mots proprement dites et les classe en quatre catégories.

II-3-2-3 Figures de diction : ce sont des figures dont la modification cible la forme matérielle du mot comme « avecque », « encor ». Ces figures ne se rapportent ni au sens ni à la syntaxe et elles sont dépourvues de toute valeur ornementale.

II-3-2-4 Figures de construction : elles se rapportent automatiquement à l'ordre logique des mots dans un énoncé, c'est-à-dire à la place que doit occuper chaque élément dans une phrase. Mais cet ordre pourrait subir un changement pour une finalité esthétique du discours. Les figures de construction se font :

- Soit par révolution comme l'inversion. Exemple : « j'aime de vos longs yeux la lumière verdâtre » (Beaudelaire) ;
- Soit par exubérance comme l'opposition et le pléonasme. Exemple : « je l'ai vu de mes yeux, de mes propres yeux : je l'ai entendu de mes oreilles, de mes propres oreilles » ;
- Soit par sous-entente telle que l'ellipse dans l'expression suivante : « heureux qui comme Ulysse a fait un beau voyage ». Cet exemple sous-entend « Heureux est l'individu qui comme Ulysse a fait un beau voyage »[309].

II-3-2-5 Figures d'élocution : elles sont relatives aux choix des mots et à leur cohérence avec la pensée. Ces figures n'apportent pas un nouveau sens aux mots. Elles s'effectuent :

- Par extension : comme l'épithète. Exemple : « la pâle mort frappe également du pied à la porte du pauvre et à celle des rois » ;

[309] Joachim DU BELLAY, *Les regrets*, 1558.

- Par déduction : d'ailleurs, la répétition illustre cette catégorie. Exemple : « qui dit argent, dit dépenses » ;
- Par liaison telle que l'asyndète qui est une forme volontaire de juxtaposition, fondée sur l'emploi de la virgule. Exemple : « femmes, enfants, parents, il a tout sur les bras » ;
- Par consonance (ressemblance phonétique) comme l'allitération où les sons se répètent pour créer une impression chez l'autre. Exemple : « farfouiller, chuchoter, susurrer ».

II-3-2-6 Figures de style : elles constituent une catégorie dans la classification de Fontanier. Selon lui, ce sont les diverses manières que puisse fournir une langue dans le but de construire et d'extérioriser les pensées. Le style a ses propres sous-classes particulières, il consiste :

- Tantôt en emphase ;
- Tantôt en tours de phrase ;
- Tantôt en rapprochement, telle que la comparaison ;
- Ou en imitation comme l'hypotypose.

II- 3-2-7 Figures de pensée : elles représentent la dernière rubrique dans la taxinomie des figures chez Fontanier. Pour lui, elles consistent en un tour d'esprit loin de toute valeur matérielle, elles ne dépendent pas forcément de la forme et du sens, mais plutôt d'une relation d'un énonciateur à son énoncé. Elles ont lieu :

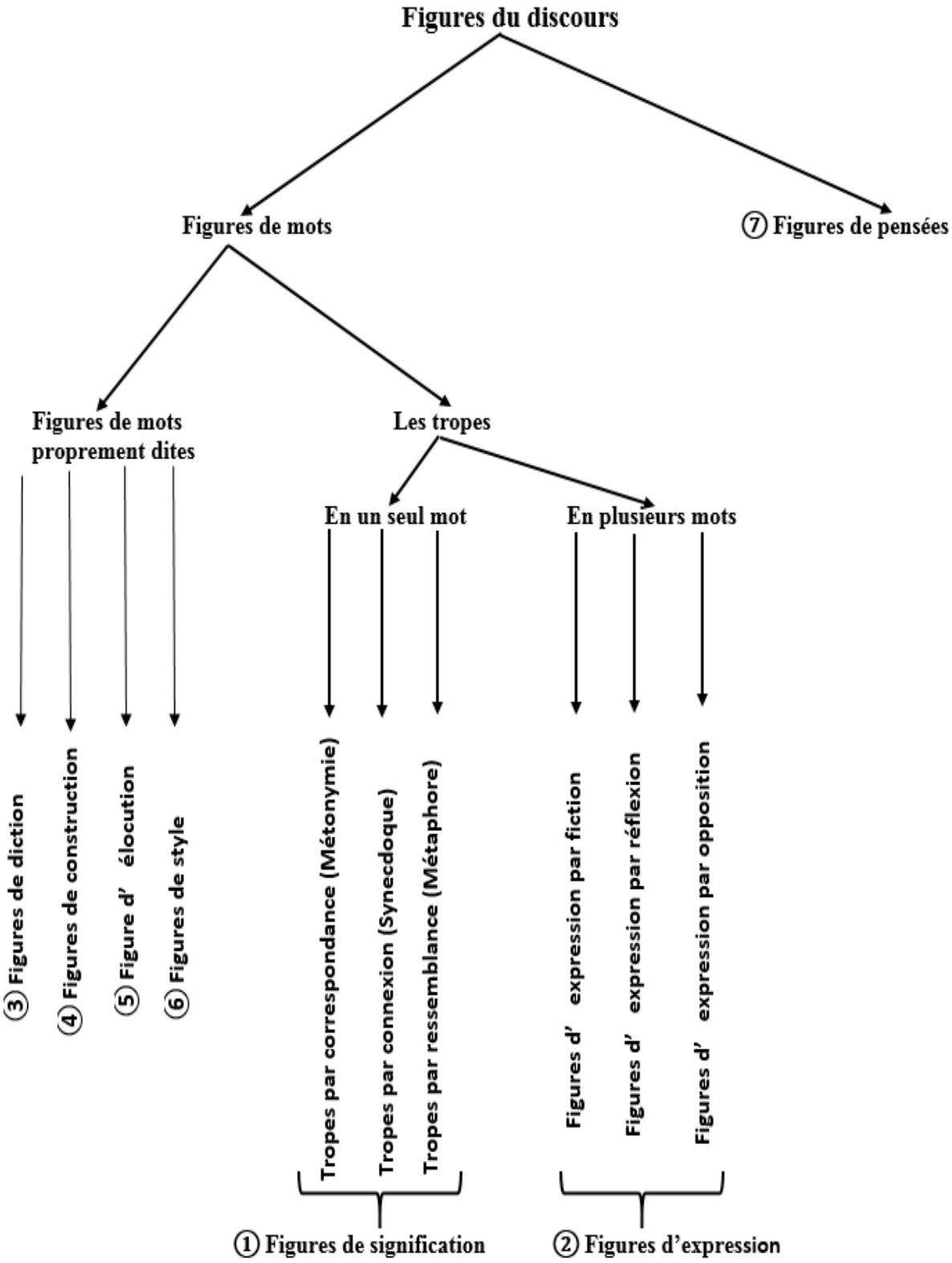
- Soit par imagination comme la prosopopée qui consiste à faire parler les morts, las animaux ou les objets personnifiés. Exemple : « La rivière dit : « je ne veux rien savoir, je coule pour moi seule et j'ignore les hommes » Jules Supervielles, « *La Demeure entourée* » ;

- Soit par raisonnement, telles que la délibération, la concession ou l'exagération ;
- Soit par développement comme la description.

Ce rapide panorama de la taxinomie des figures est parfois jugé complexe et pose beaucoup d'ambigüité vu qu'un bon nombre de rhétoriciens ne sont pas parvenus à la même classification. Toutefois, leur consensus était autour de l'idée que l'usage des figures naît d'une dynamique de la langue puisque ces figures produisent un sens second et des effets de sens qui symbolisent à leurs tours des pensées.

En voici un schéma récapitulatif de la répartition originale des figures du discours chez Fontanier dont la visée est de permettre une présentation synoptique et claire.

Classification des figures du discours selon Pierre FONTANIER



Comme ce répertoire des figures remonte à la discipline antique qu'est la rhétorique, il continue pourtant à nourrir les recherches actuelles qui menées sur le discours. D'ailleurs, la présence de ces formes d'expression dans le discours scientifique corrobore ce constat.

Mais comme les figures du discours ne constituent pas strictement notre objet de recherche, nous nous intéresserons juste et essentiellement à la métaphore comme vecteur de subjectivité apparent dans le contexte lointain (par opposition au contexte immédiat) des occurrences où il y a l'emploi du pronom « ON ».

Ce choix est motivé, certes, par le nombre récurrent des métaphores présentes dans le discours de la science notamment celui de la physique quantique, ce qui octroie à cette image le statut de figure importante dans notre corpus.

Il s'agit plus précisément de s'interroger sur l'être de la métaphore dans notre genre discursif, objet d'étude, en adoptant une approche qui est descriptive et en même temps laisse déceler les traces de l'énonciateur.

Dans ce sillage, il existe une pléthore de littératures et de théories sur la métaphore au point qu'il nous soit impossible de les reprendre toutes dans notre étude, et à lui seul, l'usage de la métaphore dans le discours de la science constituerait un sujet de recherche de plein droit. (Voir les perspectives de recherche dans la conclusion générale).

III-3-3 Métaphore et subjectivité dans le discours scientifique

La métaphore est une figure d'analyse qui relève de la science tropologique, plus spécifiquement des tropes par ressemblance. Elle consiste à relier entre des termes où toute analogie sémantique est initialement absente, ce qui lui permet de générer de nouvelles formes d'expression. Généralement,

elle est définie comme une comparaison implicite, non exprimée par un terme introduisant la comparaison. Elle véhicule autre chose qu'elle est censée exprimer lexicalement, c'est ce qu'assure Aristote en disant qu'elle est « *le transport (epiphora) à une chose d'un nom qui en désigne un autre, transport du genre à l'espèce ou de l'espèce au genre, ou de l'espèce à l'espèce ou d'après le rapport d'analogie* »[310].

Le déplacement du sens, d'après la définition d'Aristote, demeure la caractéristique fondamentale de cette forme d'expression. Elle repose sur un rapport d'analogie entre le sens habituel et un sens nouveau, qui nait de l'opération de métaphorisation. Ce processus emprunte des concepts parfois étrangers et innovants par rapport au sens de l'expression pour pallier une déficience beaucoup plus sémantique que lexicale.

Cela tombe sous le sens de l'affirmation de Le Guern qui insiste sur le fait « *qu'on recourt à la métaphore parce qu'on ne peut pas faire autrement. La métaphore serait une conséquence de la limitation des moyens du langage, c'est-à-dire en définitive une des marques de l'infirmité de l'esprit humain* »[311].

A cet égard, la métaphore est une source d'enrichissement pour le langage et le résultat parfois de l'intuition de l'énonciateur. Pour parvenir à son appréhension, le destinataire est appelé à écarter le sens propre de l'élément métaphorisé et à mettre en avant l'incompatibilité sémantique existante par rapport à la dénomination habituelle et ordinaire d'un concept.

Quant à Dumarsais, il soutient la définition de ses prédécesseurs et estime que « *la métaphore est une figure par laquelle on transporte pour ainsi*

[310] Margel SERGE, « La Métaphore. De la langue naturelle au discours philosophique », 2006/2(n°52). P. 16 – 26. DOI ; 10.3917/rdes. 052. 0016. URL : https : www.cairn.info/revue-rue-descartes-2006-2 pages 16.htm.
[311] M. LE GUERN, *Sémantique de la métaphore et de la métonymie*, Paris, Larousse, 1973, p. 67.

dire, la signification propre d'un mot à une autre signification qui lui convient qu'en vertu d'une comparaison qui est dans l'esprit »[312].

Ce rapport de similarité et des spécificités ont fait de la métaphore « la reine des figures »[313] qui a toujours fait naître un engouement chez les spécialistes du langage et interpelé le lecteur en dévoilant la subtilité de la langue. L'être de la métaphore est engendré, d'une part, dans son objet discursif tributaire des conditions de réalisation de la pensée et d'autre part, dans la conception du monde sensible par le truchement d'une langue fondée sur les principes de substitution et de décodage par l'énonciataire.

Pour étayer nos propos, l'exemple (**Occurrence 11)** « Si on ne peut dompter la terre quand elle se déchaîne, on peut tout au moins s'efforcer d'anticiper les caprices ») illustre le passage d'une image conceptuelle à une image visuelle incarnée par la force à la fois destructrice et terrifiante de la terre.

En fait, cet exemple contient trois métaphores : « **On ne peut dompter la terre** » / « **la terre se déchaine** » / « **anticiper les caprices de la terre** ».

Pour la première image, le verbe « dompter », qui occupe une place prépondérante dans l'énoncé est le foyer de la métaphore, son sens dépend des autres éléments présents « la terre », ce qui engendre une déviation du sens soutenue par la non-conformité des sèmes. Habituellement, « on dompte les animaux », le verbe « dompter » devra entrainer un agent (+ animal), mais dans cet emploi, la lecture métaphorique sera « maitriser la terre pour éviter ses dangers».

Le verbe « se déchainer » (+ humain) signifie « se mettre en colère et s'emporter contre quelqu'un ». Mais transposé dans une réalité scientifique

[312] DUMARSAIS, Ibid., 113.
[313] O. IDRISSI AYDI, La Métaphore « reine des figures » dans le proverbe marocain », in *Faits de langue et société*, N° 1, 2015.

et rattaché à la terre (- humain), il a pour fonction de rendre le sens plus accessible pour les autres qui n'ont pas de prérequis en sciences pour comprendre que la terre ne se garde aucune mesure d'offenser l'Homme lors des catastrophes naturelles (inondations, ouragans…) en provoquant des dégâts sans précédent.

La métaphore portant sur le verbe « se déchainer » semble indiquer une part de l'imaginaire chez l'énonciateur du fait que le savoir et l'invention scientifiques en général s'appuient désormais sur les pouvoirs réels de l'imagination.

« Les caprices de la terre » est une expression métaphorique où on attache une propriété humaine (caprice = désir irraisonné) à la terre. Il s'agit d'une transgression des lois de la catégorisation à laquelle est soumis le mot « caprice » qui doit être associé à un élément dont le sème est (+ humain).

De là, nous pouvons augurer que le discours des sciences, par le biais des métaphores, reflète une imagination cachée dans l'esprit.

Paul Ricoeur n'est pas dans l'erreur quand il a reconsidéré le sens de l'imagination en proclamant qu' « *il faut, en effet, cesser de voir dans l'imagination une fonction de l'image au sens quasi-sensoriel du mot ; elle consiste plutôt à « voir comme… » pour reprendre une expression de Wittgenstein, et ce pouvoir est un aspect de l'opération proprement sémantique qui consiste à apercevoir le semblable dans le dissemblable* »[314].

L'expression « Voir comme… » pourrait s'inscrire dans un processus continu qui traduit une ressemblance où la métaphore trouve sa légitimité.

Par ailleurs, un nouveau champ d'interrogation s'ouvre pour se demander si la métaphore porte uniquement sur les verbes, comme dans

[314] P. RICOEUR, *La Métaphore vive*, Paris, Editions du Seuil, 1975, p. 10.

l'exemple supra. A l'examen des ouvrages référentiels, la réponse est négative car Fontanier assure que la métaphore peut aussi être nominale, adjectivale, participiale, verbale et de manière rare, une métaphore peut être adverbiale.

Avant de procéder à l'explication possible de ces formes et à l'analyse de leur valeur énonciative au moyen des occurrences de notre corpus, il faudrait retracer, à titre de rappel, les trois types de métaphore, à savoir :

La métaphore *in preasentia* où le comparant et le comparé entretiennent une relation de co-présence qui relève de l'ordre de la ressemblance, de l'identification ou de l'analogie.

Une métaphore *in absentia* qui présente un rapprochement analogique mais dont le comparé est déduit dans un contexte virtuel par l'énonciataire. Ce type de métaphore demeure plus délicat puisqu'il exige un grand effort d'interprétation d'éléments syntaxiquement compatibles mais sémantiquement hétéroclites.

Une métaphore filée qui s'étend sur plusieurs phrases ; elle est de forme développée, constituée de plusieurs métaphores unies autour d'un même thème.

S'il paraît limitatif de choisir la métaphore comme figure à étudier dans le discours scientifique, c'est parce que ce procédé de langue y est à la fois représentatif et caractéristique. L'usage des figures en général dans ce genre de discours et celui de la métaphore en particulier ouvrirait de nouvelles portes dans le cadre de la sémantique pour modifier le langage ordinaire de la science. Ce transfert de sens suggère des moments où le chercheur / auteur brise les règles du genre scientifique et se laisse emporter par les émotions tout en puisant son vocabulaire dans un autre domaine, dans un autre contexte ou dans un autre lieu en lui associant une charge subjective, voire émotionnelle.

Dans l'écrit scientifique, qui rattache ordinairement chaque terme à son concept, nous pouvons nous demander ce qui incite le chercheur à se passer du langage scientifique pour recourir à la métaphore.

Pour y répondre, il faudrait, d'abord, insister sur le fait que le discours de vulgarisation scientifique n'est toujours pas celui des spécialistes s'adressant à un public dont les statuts sont différents. Il pourrait, par contre, être celui des journalistes médiateurs qui écrivent pour des profanes et par voie de conséquence, ce passage du savoir savant à un savoir vulgarisé pourrait entrainer une « perte de spécialisation » et le communicateur professionnel (journaliste par exemple) plonge dans les jeux du langage qui ne sont pas, d'ailleurs, loin des enjeux de la pensée[315].

Ensuite, il est bien connu que chez le chercheur ou auteur de l'article, les tournures métaphoriques remplissent plusieurs fonctions, entre autres la fonction argumentative, explicative et ornementale.

II-3-3-1 La fonction argumentative

Dans le discours scientifique, la métaphore est porteuse d'un grand potentiel argumentatif qui s'adresse, tantôt aux affects et fait naître une émotion, tantôt à la raison de l'énonciataire en matérialisant par une image sa réflexion scientifique. C'est un moyen de garantir l'adhésion du destinataire en citant une loi biologique, une règle de la physique ou tout simplement en comparant un phénomène naturel à l'un des aspects concrets de la vie humaine ou un humain à un phénomène naturel (prendre une femme pour la lune).

[315] A. M. LOFFLER-LAURIAN, « Réflexions sur la métaphore dans les discours scientifiques de vulgarisation » in *Langue* française N° 101, « Les Figures de rhétorique et leur actualité en linguistique », février 1994, p. 78.

Examinons l'occurrence ci-dessous qui éclaire fort bien la dimension argumentative de la métaphore :

Occurrence 165 : « Les bactéries sont des milliards à peupler notre corps pour le meilleur et pour le pire ».

Le verbe « peupler » a une empreinte métaphorique dans ce construit énonciatif dans la mesure où un certain domaine conceptuel (C2) qui est l'activité liée aux bactéries est vu dans un autre domaine conceptuel (C1) relatif « aux habitants qui occupent un pays ». Autrement dit, le domaine C2 est recatégorisé à travers un autre domaine C1. La présence des bactéries dans le corps humain est substituée à une population. Cette idée de recatégorisation fait la légitimité de la métaphore malgré la discordance sémantique ressentie.

Cela rappelle l'affirmation de Le Guern qui précise que : « *lorsque la métaphore porte seulement sur le verbe, on constate une incompatibilité sémantique entre le verbe et son sujet ou entre le verbe et son complément ; c'est cette incompatibilité, sans laquelle il n'y aurait pas de métaphore* »[316].

Plus précisément, cette incompatibilité touche les sèmes du verbe et ses actants : verbe « peupler » (+ humain) lié à un sujet (- humain) et un complément d'objet direct (+ humain).

Ainsi, la métaphore verbale, dans cet exemple, repose sur l'interaction entre le foyer de la métaphore (le verbe « peupler ») et les autres termes qui constituent l'énoncé, ce qui motive le transfert d'un concept vers un autre.

A cela s'ajouterait l'idée que le verbe « peupler » entraine en quelque sorte la personnification des bactéries et prouve que leur nombre élevé octroie à tout un chacun un profil génétique bactérien. Elles sont importantes pour notre organisme, elles siègent sur la peau, dans le nez, dans les poumons, dans

[316] Le GUERN, Ibid., p. 18.

le tube digestif ou ailleurs à l'instar des habitants qui occupent plusieurs zones dans leur pays. Ce rapprochement entre ces deux domaines conceptuels engendre les procès « d'habiter », de « grandir » et d' « évoluer » comme un point d'intersection (ou interaction cité supra) qui fait la force argumentative de l'énoncé. Les bactéries font la carte d'identité biologique de l'être humain pareillement aux habitants qui font l'objet d'une carte géographique de la population.

En considération de ce qui précède, nous reconnaissons que le choix du verbe « peupler » n'est pas fortuit par le chercheur / émetteur de l'article. Il laisse révéler clairement une subjectivité corroborée dans le cotexte par la présence aussi de l'adjectif possessif « notre » et indique la certitude et la véracité du constat rapporté.

Quant à l'expression « pour le pire et pour le meilleur », elle symbolise le mariage de deux conjoints. Ainsi, le foyer corporel où il y a alliance entre les bactéries et les organes humains est comparé à un foyer conjugal où il y a intimité et complicité.

Bref, la somme de ces images traduit l'engagement de l'énonciateur qui est évalué à son juste prix à travers le choix de vocables ayant une portée sémantiquement sensible.

II-3-3-2 La fonction explicative

A l'évidence, la métaphore est un vecteur significatif de l'explication des phénomènes et concepts scientifiques. Elle pourrait contribuer à la compréhension de nouvelles théories notamment auprès du public non spécialisé ou en cours de spécialisation.

Le processus de métaphorisation repose sur l'élaboration d'une relation d'analogie entre une idée abstraite et une image concrète pour la vulgarisation et l'acquisition des connaissances scientifiques. A titre d'exemple, un courant

électrique pourrait être expliqué par un cours d'eau et un cerveau représenté par un ordinateur, ce qui atteste que la métaphore naît, entre autres, d'un besoin de communiquer.

Ainsi, la métaphore devient un phénomène à la fois linguistique et cognitif puisqu'elle contribue à l'acquisition de la connaissance scientifique et concourt activement à des fins d'illustration. Elle attribue une nouvelle terminologie en se focalisant sur l'association de deux domaines complètement distincts et parfois en passant d'une science à une autre. Néanmoins, ce rapprochement entre les deux domaines doit être fondé sur les principes de pertinence et de rigueur et doit aussi éviter toute généralisation afin de préserver l'exactitude des concepts scientifiques et servir à bon escient la fonction explicative.

Dans ce sens, le mauvais usage des analogies que pourrait dresser, parfois, la métaphore constituera un frein au processus explicatif et nuire, par voie de conséquence, à la légitimité des connaissances scientifiques. Telle était la position de G. BACHELARD vis-à-vis de l'emploi des images dans le discours de la science. Nous citons à ce propos, l'exemple de l'éponge utilisée pour expliquer les propriétés de l'air ou expliquer comment le lait caille en le comparant au sang qui coagule.

Pour illustrer le caractère explicatif de la métaphore, nous prendrons l'occurrence suivante comme exemple :

Occurrence 166 : « …résorber « les portes dérobées » fœtales ».

C'est le sous-titre d'un article qui traite de la phase qui suit la section du cordon ombilical. Le nouveau-né dépend encore de la circulation sanguine de sa vie fœtale qui se résorbe après quelques jours de sa naissance.

A une première lecture, le niveau dénotatif laisse comprendre qu'il s'agit de « portes », objet matériel aménagé dans un mur pour permettre le passage. Son emploi est non subjectif de signification. Mais rapidement le sens est contourné par l'adjonction de l'adjectif « fœtales » qui invite à un voyage vers un autre monde conceptuel.

Dans un langage commun, le chercheur scientifique (auteur) explique le changement que subit la circulation sanguine chez un nouveau-né.

Avant la naissance, le fœtus dispose de plusieurs canaux sanguins qui disparaissent progressivement après la rupture du cordon ombilical. A savoir, le canal d'Ariantus, le foramen ovale et le canal artériel.

Ces circuits sont repris par une comparaison métaphorique qui assure un transfert de sens : cet objet matériel « porte dérobée » indique un canal artériel discret du cœur qui débouche sur l'aorte pour transporter le sang expulsé du ventricule gauche. Ce canal se rétracte et se referme progressivement grâce à la saturation élevée de l'oxygène (le nouveau-né utilise ses poumons et la saturation passe de 70% à 90% en quelques minutes) et au sang qui préfère se diriger vers les poumons et ne plus passer par le canal artériel, ce qui favorise, alors, son obturation rapide.

Dans ces circonstances, tout semble indiquer que la métaphore contenue dans cet exemple offre au langage la possibilité d'éclaircissement de concepts imposés par le contexte de vulgarisation tout en mettant en valeur les caractéristiques communes entre le métaphorisant et le métaphorisé. A cet égard, Nous comprenons pourquoi Anne-Marie Loffler-Laurian dans son article intitulé « Réflexions sur la métaphore dans les discours scientifiques de vulgarisation » qualifie la métaphore de « *catalyseur de compréhension. Elle parle à l'imagination, elle visualise, incarne, spécifie ce qui, selon le*

jugement du rédacteur, ne peut être « saisi » intellectuellement autrement »[317].

L'objectif étant de relever tout flou définitoire, le chercheur/auteur opère, donc, un choix de mots (portes) dont leurs signifiés demeurent adaptés au destinataire, quoique la réalité scientifique fournisse largement des termes appropriés à la situation étudiée. Aussi le mécanisme de métaphore contribue-t-il à la prolifération du vocabulaire, à l'enrichissement de la langue et à l'appropriation des connaissances.

II-3-3-3 La fonction ornementale

Il s'agit d'une autre fonction qui mériterait d'être exposée, notamment dans notre domaine particulier de la vulgarisation scientifique.

La fonction esthétique de la métaphore est marquée par le changement du registre lexical, elle forme des guirlandes pour le discours et construit, en même temps, une dimension libératrice pour l'énonciateur.

L'analyse dudit discours témoigne que le chercheur scientifique dispose à l'origine, et pareillement au poète et au romancier, d'une liberté d'imagination démesurée tout en préservant l'équilibre entre l'expression et le contenu. Ceci remet en doute l'idée que les figures en général et la métaphore en particulier sont l'apanage du discours littéraire, comme il l'est communément admis.

De surcroît, il est bien connu, rappelons-le que la rhétorique, champ d'appartenance de la métaphore, est l'art de « bien dire » de telle sorte que le processus de métaphorisation sert inévitablement à agrémenter l'expression scientifique.

[317] A. M. LOFFLER-LAURIAN, Ibid., p. 78.

Il n'est pas sans intérêt de préciser également que la fonction ornementale de la métaphore interpelle celle du langage en général, incessamment évoquée par les rhéteurs traditionnels, entre autres, (Cicéron) et quand nous retraçons le mot « langage », nous ne le réduisons pas au langage littéraire, il s'agit, toutefois, de porter ce concept aux autres types de langage, compte tenu de leurs conditions contextuelles.

Certes, une métaphore placée dans le discours scientifique a un rôle esthétique attractif. Néanmoins, elle demeure, en outre, un moyen libérateur qui permet de briser cette rigueur dans laquelle s'inscrit le chercheur depuis le début de son raisonnement jusqu'à la validation des résultats. Dès lors, il sort de son recroquevillement et adhère à une reconversion pour une finalité bien utilitaire (voyage poétique et spirituel par exemple).

La beauté intuitive du discours de la science est énormément perceptible dans l'exemple suivant :

Occurrence 167 : « *Pour mieux comprendre la situation des physiciens confrontés à la folie quantique, une petite fable peut ici servir de métaphore. Les sages indiens adeptes du jaïnisme racontent que dans un village où vivaient six hommes aveugles, un éléphant vint un jour s'égarer. Ignorant ce qu'était un éléphant, les six aveugles allèrent à sa rencontre pour s'en faire une idée. « Un éléphant, c'est une colonne » constata le premier qui tâtait une patte. « Non, c'est une corde » dit celui manipulait sa queue. « Vous vous trompez, c'est un tuyau rigide » dit celui qui empoignait une défense. « Vous êtes fous, s'énerva le quatrième aveugle qui palpait une oreille, c'est un gros éventail ».*

« Mais non ! Explosa celui qui touchait le ventre, c'est un énorme mur mou ». « C'est plutôt un long tube élastique », hasarda, déstabilisé le sixième qui caressait la trompe de l'animal…Une dispute éclata, si violente que les cris parvinrent aux oreilles d'un promeneur passant par là. Lequel

comprenant leur méprise, leur dit : « Vous avez tous raison : un éléphant, c'est tout ça en même temps ». Les aveugles cessèrent alors de se chamailler, satisfaits de savoir désormais qu'un éléphant était la somme d'une colonne, d'une corde, d'un tuyau rigide, d'un éventail, d'un mur et d'un tube, mais malheureux à l'idée que jamais ils ne pourraient appréhender intuitivement l'animal dans sa globalité ».

Le processus de métaphorisation dans cet exemple a pour fonction de séduire le destinataire par une saveur particulière. Cette série de comparaisons elliptiques associe la connaissance mnémotechniques à l'humour vu que l'auteur / chercheur s'éloigne du réalisme scientifique et transite vers les représentations imaginaires. De ce fait, cette addition de représentations fait naître un retentissement esthétique chez l'énonciataire et la métaphore devient, alors, et par excellence, un art de la parole qui continue à servir l'acte d'appréhender la connaissance scientifique.

Au niveau de la réception de cette image métaphorique, l'interprétation de l'énonciataire repose sur ses connaissances éparses et sur ses compétences pour rapprocher les membres d'un corps d'éléphant à des objets inanimés (colonne pour les pattes, une corde pour la queue, un mur mou pour le ventre, etc.).

II-3-4 Conclusion

Tout bien considéré, la langue dans son mouvement de réalisation et d'actualisation use des figures.

Suivant le genre discursif qui a fait notre objet de recherche, il conviendrait de dire que la métaphore a pour objectif de favoriser deux versants essentiels, à savoir celui de la cognition repris par la fonction explicative et argumentative et celui de l'ornement (fonction poétique) lié à la beauté du langage. Sauf que ce dernier a tendance, parfois, à s'éclipser sous

l'effet du phénomène de la lexicalisation de la métaphore. C'est-à-dire que la figure métaphorique entre de plein droit dans l'usage quotidien de la langue et devient elle-même un sens propre, voire un figement (ex : pied de table, aile du moulin, feuille de papier…).

Si ce volet de notre recherche n'a abordé que l'emploi de la métaphore, c'est parce que cette dernière est plus évocatrice dans le discours scientifique et fait basculer l'énonciateur aussi bien que l'énonciataire d'un univers à un autre. Elle est caractérisée par un degré d'abstraction plus significatif que celui d'autres figures et plus remarquablement celui de la comparaison qui est différente initialement de la métaphore par la présence d'un terme de comparaison. La métaphore dit « ceci est cela », tandis que la comparaison dit « ceci est comme cela ».

Partant de là, il convient de rappeler la différence qui est née des points de vue d'Aristote et de Quintilien. Aux yeux du premier, la métaphore ne serait pas une comparaison abrégée comme l'a proclamé Quintilien, mais au contraire, c'est la comparaison qui est une métaphore développée.

Que l'une interpelle l'autre, les deux demeurent des procédés permettant la mise en relation de deux concepts, soit par écart, soit par un rapprochement explicite pour œuvrer à la construction du discours.

Parallèlement, il était question dans cette section de montrer à quel point le discours scientifique prête à investissement figural dans une dimension énonciative. D'ailleurs, pour parler de processus de métaphorisation réussi, il faut qu'un certain nombre de représentations chez l'énonciateur et chez l'énonciataire convergent pour déterminer le référent d'objet métaphorique dans une réalité scientifique. En d'autres termes, l'isotopie d'une image métaphorique n'est assurée que dans le cadre de l'énoncé et de l'énonciation.

Ainsi, la métaphore s'est présentée sous une forme façonnée et revisitée par les motivations de l'énonciateur et sous l'emprise de sa subjectivité pour placer toutes les formes de l'expression dans une matrice adaptée aux exigences de l'énonciataire.

Nous estimons, dans cette optique, que l'utilisation des figures dans le discours scientifique est un comportement énonciatif qui n'est mesuré qu'en fonction de l'effet de réception obtenu chez l'autre (convaincre ou /et séduire par exemple) et qui révèle, toujours, l'acte d'appropriation individuelle du langage. Cet acte est étroitement lié à la catégorie de la personne manifestée par l'emploi du pronom personnel indéfini « ON » qui interagit avec son contexte lointain constitué d'éléments transphrastiques qui sont, entre autres, les figures. Ces figures modalisent, à leur tour, la parole et marquent l'ancrage énonciatif de leurs producteurs.

Conclusion générale

Que conclure de cette recherche ? Le verbe « conclure » est pris dans le sens de « tirer des résultats » de ce qui a été élaboré pour tracer d'autres perspectives de recherche.

Conclure, non pas en affirmant que la problématique de l'énonciation au niveau de l'écrit scientifique ait été épuisée au bout de ces pages, mais conclure avec l'impression que la problématique de notre objet d'étude a abouti à une solution satisfaisante.

Croire en ce domaine si ambitieux qu'est le discours scientifique, c'est témoigner d'un sujet pertinent, c'est creuser dans les entrailles d'une thématique dont le dessein est de contribuer à l'approfondissement et à l'enrichissement des recherches qui se mènent actuellement sur les types de discours.

Il a fallu commencer ce travail par présenter le cadre théorique qui sous-tend notre objet de recherche pour évaluer à quel degré l'énonciation semble nécessaire pour l'analyse du discours. Cette théorie a remis à l'ordre du jour une série de questions qui avaient été plutôt marginalisées par les grammairiens traditionnels et les structuralistes. Elle a engendré une diversité dans l'orientation des linguistes, mais ils avaient tous le même objectif, c'est celui de situer le texte dans une optique discursivo-énonciative.

Partant de ce principe, il était idoine d'expliciter certaines notions qui gravitent autour de la théorie de l'énonciation, en l'occurrence les notions de discours, de phrase, de coénonciation et d'énoncé. Ce dernier est attesté, selon toutes les approches énonciatives à travers trois paramètres, à savoir : le temps, le lieu et le sujet. Celui-ci, lié à une typologie de discours bien déterminé qui est le discours de la vulgarisation scientifique, était le point

fondamental de notre recherche. Autrement dit, l'objectif de notre étude était de traiter l'image de l'auteur dans le cadre des articles de la revue « Science et vie » et de montrer à quel point sa représentation dans les articles a bouleversé le principe d'un genre reconnu plutôt par la dépersonnalisation et la neutralité.

Nous avons constaté qu'un nouveau rapport au monde nait lorsque le chercheur scientifique s'interroge, décrit, agit et convainc tout en utilisant différents procédés linguistiques qui lui permettent de marquer son empreinte dans l'énoncé. Parmi ces procédés, le pronom « ON » avec son aspect présent et récurrent dans le corpus.

L'approfondissement de l'analyse a montré que cette particule renvoie à la présence d'un ou de plusieurs êtres humains mais leur identification n'est possible que par le recours aux paramètres contextuels et au potentiel cognitif partagé par les communicants.

De plus, il a été remarqué que « ON » interagit avec aisance avec les pronoms de la première personne, ce qui lui confère une certaine souplesse et une possibilité de référer à l'énonciateur de manière implicite. A ce niveau, notre première hypothèse trouve sa confirmation : soucieux de préserver la rigueur et la précision de l'écrit scientifique, l'auteur / chercheur feint l'objectivité. Il n'utilise ni « je », ni « tu », mais il fait appel à cette forme d'effacement énonciatif pour véhiculer son identité et le bien-fondé de ses théories afin d'influencer l'autre.

Dans la même veine, et tant que le discours scientifique est porteur de traces d'identité, la deuxième hypothèse nous a interpellée pour évaluer le degré de la manifestation subjective de l'auteur dans ses articles.

Les investigations ont conduit vers le rejet d'une idée largement conçue, à savoir que le discours scientifique est un genre neutre et dépourvu de toute

trace personnelle. Nous avons montré tout au long de notre travail que l'auteur / chercheur se dissimule derrière les faits et les objets de la science qui sont plutôt objectifs et que l'emploi, entre autres, de modalités de pensée, de vocabulaire évaluatif intimement liés à l'enjeu de persuasion de la science prouve ce constat.

C'est ainsi que la subjectivité est manifeste dans l'écrit scientifique, ce dernier intègre son auteur par la présence relativement importante de « ON » et des autres éléments linguistiques qui composent son cotexte.

Sur le plan référentiel, nous rappelons que la référence est de l'ordre de trois classes : déictiques, anaphorique et générique (le sens par défaut).

Par rapport à la première classe, en l'occurrence celle des déictiques, nous avons trouvé que le « ON » revêt ce statut quand il remplace le « je » dans certaines occurrences. Il peut être aussi anaphorique quand il est nécessaire de revenir au cotexte pour repérer l'élément repris par « ON ».

Quant à la troisième catégorie, son référentiel est d'ordre générique. Le pronom « ON » trouve sa légitimité parfois dans cette classe lorsque ni le cotexte, ni la situation d'énonciation ne renseignent clairement sur sa valeur. Cette multiréférentialité apporte des éléments de réponse à notre troisième hypothèse.

De surcroît, nous avons agrémenté notre travail d'un point particulièrement original, à savoir l'étude de la métaphore dans le discours de vulgarisation scientifique comme vecteur de subjectivité et en même temps de saveurs particulières qui chatouillent les papilles de l'esprit.

Le constat est clair : la langue dans son mouvement d'actualisation intègre la métaphore comme procédé d'écriture pour présenter des concepts scientifiques. Les motivations de la métaphorisation scientifique sont, en premier lieu, d'ordre persuasif et cognitif et en deuxième lieu, elles visent la

consommation de masse. La revue « Science et vie » est sollicitée par tous les profils parce qu'elle vulgarise le savoir scientifique et chacun s'y retrouve.

Tout compte fait, les objectifs de notre étude semblent être atteints malgré les embûches rencontrées lors de sa réalisation. A cet égard, deux difficultés majeures ont été recensées : d'une part, le caractère « illusionniste » du pronom « ON » qui fait qu'il échappe, parfois, à toute tentative d'analyse. Sa complexité sémantique et référentielle se posait avec acuité lorsque le cotexte et le contexte ne fournissent pas clairement d'indices pour identifier sa vraie valeur ; à ce moment-là, le sens générique du « ON » s'impose.

D'autre part, certains concepts scientifiques figurant sur les articles nous semblaient parfois compliqués vu que notre formation académique ne correspond pas au domaine des disciplines des sciences exactes.

En dépit de ces obstacles, ce travail a attisé en nous la flamme du chercheur, ce qui invite à ouvrir des perspectives de recherche multiples et ambitieuses.

Le discours scientifique est une mine d'or à exploiter et possiblement, nous pourrions inscrire nos recherches futures dans une approche contrastive pour comparer l'identité énonciative du discours scientifique par rapport à celle d'un autre genre discursif, notamment le juridique pour identifier les caractéristiques typifiantes qui ressortent d'un tel rapprochement.

Semblablement à cette première approche, nous pourrions confronter une autre spécificité linguistique du discours scientifique **écrit** à une du discours scientifique **oral** en interrogeant, par exemple, les communications scientifiques présentées lors des colloques et séminaires.

Un autre phénomène qui ensorcèle et que nous voudrions exploiter, et cette fois-ci, en profondeur, c'est celui de l'usage des figures dans le discours

scientifique. Malheureusement, cet aspect a été juste effleuré et nous n'avons pas eu la possibilité d'en rendre compte, ici, clairement. Nous estimons, par conséquent, que notre curiosité scientifique n'est pas encore assouvie. Pour cela, nous envisageons que nos futurs travaux suivent cette tendance en leur intégrant une dimension plus vaste et en exploitant des corpus plus étendus.

A la fin, nous ne manquerons pas de signaler l'intérêt des études linguistiques du discours de la science par rapport à l'activité du scientifique qui réside dans son choix pertinent des moyens appropriés contribuant à la promotion des savoirs. Cela ne pourra que raviver la joie de continuer …

Bibliographie

ADAM, J. M. (1989) : « Pour une pragmatique linguistique et textuelle » in *L'interprétation des textes sous la direction de Claude REICHLER*, Paris, Minuit, collection Arguments.

ADAM, J.M. & GOLDENSTEIN, J.P. (1976) : *Linguistique et discours littéraire, théorie et pratique des textes*, collection L, Paris, Larousse.

ADAM, J.-M. (2005) : *La linguistique textuelle, introduction à l'analyse textuelle des discours*, Paris, Armand Colin.

AMOSSY, R. (1999) : *Images de soi dans le discours, la construction de l'ethos*, Lausanne, Delachaux et Niestlé.

ATLANI, F. (1984) : « On l'illusionniste » in ATLANI, F. DANON-BOILEAU, L., GRÉSILLON, A., LEBRAVE, J. & SIMONIN, J., La *Langue au ras du texte*, Lille, Presses Universitaires de Lille, pp. 13 – 29.

AUCHLIN, A. (1997) : *Introduction à la linguistique contemporaine*, Paris, Armand Colin.

AUSTIN, J. L. (1970) : *Quand dire, c'est faire*, Paris, Seuil.

AUTHIER-REVUZ, J. (Mars 1984) : « Hétérogénéités énonciatives », in *Langages n° 73, Les Plans d'énonciation*, Paris, Larousse.

BALLY, C. (1965) : *Linguistique générale et linguistique française*, Berne, A. Francke S.A.

BARCELO, G. J. & J. BRES (2006) : *Le temps de l'indicatif en français*, Paris, Ophrys.

BARTHES, R. (1964) : « Rhétorique de l'image » in *Communications 4*, Recherches sémiologiques, Paris, Seuil.

BASTIDE, F. (1985) : « Iconographie des textes scientifiques. Principes d'analyse », in *Culture* 14, pp. 132-151.

BEACCO, J.C & DAROT, M. (1984) : *Analyses de discours, lecture et expression*, Collection le français dans le monde, Paris, Hachette/Larousse.

BEACCO, J. C. (2010) : *La didactique de la grammaire dans l'enseignement des du français et des langues*, Paris, Didier.

BENVENISTE, C-B. (2003) « Le double jeu du pronom « ON » in *La syntaxe raisonnée* de Pascal HADERMANN, Ann VANSLIJEK et Michel BERRE, Paris, Duculot.

BENVENISTE, E. (1966) : *Problèmes de linguistique générale*, tome 1, Paris, Gallimard.

BENVENISTE, E. (1974) : *Problèmes de linguistique générale*, tome 2, Paris, Gallimard.

BERRENDONNER, A. (Février-mars1993) : « La phrase et les articulations du discours », in *Le français dans le monde*, *Des pratiques de l'écrit,* numéro spécial, Paris, Hachette.

BEYAT, A. (2011) : *Intention de communication et articulation logique dans le texte scientifique*, Mémoire pour l'obtention du Magister de français, dirigé par D. KADIK, Université Kasdi Merbah, Faculté des Lettres et des langues étrangères, Ouargla, Algérie.

BOCH, F., Fanny RINCK, F. (2010) : « Enonciation et rhétorique dans l'écrit scientifique », Revue LIDIL n° 41, Ellug.

BONNAFOUS, S. 1 CHARAUDEAU, P. (Juillet 1996) : « Le discours des médias », in *Le français dans le monde*, *Le discours : enjeux et perspectives*, numéro spécial, pp. 39 – 45.

BOUGUERRA, T. (1999) : « L'autre je(u) du on », in BRES, J., R.DELAMOTTE-LEGRAND, F. MADRAY-LESIGNE & P. SIBLOT, *L'autre en discours,* Montpellier, Publications de l'Université de Paul Valéry, Montpellier III.

BOUTET, J. (1986) : « La référence à la personne en français parlé : le cas de 'on' », in *Langage et société n° 38,* pp. 19-50.

BOUVET D. & MOREL, M-A. (2002) : *Le Ballet et la musique de la parole, le geste et l'intonation dans le dialogue oral en français*, Paris, Ophrys.

CALVET, L.J. (1975) : *Pour et contre Saussure*, Paris, Petite bibliothèque Payot.

CAVALLA, C. & F. GROSSMANN (2005) : « Caractéristiques sémantiques de quelques « Noms scientifiques » dans l'article de recherche en français », in *Akademisk Prosa n° 3*, pp. 47-59

CHARAUDEAU, P. (1992) : *Grammaire du sens et de l'expression*, Paris, Hachette.

CHARAUDEAU, P. (1983) : Langage *et discours*, Paris, Hachette.

CHERVEL A. (1977) : *Et il faut apprendre à lire et à écrire à tous les petits Français*, Paris, Payot.

CHISS, J-L. & FILIOLET, J. & MAINGUEUNEAU, D. (1992) : *Linguistique française : communication, syntaxe, poétique,* Tome 2, Paris, Hachette Education.

COCULA, C. PEYROUTET, C. (1986) : *Sémantique de l'image : pour une approche méthodique des messages visuels*, Paris, Delagrave.

COURSIL, J. (1997) : *La Topique du dialogue ou comment assigner au sujet son lieu*, in *LINX*, numéro spécial.

CULIOLI, A. (1975/1976) : *Recherche en linguistique. Théorie des opérations énonciatives*, Transcription du séminaire de DEA, Paris VII.

CULIOLI, A. (1985) : *Opérations de détermination, Théorie et description*, volume 1, Université de Paris VII. Laboratoire de linguistique formelle, Paris VII.

CULIOLI, A. (2000) : *Pour une linguistique de l'énonciation. Opérations et représentations*, tome 1, Paris, Ophrys.

CULIOLI, A. (2002) : *Pour une linguistique de l'énonciation. Formalisation et opérations de repérage*, tome 2, Paris, Ophrys.

CULIOLI, A. (2002) : *Pour une linguistique de l'énonciation, Domaine notionnel*, tome 3, Paris, Ophrys.

DE SAUSSURE, F. (1971) : *Cours de linguistique générale*, publication de Ch. BALLY, Paris, Payot.

DE VOGUE, (1992) : « Culioli après Benveniste : énonciation, langage, intégration », in *Linx n° 26, lectures d'Emile BENVENISTE*, Paris 10.

DESCLÈS J-P., GUENTCHÉVA Z., (2000) : « *Enonciateur, locuteur, médiateur* », dans MONOD-BECQUELIN A., ERIKSON P., Editions *Les rituels du dialogue*, Nanterre, Société d'ethnologie.

DUBOIS, J. (1965) : Grammaire *structurale du français, nom et pronom*, Paris, Larousse.

DUBOIS, J. (1967) : *Grammaire structurale du français : le verbe*, Collection Langue et Langage, Paris, Larousse.

DUBOIS, J., GUESPIN, L., GIACOMO, M., MARCELLESI, C. & J.-B. & MÉVEL, J.-P. (1994) : *Dictionnaire de linguistique et des sciences du langage*, Paris, Larousse.

DUCROT, O. & TODOROV, T. (1972) : *Dictionnaire encyclopédique des sciences du langage*, Paris, Seuil, collection Points.

DUCROT, O. (1972) : *Dire et ne pas dire*, Paris, Hermann.

DUCROT, O. (1980) : « Analyses pragmatiques », in *Communications n° 32, Les actes de discours*, Paris, Seuil, pp. 11 – 60.

DUCROT, O. (1984) : *Le Dire et le dit*, Paris, Minuit.

EBEL, M. & FIALA, P. (Mai 1981) : « La situation d'énonciation dans les pratiques argumentatives », in *Langue française n° 50, Argumentation et énonciation*, Paris, Larousse, pp. 53 – 73.

EL AYACHI, S. (2005) : *La femme-idée dans la poésie du melhoun, approche lexico-sémantique*, thèse de Doctorat d'Etat en Linguistique, dirigée par M. TAIFI, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Dhar El Mehrez, Fès.

EL ISSMAELI, O. (2006) : *La thématisation en arabe marocain, étude syntactico-énonciative*, thèse de Doctorat d'Etat, dirigée par A. EL-IDRISSI, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Dhar El Mehrez, Fès.

FLØTTUM, K. (2004) : « La présence de l'auteur dans les articles scientifiques : étude des pronoms je, nous et on. », in AUCHLIN, A. et *al*., *Structures et discours*, Québec, Nota Bene.

FLØTTUM, K. (2005) : « MOI et AUTRUI dans le discours scientifique : l'exemple de la négation NE … PAS. », in BRES, J. et *al*., *Dialogisme, polyphonie : approches linguistiques*, Louvain-la-Neuve, De Boeck-Duculot.

FLØTTUM, K., JONASSON, K. & NORÉN (2007) : *ON Pronom à facettes*, Bruxelles, De Boeck.

FRANCKEL, J-J. & PAILLARD, D. (1998) : « Aspects de la théorie d'Antoine Culioli », In *Langages n°129*, Paris, Larousse.

FUCHS, C. & LE GOFFIC, P. (1985) : *Initiation aux problèmes des linguistiques Contemporaines*, Paris, Hachette.

FUCHS, C. (1996) : *Les ambiguïtés du français*, Paris, Ophrys.

FUCHS, C. (1997) : « L'interprétation des polysèmes grammaticaux en contexte», in KLEIBER, G. & M. RIEGEL, *Les formes du sens, études de linguistique française, médiévale et générale offertes à Robert Martin à l'occasion de ses 60 ans*, Louvain-la Neuve, Duculot.

GARY-PRIEUR, M. N. (1985) : *De la grammaire à la linguistique*, Paris, Armand Colin.

GJESDAL, A. M. (2003) : *L'emploi du pronom « ON » dans les articles de recherche : une étude diachronique et qualitative*, Mémoire de maîtrise, Bergen, Université de Bergen.

GJESDAL, A. M. : *Etude sémantique du pronom ON dans une perspective textuelle et contextuelle*, Thèse de doctorat soutenue en 2008 à l'Université de Bergen.

GRAFSTRÖM, Å. (1969) : « ON remplaçant NOUS en français », in *Revue de linguistique Romane n° 33*, pp. 270-298.

GREIMAS, A. (1976) : *Du sens*, Paris Seuil.

GREIMAS, A. J. (1966) : Sémantique structurale, Paris, Larousse.

GREVISSE, M. & GOOSSE, A. (1980) : *Nouvelle grammaire française*, Paris, Duculot.

GREVISSE, M. & GOOSSE, A. (1982) : *Nouvelle grammaire française Applications*, Paris, Duculot.

GREVISSE, M. (1975) : *Le Bon usage*, Paris, Duculot.

GROSSMANN F. et al, (2013) : *L'Ecrit scientifique, du lexique au discours*, Presses Universitaires de Rennes.

GUILLAUME, G. (1982) « *Leçons linguistiques de Gustave GUILLAUME, Systèmes linguistiques et successivité historique des systèmes II* », Québec, PUL.

HAGÈGE, C. (1985) : *L'homme de paroles*, Paris, Fayard.

JACOB, A. (1973) : *Genèse de la pensée linguistique*, Paris, Armand Colin.

JACOBI, D. (Décembre 1984) : « Du discours scientifique, de la reformulation et de quelques usages sociaux de la science », in *Langue française n° 64, Français technique et scientifique : reformulation, enseignement,* Paris, Larousse, pp.38–52.

JACQUES, F. (Juin 1983) : « La mise en communauté de l'énonciation », in *Langages n° 70, La mise en discours*, Paris, Larousse, pp. 47 – 71.

JAKOBSON, R. (1963) : *Essais de linguistique générale*, Collection « double », Paris, Editions de Minuit.

JAUBERT, A. (1990) : *La Lecture pragmatique*, Paris, Hachette.

KAAOUAS, N. & MAWHOUB, M. (2015), « Mélanges en l'honneur de Miloud TAIFI », in Faits de langue et société, Faculté des Lettres, Aïn Chock (Université Hassan II, Casablanca), pp.154 - 183.

KHADIRI YAZAMI, B. (2005) : *Etude de quelques aspects de la modalisation en arabe marocain*, thèse de Doctorat d'Etat, dirigée par M. TAÏFI, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Dhar El Mehrez, Fès.

KLEIBER, G. (2003) : *Dimensions de l'anticipation en linguistique*, Strasbourg, Scolia.

KLEIBER, G. (1984) : « *Recherches en pragma-sémantique » in Recherches Linguistiques* n° X, Etudes publiées par le Centre d'Analyse Syntaxique de l'Université de Metz, Paris, Klincksieck.

KUENTZ, P. (Septembre 1965) : « Tendances actuelles de la stylistique anglo-américaine » in *Langue française n° 1,* Paris, Larousse.

LANDRAGIN, F. & TANGUY, N. (2014) : «Référence et coréférence du pronom indéfini « ON », in *Langages n° 195*, Paris, Larousse.

LATOUR, B. & HERMANT, E. (1998) : *Paris ville invisible,* Paris, La Découverte.

LE GUERN, M. (1973), Sémantique de la métaphore et de la métonymie, Paris, Larousse.

LOFFLER-LAURIAN, A-M. (1980) : « L'expression du locuteur dans les discours scientifiques - "je", "nous" et "on" dans quelques textes de chimie et de physique », in *Revue de linguistique Romane n° 44*, pp. 135-157.

LOFFLER-LAURIEN, A-M. (Décembre 1984) : « Vulgarisation scientifique : formulation, reformulation, traduction, in *Langue française n° 64, Français technique et scientifique : reformulation, enseignement,* Paris, Larousse, pp. 109 – 125.

LOFFLER-LAURIAN, A-M. (1994) : « Réflexions sur la métaphore dans les discours scientifiques de vulgarisation », in *Langue française n° 101, Les figures de rhétorique et leur actualité en linguistique*, Paris, Larousse, pp. 72 – 79.

LONGHI, J. (2008) : *Objets discursifs et doxa, essai de sémantique discursive,* Paris, L'Harmattan.

LUNDQUIST, L. (1983) : *L'analyse textuelle*, Collection « Textes et non textes », Paris, CEDIC.

MAINGUENEAU, D. (1981) : *Approche de l'énonciation en linguistique française*, Paris, Hachette Université.

MAINGUENEAU, D. (1983) : *Initiation aux méthodes de l'analyse du discours problèmes et perspectives*, Collection Langue Linguistique Communication, Paris, Hachette.

MAINGUENEAU, D. (1986) : *Eléments de linguistique pour le texte littéraire*, Paris, Bordas.

MAINGUENEAU, D. (1996) : *Les Termes clés de l'analyse du discours*, Paris, Seuil.

MAINGUENEAU, D. & CHARAUDEAU, P. (1998) *: Analyser les textes de communication,* Paris, Dunod,

MAINGUENEAU, D. & P. CHARAUDEAU (2002) : *Dictionnaire d'analyse du discours*, Paris, Seuil.

MAINGUENEAU, D. (2009) : *Aborder la linguistique*, Paris, collection « Points essais ».

Maria Tereza Braga Paixão de Almeida Leitão (1981) : *Sur quelques déictiques de lieu en portugais : Aqui, Ai, Ali, la, Acola, Aquem, Alem*, Thèse de troisième cycle, dirigée par A. CULIOLI, département des recherches linguistiques de l'Université de Paris VII.

MARTINET, A. (1985) : *Syntaxe générale*, Paris,Armand Colin,collection U

MAZIERE, F. (1994) : « 'On' dans les dictionnaires », in *Faits de langues n° 4*, pp. 229-236.

MBULAMOKO, N. (1973) : *Verbe et personne, Les substituts et marques de la personne verbale en latin, espagnol, français, allemand, lingàla et ngbandi*, Collection Tübinger Beiträge zur Linguistik, Tübingen.

MDARHRI ALAOUI, A. (1989) : *Théories et analyses énonciatives du récit*, Rabat, OKAD.

MOIRAND, S. (1979) : *Situations d'écrit, compréhension, production en français langue étrangère*, Paris, CLE International.

MOIRAND, S. (1990) : *Une Grammaire des textes et des dialogues*, Collection F, Paris, Hachette.

MOREAU, R. (1975) : *Introduction à la théorie des langages*, Paris, Hachette Université.

ORECCHIONI, C. K. (1980) : *L'énonciation de la subjectivité dans le langage*, Paris, Armand COLIN.

PAILLARD, D. (2001) : « A propos des verbes « polysémiques » : identité sémantique et principes de variation » in *Syntaxe et sémantique*, Pesses universitaire de Caen.

PERRET, M. (1994) : L'énonciation *en grammaire du texte,* Paris, Nathan, coll. Cursus.

PEYTARD, J. (Décembre 1984) : « Les faces cachées du discours scientifique », in *Langue française n° 64, Français technique et scientifique : reformulation, enseignement,* Paris, Larousse, pp. 28 – 37.

PEYTARD, J., JACOBI, D., PETROFF, A. (1984) : *Langue Française, Français technique et scientifique : reformulation, enseignemen*t, Paris, Larousse.

PEYTARD, M. L. (1990) : *Situations d'oral, documents authentiques : analyse et utilisation*, Paris, Clé international.

PLANTIN, C. (1996) : *L'argumentation*, Paris, Seuil.

PLANTIN, C. (2005) : *L'argumentation, histoire, théories et perspectives*, Paris, Presses Universitaires de France.

PORTINE, H. (1983) : *L'argumentation écrite, expression et communication*, Paris, Hachette/Larousse.

POTTIER, B. (1974) : *Linguistique générale, théorie et description*, Paris, Klinksieck.

POTTIER, B. (1992) : *Sémantique générale*, Paris, PUF.

POUDAT, C. (2006) : *Étude contrastive de l'article scientifique de revue linguistique*, Thèse de Doctorat des Sciences du langage, dirigée par BERGOUGNOUX, G., Université d'Orléans.

RABATEL, A. (2008) : *Pour une analyse énonciative et interactionnelle du récit*, tome 1, Limoges, Lambert Lucas.

RASTIER, F. & CAVAZZA, M. & Abeillé, A. (1994) : *Sémantique pour l'analyse*. *De la linguistique à l'informatique,* Paris, Masson.

RASTIER, F. (1998) : « Le problème épistémologique du contexte et le statut de l'interprétation dans les sciences du langage », in *Langages n° 129*, pp. 97-111.

RASTIER, F. (2001) : *Arts et sciences du texte*, Paris, Presses Universitaires de France.

RAT, M. (1965) : *Grammaire française pour tous*, Paris, Garnier Frères.

REBOUL, A. & MOESCHLER, J., (1996) : « Faut-il continuer à faire de l'analyse de discours ? », in *Hermes, Journal of linguistics n° 16.*

RÉCANATI, F. (1979) : *La transparence et l'énonciation pour introduire à la pragmatique*, Paris, Seuil.

REY-DEBOVE, J. (2001) : *De 'on'à 'je' vers le nom propre : des pronoms personnels en français,* Amsterdam, Radopi.

RICOEUR, P. (1975) : *La Métaphore vive*, Paris, seuil.

ROBERT, P. *Le Petit Robert,* (1990) : *Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française*, Paris, Le Robert.

RUWET, N. (1972) : *Théorie syntaxique et syntaxe du français*, Paris, Seuil.

SALAZAR ORVIG, A. (1994) : « Les jeux de l'indéfini. ON et VOUS dans des discours de patients hémiplégiques », in *Faits de langues n° 4*, pp. 221-228.

SCHNEUWLY, B. & ROSAT, M.-C. & DOLZ, J. (1989) : « Les organisateurs textuels dans quatre types de textes écrits.

Etude chez des élèves de 10, 12 et 14 ans » *in Langue française* n° 81, *Structuration de textes, connecteurs et démarcations graphiques*, Paris, Larousse, pp. 40 – 58.

SEARLE, J. S. (1972) : *Les actes de langage, essai de philosophie du langage*, Paris, Hermann, collection savoir.

SERBAT, G. (1982) : « Saussure corrigé par Benveniste », in *Raison présente n° 62, Lire les linguistes*, Paris, Nouvelles Éditions Rationalistes.

SMOLDERN, T. (1985) : « Deux étoffes pour un songe », les cahiers de la B.D, n°63.

SOUTET, O. (1995) : Linguistique, Paris, PUF.

SUMPF, J. & DUBOIS, J. (1969) : « Problèmes de l'analyse du discours, in *Langages n° 13, L'analyse du discours,* Paris, Larousse, pp. 3 – 7.

TAIFI, M. (2000) : Sémantique *linguistique, Référence,* prédication *et modalité*, publication de l'UFR « Sciences du langage ».

TEULE, J. (1982) : L'année *de la bande dessinée, Paris*, Pocket.

THIBAUDEAU, V. (1997) : *Logique et expression de la pensée*, Montréal, Gaëtan Morin.

TODOROV, T. & Bakhtine, M. (1981) : *Le principe dialogique*, Paris, seuil.

TODOROV, T. (1978) : *Les genres du discours*, Paris, Seuil.

TOLAS, J. (2004) : *Le Français pour les sciences*, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble.

TUTIN, A. (2010) : « Lexique verbal et positionnement de l'auteur dans les articles en sciences humaines » in la revue Lidil « *Enonciation et rhétorique dans l'écrit scientifique* », N° 41, Ellug.

VAN DEN HEUVEL, P. (1985) : *Parole, mot, silence, pour une poétique de l'énonciation*, Paris, Librairie JOSÉ CORTI.

VICTORRI, B. & C. FUCHS (1996) : *La polysémie, construction dynamique du sens*, Paris, Hermès.

VIGNAUX, G. (1976) : *L'argumentation, essai d'une logique discursive*, Genève, Droz.

VIOLLET, C. (1988) : « Mais qui est on ? Étude linguistique des valeurs de on dans un corpus oral », in *LINX n° 18*, pp.66-75.

VICTORRI, B. FUCHS. C. (1996) : *La polysémie - construction dynamique du sens*, Paris, Hermès.

VOLD, E. T. (2007) : *Modalité épistémique et discours scientifique*, Thèse de doctorat, Université de Bergen.

WAGNER, R.L. & PINCHON, J. (1962) : *Grammaire du français classique et moderne*, Paris, Hachette.

WEINRICH, H. (1973) : *Le temps*, Paris, Seuil.

WILMET, B.et al. (1999) : *Lire, comprendre, écrire le français scientifique*, De Boeck université.

YAHYA, R. (2008) : *Identité énonciative dans le discours scientifique Le pronom « ON » entre l'indéfini et le personnel*, Magister en français option Sciences du langage, dirigé par S. ABDELHAMID, Université El Hadj Lakhdar, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Batna, Algérie.

Webographie

ADAM, J.M. (Juin 2006) : « Texte, contexte et discours en questions », in *Pratiques n°129-130*, pp. 21-34, https://www.unil.ch/fra/files/live/sites/fra/files/shared/Entretien_Pratiques-Adam.pdf

BARERE, M. (Février 1996) : « Science et société, quelle raison partager ?» in cahiers de golab change n°06, http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/carton07/010008888.pdf

BÜYÜKGÜZEL, S. (2011) : « Modalité et subjectivité : regard et positionnement du locuteur », in *Synergies Turquie n°4*, pp.139-151, http://gerflint.fr/Base/Turquie4/buyukguzel.pdf

CHARAUDEAU, P. (Juillet, 1997) : « Les discours des médias », (en collaboration avec S. Bonnafous), in *Le discours : enjeux et perspectives*, *Le Français dans le monde* n° spécial, Hachette, (consulté le 2 juin 2016) sur le site de *Patrick Charaudeau - Livres, articles, publications*. URL : http://www.patrick-charaudeau.com/Les-discours-des-medias.html

CHARAUDEAU, P. : « L'argumentation dans une problématique de l'influence », in *Revue Argumentation et Analyse du Discours, (AAD) n°1, L'analyse du discours au prisme de l'argumentation*, https://aad.revues.org/193

DE VOGUE, S. (1992) : « CULIOLI après BENVENISTE, énonciation, langage, intégration », in *Linx, n°26, Lectures d'Emile*

Benveniste, pp. 77-108, http://www.persee.fr/doc/linx_0246-8743_1992_num_26_1_1238.

DUTEIL-MOUGEL, C., *Référence et textualité : le point de vue de la sémantique interprétative*, Université de Toulouse-Le Mirail, http://www.revue- texto.net/Reperes/Themes/ Duteil/ Duteil_Reference.html.

EGUCHI, Y. (Juillet 2012) : « Un dialogue concernant la notion de « personne » : Emile Benveniste et Jacques Coursil, les théories de l'énonciation : Benveniste après un demi-siècle », Actes du colloque des 24-25 novembre 2011, Dufaye L. & Gournay L. (éds), *revue en ligne Arts et savoirs, n°2,* https://aes.revues.org/459

FLØTTUM, K. *les « pronoms » dans le discours scientifique : le cas du pronom on,* phénomènes linguistiques et genres discursifs, Université de Bergen, p. 6 http://commonweb.unifr.ch/artsdean/pub/gestens /f/as/files/4740/18073_14 4612.pdf)

FLØTTUM. *K.* « Les personnes dans le discours scientifique : le cas du pronom on » pp 5, 6. http:// ruc. Dk/isok/Skriftserier/XVI-SRK-Pub/KFL/KFL01-FlØttum/

FUCHS, C. (2004) : *La Coénonciation, carrefour des anticipations linguistiques*, Mardaga, https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00067945

GĂTĂ, A. : *Argumentation et types d'argument dans le discours scientifique*, Université "Dunărea de Jos" de Galaţi, ROUMANIE, http://www.discorps.ugal.ro/project/AncaGataDiscours ScientifiqueEuroplus.htm

GOSSELIN, L. (2001) : *Le statut du temps et de l'aspect dans la structure modale de l'énoncé. Esquisse d'un modèle global,* Presse universitaire de Caen, n°2, pp. 57-80, https://www.cairn.info/revue-syntaxe-et-semantique-2001-1-page-57.htm

JACOBI, D. (1985) : « Sémiotique du discours de vulgarisation scientifique », in Semen *Revue de sémio-linguistique des textes et discours n° 2*, https://semen.revues.org/4291

LANDRAGIN, F. et TANGUY, N. (2014) : « Référence et coréférence du pronom indéfini « ON », in *Langages*, Larousse, pp. 99-115, https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01069457/

MAINGUENEAU, D. (12 Novembre 1998) : « Les tendances françaises en analyse du discours », compte rendu de la conférence donnée à l'Université d'Osaka, xa.yimg.com/kq/groups/24057900/904571193/name/maingueneau%20osaka.pdf

MAINGUENEAU, D. (1993) : Analyse du discours et archive, in *Semen n° 8*, https://semen.revues.org/4069

MOIRAND, S. : **«** Quelles catégories descriptives pour la mise au jour des genres du discours ? », *Cediscor–Syled*, Université Paris III – Sorbonne nouvelle, gric.univ lyon2.fr/Equipe1/actes/Journee_Genre/Moirand_cat_genres.rtf

OBRADOVIC, R. M. et JOVANOVIC MILJKOVIC, I. M. *: Le pronom indéfini On en français contemporain et ses équivalents en Serbe*, http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-3293/2013/0354-32931301067O.pdf

ØDEGAARD, A. (2006) : *ON multiréférentiel, une étude contrastive des valeurs du pronom on et leurs équivalences norvégiennes*, Thèse de mastère, dirigée par Hans Petter Helland,

Université d'Oslo, https://www.duo.uio.no/bitstream/handle/10852/25734/MasteroppgaveON.pdf?sequence=2&isAllowed=y

PAUGAM, G. : *BENVENISTE, Le « JE » et la langue, des déictiques et de la « subjectivité »*, Université du Minnesota, http://www.revue-texto.net/docannexe/file/1622/paugam_benveniste.pdf

PLUTA, K. (2010) : « Le terme scientifique et le discours de vulgarisation », in *Romanica Wratislaviensia n° 57*, rwr.sjol.eu/download.php?id=3748c8c7b0a2d37badf48664fb9818604bea4e13.

POUDAT, C. & F. RINCK (2006) : « Contrastes internes et variations stylistiques du genre de l'article scientifique de linguistique », Actes JADT'2006, disponible en ligne sur http://www.cavi.univparis3.fr/lexicometrica/jadt/jadt2006/tocJADT2006.htm

RABATEL, A. (1/2003) : « Les verbes de perception en contexte d'effacement énonciatif : du point de vue représenté aux discours représentés », in *Travaux de linguistique n° 46*. http://www.cairn.info/revue-travaux-de-linguistique-2003-1-page-49.htm

RABATEL, A. (2012) : « Positionnements et postures de l'énonciateur », Travaux Neuchâtelois de Linguistique 56, pp. 23-42, https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00769273/document

RABATEL, A. (Sep 2008) : « Retour sur les relations entre locuteurs et énonciateurs, des voix et des points de vue », in *Recherches linguistiques n° 32*, Celted, Université de Metz, pp. 357-373, https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00504918

REBOUL-TOURÉ, S. : « Écrire la vulgarisation scientifique aujourd'hui », *SYLED / CEDISCOR*, Université Paris III - Sorbonne nouvelle, http://sciences-medias.ens-lyon.fr/article.php3?id_article=65

RODRIGUEZ SOMOLINOS, A. Locuteur, énonciateur et prise en charge. Quelques remarques sur la polyphonie en linguistique. file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-LocuteurEnonciateurEtPriseEnChargeQuelquesRemarque-4046115%20(4).pdf

SAGAUT, P. : *Introduction à la pensée scientifique moderne*, http://www.lmm.jussieu.fr/~sagaut/epistemologie-v14.pdf

SIONIS, C. (2002) : « Quelques spécificités de la modalisation dans le discours scientifique », in *ASP la revue du GERAS 35-36*, Varia, pp.49-59, https://asp.revues.org/1602

SUENAGA, A. : « Benveniste et Saussure : l'instance de discours et la théorie du signe », in *Linx, Revue des linguistes de l'université Paris X*, Nanterre, pp. 123-128, https://linx.revues.org/1011

TOMA, C.A (2004) : « Cohésion informative dans le discours scientifique », JADT : 7es Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles, http://lexicometrica.univ-paris3.fr/jadt/jadt2004/pdf/JADT_102.pdf

VION, R. (Septembre 2010) : « Polyphonie énonciative et dialogisme », Colloque international Dialogisme : langue, discours, Montpellier, http://www.felsemiotica.org/site/wp-content/uploads/2014/10/Vion-Robert-Polyphonie-%C3%A9nonciative-et- dialogisme.pdf

YAHIA, R. (2010) : « Présence de l'auteur dans l'article de revue scientifique », in *Synergies Algérie n°11*, pp. 41-48, https://gerflint.fr/Base/Algerie11/rafika.pdf

ZHUK, K. : *Caractéristiques générales du discours scientifique linguistique et ses particularités nationales,* in Revue du CEES (centre européen d'études slaves), Publié en ligne le 02 février 2015, http://etudesslaves.edel.univ-poitiers.fr/index.php?id=943

Annexes

Bref aperçu sur les annexes

Ayant l'intérêt d'étudier le discours scientifique dans un cadre énonciatif, nous avons choisi quelques extraits de la revue « Science et vie » pour les raisons suivantes : d'abord, c'est une revue pluridisciplinaire qui aborde des vérités scientifiques de manière vulgarisée dans des disciplines variées. Ensuite, l'emploi du pronom « on », objet de notre analyse y est assez récurrent.

Le corpus est présenté de deux manières différentes. La première consiste à classer les occurrences renfermant le pronom « on » dans une grille à cinq colonnes qui renvoient successivement au numéro de l'occurrence, à l'occurrence, au titre de l'article avec le numéro de la revue, à la page de la revue et à la colonne correspondante. La seconde contient les articles dans leur quasi-intégralité afin de rapprocher le lecteur désireux de découvrir le contexte afférent aux occurrences élues.

Pour faciliter le repérage d'une occurrence dans les articles, il faudrait l'identifier, au préalable, dans la grille.

Corpus

N°	Occurrences	Science & vie	Page	Colonne
01	Une preuve parmi d'autres : **on** trouve chez l'enfant d'une mère vaccinée contre le Tétanos une réponse immunitaire antitétanique.	Neuf mois pour venir au monde. N° 234 (Hors-série)	80	1ère
02	Pour ce qui est de l'océan magmatique, **on** suppose qu'il aurait subsisté pendant 30 millions d'années.	La genèse d'un ordre : noyau, magma, manteau. N° 237 (Hors-série).	60	1ère
03	Mais si jusqu'à présent, cette stabilité n'a guère enthousiasme, sauf les amateurs de diamants et les grandes compagnies minières qui trouvent là leurs gisements. Il semble que l'**on** éprouve à leur égard un certain regain d'intérêt.	Les cœurs massifs des continents. N° 237 (Hors-série).	86	2ème
04	Certains scientifiques ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone ni l'eau ne sont nécessaires. Cette idée est convenable, mais elle conduit à	Et la vie apparut. N° 237 (Hors-série).	70	1ère

	de la science-fiction et il est difficile de la développer. Du moins difficile tant que l'**on** n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes.			
05	Les plus anciens se trouvent dans l'ouest australien, au Groenland et au sud de l'Afrique. « **On** y cherche des traces des premiers écosystèmes » raconte Christophe THOMAZO.	Et la vie apparut. N° 237 (Hors-série).	70	2ème
06	Si la signature n'est pas celle du diamant, la certification tourne court. S'il s'agit bien d'un diamant, **on** établit sa Carte d'identité.	Naturel ou synthétique. N° 237 (Hors-série).	104	1ère
07	La terre a souvent du mal à faire comprendre à ses explorateurs en herbe que la notion de solide est tout à fait relative, et dépend beaucoup de l'échelle de temps que l'**on** considère.	Premières factures. N° 237 (Hors-série).	114	1ère
08	En Antarctique, les scientifiques mesurent même les déplacements de véritables	Premières factures. N° 237 (Hors-série).	114	2ème

	« rivières » de glace dont **<u>on</u>** peut voir les cassures provoquées par l'écoulement.			
09	**<u>On</u>** sait qu'une dorsale océanique est l'endroit où les roches du manteau sont emmenées vers la surface par un courant de convection.	La planète se structure 100°C de moins par milliard d'années. N° 237 (Hors-série).	44	1ère
10	**<u>On</u>** retrouve notamment ce type d'érosion mécanique typique des périodes glaciaires en Afrique du sud et en Australie sur des socles rocheux vieux de 2,6 à 2,3 millions d'années.	Quand les supercontinents faisaient la pluie et le beau temps. N° 237 (Hors-série).	132	1ère
11	Si **<u>on</u>** ne peut dompter la terre quand elle se déchaîne, **<u>on</u>** peut tout au moins s'efforcer d'en anticiper les caprices *(titre)*.	La terre n° 254 (Hors-série)	04	Titre entre deux colonnes.
12	Cependant, grâce à Soho, **<u>on</u>** sait faire des prévisions de « météo solaire » à très court terme.	La dictature du champ magnétique. N° 981.	62	1ère
13	Les astronomes se posent de plus en plus de questions sur les influences qu'**<u>on</u>** attribue aux astres.	La nouvelle guerre des étoiles. N° 981.	73	1ère et 2ème

14	Ces deux dernières années, les progrès technologiques ont été tels qu'**on** trouve aujourd'hui des imprimantes couleur extrêmement performantes à moins de 200 F.	Bien choisir son imprimante couleur. N° 981.	152	1ère
15	**On** a localisé quatre aires cérébrales impliquées dans la perception des saveurs.	C'est du refus de la médiocrité que naît l'authenticité. N° 981.	20	2ème
16	D'autant plus qu'il y a fort à parier que, d'ici là, **on** disposera d'un cœur mécanique artificiel parfaitement biocompatible.	Le jardin des organes. N° 981.	106	1ère
17	**On** prend un fragment d'information, **on** essaye de le faire croître sur un cristal, matière inanimée qui a la faculté de répliquer, puis **on** coupe la structure en deux et **on** recommence avec chaque fragment.	« La vie n'est pas un particularisme terrestre. » L'origine de la vie. » N° 981.	170	3ème
18	Ici, une équipe met au point le premier naotransistor à un électron ; là, **on** tresse des	Vers l'ordinateur quantique. N° 981.	82	1ère

	nanocables pour transporter ces particules élémentaires.			
19	Selon lui, le chercheur aurait confondu des données portant sur une lignée de pommes de terre transgéniques avec les résultats d'une expérience où l'**on** ajoutait des protéines insecticides au repas des rongeurs.	Plantes transgéniques, le péril vert. N° 981.	94	2ème
20	Pour multiplier le plasmide modifié, **on** l'introduit dans une autre bactérie, que l'**on** cultive.	Plantes transgéniques. N° 981.	95	1ère
21	Bien sûr, **on** dira aussi que le F117 abattu en Serbie l'a été en raison des circonstances particulières de cette guerre qui n'avoue pas son nom et des conditions d'exécution de sa mission.	Kosovo, le terrible banc d'essai. N° 981.	123	2ème
22	Pour cultiver les fraises, **on** utilise de plus en plus la technique dite « hors sol ».	Les fraises se cueillent debout. N° 981.	37	2ème
23	Lorsqu'**on** coupe une vitre avec un diamant ou un coupe verre à mollettes, de minuscules éléments en saillie ou en creux	Une coupe au rasoir. N° 981.	37	1ère

	apparaissent sur les bords de la coupe.			
24	**On** y voit un jeune homme dans une galerie qui regarde une estompe représentant un port.	Ils ont fini le tableau d'Escher. N° 1023.	20	1ère
25	Si **on** insère dans une cellule un gène codant pour l'intégrose et un gène thérapeutique, elle coupe l'ADN de la cellule et colle le gène soignant à des endroits précis.	Une protéine relance la thérapie génique. N° 1023.	22	1ère
26	Ces résultats surviennent alors que « l'**on** étudie de plus en plus le rôle joué par les zones profondes du cerveau dans le fonctionnement des émotions».	La neurostimulation se révèle efficace contre les TOC. N° 1023.	29	3ème
27	Comment prévenir l'excès de vitesse quand **on** ne fait pas confiance au conducteur ?	Le GPS va suivre les chauffards. N° 1023.	42	1ère
28	Il y a cinquante ans, personne n'imaginait qu'**on** opérerait un jour un œil pour corriger une myopie.	Les incroyables avancées de l'ophtalmologie. N° 1023.	52	2ème

29	Certes, **on** connaît déjà 131 gènes impliqués dans les maladies de la rétine.	Des gènes au secours de la rétine ! N° 1023.	64	2ème
30	Mais quels que soient leurs résultats, **on** peut d'ores et déjà annoncer une défaite.	L'échec de l'intelligence artificielle. N° 1023.	84	1ère
31	Ce qui, précise André BRACK, implique qu'**on** ne peut pas fabriquer de la vie de toutes pièces si **on** ne part pas des conditions prébiotiques proches de celles régnant sur Terre avant l'apparition de la vie.	Ils cherchent à créer la vie à partir de « rien ». N° 1023.	102	2ème
32	**On** pensait que les bras spiraux de ces galaxies représentaient la matière nécessaire à la fabrication de futures planètes, en rotation autour d'une étoile centrale.	Pourquoi les planètes tournent-elles autour du soleil ? N° 1023.	127	2ème
33	Que peut-**on** voir dans le ciel de décembre ?	Titre. N° 1023.	134	
34	**On** se proposait de résoudre les équations du cinquième degré sans savoir si cela était possible.	Abel héros romantique, il inventa la modernité mathématique. N° 1023.	138	1ère

35	Très compact, le téléphone T68i de Sony-Ericsson possède une caméra amovible, la Communi Cam, que l'**on** connecte à sa base.	La téléphonie au goût multimédia. N° 1023.	154	1ère
36	Un système de navigation où l'**on** peut voir des films. *(Sous-titre)*	L'automobile en route vers le futur. N° 1023.	162	
37	**On** ne voit que son dos, couvert de longs poils, qu'une petite brise effleure.	L'odyssée de l'espèce. N° 1023.	168	2ème
38	**On** sait qu'il était apparenté à Akhenaton, un des premiers souverains monothéistes de l'antiquité.	Toutankhamon, la police américaine veut croire à un meurtre. N° 1023.	178	1ère
39	Ne pourrait-**on** pas utiliser l'oxygène extrait par cette réaction d'électrolyse, afin d'abaisser le coût de ladite électrolyse ?	Au-delà du pétrole, l'hydrogène ? N° 1027.	10	2ème
40	Cet oxygène servant de carburant à un gaz approprié, **on** pourrait alors brûler le mélange des deux gaz et produire, ainsi, de l'énergie...	Au-delà du pétrole, l'hydrogène ? N° 1027.	10	3ème

41	Si l'**on** retire l'air dissous dans l'eau, elle se mélange à l'huile : tel est le résultat de l'expérience réalisée par le chimiste Richard PASHLEY de l'université de Cambera, en Australie et son équipe.	L'eau et l'huile ont pu être mélangées. N° 1027.	16	1ère
42	Les photons ne devraient pas avoir de masse. Mais il est impossible de démontrer qu'une masse est exactement nulle. **On** ne peut donc qu'en majorer la valeur.	Le photon est de plus en plus léger. N° 1027.	16	1ère
43	Les spécialistes l'appellent le « rayonnement cosmologique fossile ». Lors de sa découverte, dans les années 60, **on** pensait qu'il était parfaitement uniforme.	Une image détaille enfin les débuts de l'univers. N° 1027.	18	3ème
44	Et sur la nouvelle image de WMAP, **on** voit désormais le détail de ces aspérités au millionième de degré près, colorisés par les scientifiques de l'université de Princeton.	Une image détaille enfin les débuts de l'univers. N° 1027.	18	3ème
45	« Pour la première fois, **on** observe la progression de la maladie *in vivo*, et cela va	Une vidéo a filmé l'évolution de la maladie	27	2ème

	permettre de suivre les effets des traitements et d'identifier précocement les personnes à risque. » s'enthousiasme Paul THOMPSON, chef de l'équipe.	d'Alzheimer. N° 1027.		
46	« Nous savons bien que la responsabilité de cet écroulement incombe à la surpêche, fustige Julia BAUM, biologiste responsable de l'étude. Si l'**on** n'y prend pas garde, plusieurs espèces vont disparaître localement. »	Le déclin des requins se précise. N° 1027.	40	3ème
47	Qu'**on** en juge : les dépenses en produits de santé ont augmenté pendant toute la décennie 90 de 5,3% en 2000.	Tous les médicaments qui nous sont prescrits ne se valent pas. N° 1027.	48	2ème
48	**On** parle de blockbuster dès que ces produits affichent un milliard d'euros de chiffre d'affaires par an.	L'arme commerciale des brevets. N° 1027.	49	1ère
49	Et elle ne devrait cesser de s'allonger si **on** juge que l'industrie pharmaceutique commercialise chaque année	Les véritables innovations demeurent l'exception. N° 1027.	52	2ème

	quelque 200 nouveaux médicaments.			
50	Par exemple sur le modèle de trithérapies contre le sida : **on** a d'abord adjoint à l'AZT une anti protéase puis un troisième médicament, jusqu'à mettre en place des thérapies associant cinq médicaments.	Les véritables innovations demeurent l'exception. N° 1027.	53	2ème
51	Chez Novartis, inventeur du Clivec, **on** reste sceptique face à un scénario qui ferait la part un peu trop belle aux biotechnologies.	En 20 ans, le temps de mise au point d'un médicament est passé de 2 à... 10 ans ! N° 1027.	55	1ère
52	L'essentiel est de définir précisément la cible thérapeutique sur laquelle **on** souhaite agir, comme nous l'avons fait avec le Clivec.	En 20 ans, le temps de mise au point d'un médicament est passé de 2 à... 10 ans ! N° 1027.	55	2ème
53	**« On** ne connait donc pas toujours leur efficacité, ce qui est un problème majeur. » souligne le professeur Claude Béraud, conseiller médical du président de la Mutualité française.	En 20 ans, le temps de mise au point d'un médicament est passé de 2 à... 10 ans ! N° 1027.	56	3ème

54	Rien ne les distingue *à priori* des autres et pourtant : si **on** compare leur effet thérapeutique avec celui d'un placebo, **on** ne voit pas vraiment de différence !	Quand l'effet placebo creuse le trou de la sécu. N° 1027.	58	2ème
55	Chez Servier, **on** se défend en laissant entendre que si les veinotoniques ne sont plus remboursés, les médecins risquent de transférer ces prescriptions vers les médicaments qui ne correspondent pas à la pathologie qu'ils doivent soulager.	Quand l'effet placebo creuse le trou de la sécu. N° 1027.	60	3ème
56	Dans un pays développé comme la France, **on** ne prend pas un médicament seulement pour soigner une affection pathologique.	Quand l'effet placebo creuse le trou de la sécu. N° 1027.	61	2ème
57	En France, le nombre de personnes hospitalisées pour un accident médicamenteux (**on** parle « d'effet iatrogène » c'est-à-dire lié à la substance active même du médicament est estimé à 140000 par an, dont	Ces traitements qui font courir de vrais risques. N° 1027.	63	1ère

	9% n'y survivraient pas, selon une étude de Harambura & co.			
58	Nullement, si l'**on** additionne toutes ces raisons pour lesquelles un médicament peut se révéler dangereux. : effets indésirables, association néfaste avec un autre médicament, erreurs de prescription...	Ces traitements qui font courir de vrais risques. N° 1027.	63	2ème
59	Et l'**on** peut dire, sans grande marge d'erreur, que 3% des malades hospitalisés le sont à cause d'un effet indésirable médicamenteux.	Ces traitements qui font courir de vrais risques. N° 1027.	64	2ème
60	Par exemple, il est déconseillé de prendre de l'aspirine quand **on** suit déjà un traitement anticoagulant (risque d'hémorragie).	Ces traitements qui font courir de vrais risques. N° 1027.	65	1ère
61	Car malgré les nombreux essais cliniques sur l'homme, **on** ne connaît le pouvoir d'action et de nuisance d'un médicament que lorsqu'il est utilisé en condition réelle.	Ces traitements qui font courir de vrais risques. N° 1027.	66	3ème
62	Remplissent-ils les critères d'évaluation les plus rigoureux	200 médicaments	68	2ème

	qu'**on** puisse exiger des produits de santé ?	passés au crible. N° 1027.		
63	Mais qu'**on** ne s'y trompe pas : ce guide n'est pas destiné à l'automédication.	200 médicaments passés au crible. N° 1027.	68	3ème
64	**On** voit bien des traces de plumes potentielles près des membres postérieurs.	Un animal doté de quatre ailes serait une vraie première chez les vertébrés. N° 1027.	105	1ère
65	Grace KELLY décroche le combiné du téléphone. Derrière elle, Anthony DAWSON s'avance à pas feutrés. Il se jette sur elle et **on** ne voit plus que la main de la jeune qui tâtonne désespérément sur le bureau, empoigne une paire de ciseaux au premier plan.	La télé 3D n'est plus une utopie. N° 1027.	106	3ème
66	Nous n'en sommes pas là. Car, par exemple, dès que l'**on** accroît la taille de l'organe à « imprimer », de nombreux problèmes surviennent.	L'imprimante à cellules est née. N° 1027.	113	1ère
67	Autrement dit, même si l'**on** arrêtait aujourd'hui de lancer	35 millions de débris au-dessus	117	2ème

	des satellites, le nombre de débris continuerait de croître, du seul fait des collisions.	de nos têtes. N° 1027.		
68	Cela étant, les gros débris ne sont pas forcément les plus inquiétants : leur trajectoire étant suivie en permanence, **on** peut anticiper une éventuelle collision.	35 millions de débris au-dessus de nos têtes. N° 1027.	117	3ème
69	Mais les débris les plus dangereux restent ceux de taille intermédiaire entre 1 et 10cm. Trop petits pour qu'**on** puisse » les suivre depuis la Terre, ils sont suffisamment gros pour provoquer d'importants dégâts. « **On** n'a aucun moyen de savoir où ils sont, et **on** ne sait pas comment s'en prémunir » explique Fernand ALBY.	35 millions de débris au-dessus de nos têtes. N° 1027.	118	2ème
70	**On** l'aura compris, le satellite biodégradable n'est pas prêt d'exister.	35 millions de débris au-dessus de nos têtes. N° 1027.	118	3ème
71	Au CNES, **on** essaie de montrer l'exemple : les peintures et les revêtements des engins spatiaux y sont étudiés pour résister plus	35 millions de débris au-dessus de nos têtes. N° 1027.	119	1ère

	longtemps aux agressions diverses et variées.			
72	N'oublions pas, en effet, que la production photovoltaïque d'électricité, exclusivement diurne, ne correspond pas aux habitudes de consommation énergétique des occupants d'une maison : **on** s'éclaire plutôt de nuit qu'en plein jour.	35 millions de débris au-dessus de nos têtes. N° 1027.	121	1ère
73	**On** sait que Maurice PRINCET, a visité l'atelier de Montmartre au printemps 1907, quand Picasso se débat avec les Demoiselles d'Avignon.	Picasso a-t-il peint la relativité d'Einstein ? N° 1027.	126	3ème
74	Aussi, ne peut-**on** faire autrement aujourd'hui que de l'injecter aux hommes recrutés pour les tests cliniques.	Pilule pour homme. Pourquoi elle n'existe pas encore ? N° 1027.	132	2ème
75	Et d'imaginer un « slip chauffant » contraceptif. Il s'agit en fait d'un banal sous-vêtement comme **on** en trouve dans le commerce ; mais l'utilisateur l'adapte selon les conseils de son médecin de	Pilule pour homme. Pourquoi elle n'existe pas encore ? N° 1027.	132	3ème

	façon à rapprocher ses testicules de son ventre.			
76	Néanmoins, **on** peut s'interroger sur le mode d'action de la ND-BDJ.	Pilule pour homme. Pourquoi elle n'existe pas encore ? N° 1027.	133	2ème
77	Or, ces substances ne sont pas présentes uniquement sur les spermatozoïdes. **On** les trouve sur la plupart des cellules de l'organisme.	Pilule pour homme. Pourquoi elle n'existe pas encore ? N° 1027.	133	2ème
78	**On** s'est rendu compte trop tard que la molécule pouvait traverser la barrière placentaire et entraîner des malformations graves chez le bébé.	Pilule pour homme. Pourquoi elle n'existe pas encore ? N° 1027.	134	1ère
79	Quand on a fait le tour de tout ce qui se fait en matière de contraception masculine, qu'**on** se rend compte des obstacles qui restent à franchir, une question se pose fatalement : peut-**on** raisonnablement	Pilule pour homme. Pourquoi elle n'existe pas encore ? N° 1027.	134	1ère

	espérer arriver à une pilule pour homme ?			
80	Si la mer est brassée, **on** assiste alors à un phénomène d'émulsification.	En dix ans, la nature reprend ses droits. N° 1027.	142	2ème
81	Cela dit, **on** ignore encore largement les conséquences à long terme de la présence de composés du pétrole dans l'environnement marin.	En dix ans, la nature reprend ses droits. N° 1027.	142	2ème
82	L'expérience tirée des marées noires des années 90 montre, en effet, que pour une tonne de produit pompé, **on** évitera de ramasser à terre plusieurs tonnes de déchets.	La lutte contre la pollution reste un défi technique. N° 1027.	144	3ème
83	Et si l'**on** parle d'aurores boréales plus que d'aurores australes, c'est simplement que, dans l'hémisphère nord, le phénomène apparaît au-dessus de territoires relativement peuplés (Alaska, ...).	Comment se forment les aurores boréales ? N° 1027.	154	3ème
84	En principe, **on** peut observer ces magnifiques aurores dès que la nuit est suffisamment installée dans les régions	Comment se forment les aurores	154	3ème

	polaires, de septembre à mars dans l'hémisphère nord, de mars à septembre dans l'hémisphère sud.	boréales ? N° 1027.		
85	Si les équipages de la navette de la station spatiale internationale sont encore faiblement protégés par la magnétosphère : **on** ignore encore comment mettre à l'abri des futurs candidats à d'hypothétiques voyages vers la lune ou Mars.	Comment se forment les aurores boréales ? N° 1027.	155	2ème
86	Une multitude de pics serrés les uns contre les autres, hauts d'environ 500m et rendus si pointus par les érosions diverses, que l'**on** peut aisément s'asseoir à cheval sur leur crête : entre eux, des glaciers qui s'étendent parfois sur des dizaines de kilomètres.	Le mystère de l'expédition oubliée de « La Recherche ». N° 1027.	162	2ème
87	Dans l'imposante collection d'ossements du Musée de l'homme à Paris, **on** trouve ainsi quatre ou cinq crânes de Samis provenant de Kautokeino et deux bustes en plâtre d'un	Le mystère de l'expédition oubliée de « La Recherche ». N° 1027.	165	2ème

	garçon et d'une fille, réalisés en 1838 d'après les moulages sur des vivants.			
88	Embarras : aucune femme n'est autorisée à voyager à bord des vaisseaux de la marine française. Mais Léonie insiste. Explique qu'au bout du monde, **on** peut bien faire une entorse au règlement.	Le mystère de l'expédition oubliée de « La Recherche ». N° 1027.	167	1ère
89	Autrement dit, avec un microscope fonctionnant en lumière visible (microscope optique), **on** peut observer des éléments d'une taille inférieure à 200 nanomètres, soit environ la demi-longueur d'onde de la limite du visible.	Le microscope à balayage. N° 1027.	168	1ère
90	En clair, 95% de l'univers prédit par la théorie est donc de nature parfaitement ... inconnue ! Voilà une troisième fissure qui, lorsqu'**on** s'en approche, donne le vertige ... puisque le scénario du big bang ne concernerait donc finalement que 57% de l'univers.	Big Bang n° 1063	66	1ère

91	Pour réaliser à quel point l'hypothèse de l'énergie ombre est solide, il suffit de savoir qu'Edward KOLB, directeur de l'un des plus célèbres centres de recherche en physique au monde, le Fermilab, à Chicago ... n'y croit pas ! L'ennui, c'est désormais, **on** ne peut plus faire l'économie de la matière sombre et de l'énergie sombre si l'**on** veut que le big bang tienne debout.	Big Bang n° 1063	67	1ère
92	Avec autant de fissures, **on** comprend que certains n'hésitent pas à douter d'une théorie qui ne parvient pas à expliquer la formation de galaxies, dont le pilier le plus solide, le rayonnement cosmologique de fond pourrait ne pas être aussi fiable qu'**on** le croit, et qui, finalement, n'expliquerait que 5% de l'univers, nous laissant nous débrouiller avec 95% d'inconnu.	Big Bang n° 1063	67	1ère

93	**On** observe également que la femelle transmet du poison à ses petits afin qu'ils soient protégés dès leur éclosion.	Une couleuvre recycle à son profit le venin de ses proies. N° 1075.	28	3ème
94	**On** sait ce qui rend la peste si virulente.	Titre N° 1075.	44	
95	Simultanément, **on** observe chez ces souris une pollution massive d'auto-anticorps et de cytokines inflammatoires.	L'arsenic bienfaiteur de l'immunité. N° 1075.	92	1ère
96	**On** va enfin savoir si les cormorans ou les manchots plongent en U ou en V, s'ils tournent en cercle autour des bancs de proies...	L'homme qui se met dans la peau des animaux. N° 1075.	118	2ème
97	Il n'en est rien : des études menées au Pays de Galles montrent que l'**on** a alors tendance à augmenter sa vitesse d'environ 30 km par heure.	Quelle est votre conduite au volant ? N° 1075.	146	2ème
98	Qu'**on** en juge : plusieurs équipes dans le monde les utilisent les condensats désormais pour résoudre des calculs de physique théorique.	Condensats à l'assaut du monde. N° 1075.	97	1ère
99	« Au volant, **on** fait plusieurs choses à la fois, souvent au	Titre. N° 1075.	150	

	détriment de la conduite.» *(Titre)*			
100	Parmi les étoiles que l'**on** contemple sur ces images, combien existent encore ?	Parmi les étoiles qui brillent la nuit, quelle est la proportion de celles qui sont éteintes ? N° 1075.	131	1ère
101	S'il est intense, **on** ne voit pas l'émission des quasars très lointains.	HESS une fenêtre sur la violence de l'univers. N° 1075.	85	2ème
102	« **On** constate que les trois premières semaines d'avril ne sont pas chaudes qu'avant. »	Le vivant déboussolé. N° 1075.	73	1ère
103	Ce qui se confirme lorsque l'**on** supprime le gène codant pour la vitellogénine.	La vitellogénine est la clé de l'organisation sociale des abeilles. N° 1076.	28	1ère
104	**On** savait déjà qu'à grande vitesse, la pierre produit un « plouf » assorti d'éclaboussures, alors que lancée doucement, elle n'émet	Selon sa surface, un objet fait « plouf » ou « plop » dans l'eau. N° 1076.	30	1ère

	qu'un petit « plop » sans remous.			
105	**On** a simulé l'effet dynamo !	Titre. N° 1076.	42	
106	« Mais la bonne nouvelle, c'est que l'**on** peut ralentir cette dégradation en maintenant un exercice musculaire quotidien. »	Enrayer la perte du tonus musculaire n'est pas compliqué. N° 1076.	52	1ère
107	Aujourd'hui, **on** sait que l'âge est un facteur clé : le nourrisson souffre surtout de dermatite atopique (une forme d'eczéma), l'enfant d'asthme puis, en grandissant, de rhinite allergique.	Allergies : vers un fléau du XXIème siècle ? N° 1076.	61	2ème
108	« **On** connaît aussi des personnes dépendantes à une relation amoureuse pathogène, comme dans le cas d'une femme attachée contre sa volonté à son conjoint alcoolique et violent. »	La montée des addictions sans drogue. N° 1076.	82	2ème
109	Dans ce type de dépendance, **on** trouve à chaque fois la même perte de contrôle. *(Titre)*	La montée des addictions sans drogue. N° 1076.	82	

110	Or, en 1991, les chercheurs avaient cru tenir enfin le Graal lorsque le japonais Motohisa HIRANO démontra que deux surfaces cristallines glissaient l'une sur l'autre presque sans frottement si **on** les orientait l'une par rapport à l'autre sous un certain angle dit « magique. »	Moteurs : Adieu les frottements. N° 1076.	115	1ère
111	N'utilise-t-**on** vraiment que 10% de notre cerveau ? *(Titre)*	Titre. N° 1076.	140	
112	**On** reste fragile, ou fragilisé, même si l'**on** en « guérit ».	L'addiction est souvent un moyen d'assurer notre équilibre physique. N° 1076.	162	2ème
113	Depuis les années 1990, les données indiquent même une nouvelle accélération : l'augmentation moyenne dépasse désormais 3,3 mm par an, soit +3,3cm par décennie ! **On** assiste donc bien à une reprise nette de la montée des eaux.	Climat : le réchauffement est-il sûr ? N° 1110.	50	2ème

114	Bien que de nombreux travaux pris en compte par l'Afsset aient cherché à corréler l'utilisation régulière du portable à une augmentation du risque de tumeur intracrânienne, **on** est encore dans le flou, d'autant que les résultats définitifs de l'étude interphone se font attendre.	Radiofréquence, les dessous d'une interminable polémique.	80	1ère
115	Comment le stress pourrait-il raccourcir les télomères ? « **On** ne comprend pas encore le mécanisme », reconnaît Elizabeth BLACHBURN.	Nos états d'âme modifient notre ADN, n° 1110.	100	1ère
116	Lorsqu'un cas est révélé, ainsi qu'**on** l'a vu ces dernières années, **on** crie à la tricherie, les champions convaincus de dopage doivent rendre leurs titres.	Le dopage en question n° 1110	130	1ère
117	**On** peut aussi savoir quels polluants se trouvent dans les moules, les huîtres et une quinzaine de poissons pêchés en Atlantique.	Pollution sue site n° 1110	134	1ère
118	Utilisé au quotidien, le sel a aussi été un objet d'échanges	Grain de sel n° 1110.	134	3ème

	sociaux, de croyances et de rituels religieux. **On** s'est battu pour son exploitation et sa commercialisation.			
119	Ils restaient quelques minutes à ne rien faire, et **on** leur projetait une autre série, avec des visages et des paysages (un adulte souriant et une plage) : ils devaient imaginer si la personne paraissait heureuse dans ce décor.	Rêvasser est bon pour la mémoire n° 1111.	34	1ère
120	Aujourd'hui sûrs de leurs résultats, les scientifiques osent remettre en cause une histoire que l'**on** croyait bien connaître !	Ces traces de tétrapode ont défié les âges. N° 1110.	16	1ère
121	**On** supposait jusqu'ici que les céréales étaient apparues dans l'alimentation humaine il y a 1000 ans seulement, avec les débuts de l'agriculture.	Dès l'âge de pierre, on mangeait des céréales. N° 1110.	22	1ère
122	« Déjà, **on** a constaté une divergence par rapport aux modèles théoriques de composition chimique et de température des exoplanètes qui prévalent aujourd'hui. » **On** va	Ils ont capturé le spectre d'une exoplanète. N° 1110.	27	2ème

	pouvoir commencer à les réviser.			
123	**On** connaissait la vitamine C pour ses vertus antioxydantes, moins pour son action sur la formation des cellules souches.	La vitamine C facilite la production « éthiquement correcte des cellules souches ». N° 1110.	36	1ère
124	**On** peut observer cette réduction sur les trois grandes catégories de glace.	Climat : le réchauffement est-il sûr ? N° 1110.	44	1ère
125	Mais **on** notera que cette couverture, fournie par les stations météo, montre une tendance analogue à celle des glaciers.	Climat : le réchauffement est-il sûr ? N° 1110.	44	2ème
126	**On** voit, par exemple, apparaître des espèces en des lieux où elles étaient inconnues simplement parce que l'homme les y a amenées, intentionnellement ou non ; de même **on** assiste à des extinctions ou à des changements de comportements	Climat : le réchauffement est-il sûr ? N° 1110.	46	1ère

	qui ne sont rien d'autre que des réactions à la présence humaine.			
127	Il a (événement météorologique extrême : sécheresses, inondations, cyclones...) donc tendance à disparaître des statistiques dès que l'**on** fait des moyennes nationales.	Climat : le réchauffement est-il sûr ? N° 1110.	48	1ère
128	**On** ignore comment le desséchement se déclenche, mais cela prouve que la coloration peut-être un moyen de défense. (Fin de l'article).	Pour se protéger, les plantes savent se camoufler n° 1111.	36	3ème
129	Les scientifiques rappellent cependant que les incertitudes restent importantes lorsque l'**on** tente de faire des projections à l'échelle régionale. *(Fin de l'article).*	Les cyclones vont être moins fréquents mais plus violents n° 1111.	42	3ème
130	Après une extinction de masse, la vie reprend ses droits plus vite qu'**on** ne le pensait. C'est ce que révèlent les fossiles de gastéropodes découverts par Arnaud BRAYARD (Université de Bourgogne).	Les gastéropodes se sont vite remis de la crise de Permien n°1111.	44	1ère

131	Dans les années 1970, **on** faisait l'hypothèse qu'une personne infectée par une souche fabriquait à la fois des anticorps la protégeant de celle-ci, mais aussi des anticorps contre les trois autres souches.	On sait pourquoi la dengue sévit plus fort la seconde fois n° 1111.	48	1ère
132	*(Début d'article)*. **On** le sait, les figures des contes révèlent l'imaginaire des hommes, leurs fantasmes et leurs angoisses.	Trou noir : la fin du côté obscur n° 1111.	68	1ère
133	Au point d'effrayer les cosmologistes eux-mêmes, qui ont longtemps préféré bannir cet ogre de leurs calculs. Comme **on** évite d'affronter sa peur.	Trou noir : la fin du côté obscur n° 1111.	68	1ère
134	Le résultat de cette confrontation entre l'homme et la nature saute d'ailleurs aux yeux dès que l'**on** se penche sur la topographie de ces deltas.	Les deltas du monde prennent l'eau n° 1111.	78	1ère
135	Et il n'y a pas que le risque d'inondation : un peu partout, **on** observe un recul de la côte, lié à l'érosion côtière accélérée par la montée des eaux.	Les deltas du monde prennent l'eau n° 1111.	78	1ère

136	« Lorsque l'**on** réduit le pompage d'eau ou d'hydrocarbures, le delta réagit en quelques années seulement. » note James SYVITSKI.	Les deltas du monde prennent l'eau n° 1111.	78	1ère
137	**On** le voit, sauver les deltas du monde constitue un défi d'envergure.	Les deltas du monde prennent l'eau n° 1111.	78	2ème
138	« **On** sait qu'un œil humain n'appréhende correctement une situation grave que sur six ou huit moniteurs, grand maximum. Dans le cas des villes de plus de 100000 habitants qui ont 50, 100 voire 200 caméras, **on** a en général un ou deux opérateurs. A Lyon, par exemple, il y a deux opérateurs pour 200 caméras. A Paris, **on** doit être proche d'un opérateur pour 100 à 150 caméras. »	Le bluff de la vidéosurveillance n° 1111.	84	2ème
139	Sauf qu'**on** est très en retard, par rapport à la DAI.	Le bluff de la vidéosurveillance n° 1111.	86	1ère

140	« **On** arrive vite à de très hauts niveaux d'abstraction dans les algorithmes, pour réussir à repérer et suivre les différents objets et savoir ce qu'il faut induire d'une scène. » explique-t-il.	Le bluff de la vidéosurveillance n° 1111.	86	1ère
141	« En 2003, **on** avait installé un système pendant une semaine dans le métro de Barcelone », relate François BREMOND ... Ainsi, **on** arrivait à détecter les gens qui sautaient par-dessus la barrière de validation ... le système est entraîné à reconnaître des comportements spécifiques que l'**on** a demandés à des acteurs de jouer.	Le bluff de la vidéosurveillance n° 1111.	86	2ème
142	**On** le croit sur parole, il a fallu neuf décennies pour que les mathématiciens accordent au chaos toute la place qu'il mérite.	Le chaos est finalement partout n° 1111.	95	3ème
143	Or, au cœur de celui-ci, **on** trouve les virus.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	98	2ème

144	La biologie est au contraire représentée de façon très simplifiée dans les modèles ... mais l'**on** sait que les variations de certains paramètres biologiques pourraient avoir un impact sur cette pompe à carbone.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	98	3ème
145	**On** estime que chaque jour, les virus tuent ainsi 20% de la biomasse marine vivante.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	99	1ère
146	C'est ce qu'**on** appelle la lyse virale.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	99	1ère
147	Parmi les débris laissés par l'infection, **on** trouve des éléments nutritifs essentiels pour le phytoplancton, comme du fer et du phosphore.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	100	3ème
148	« L'hypothèse est sérieuse, mais **on** ne sait pas si le changement climatique va amplifier ou réduire les émissions de DMS par l'océan » soupire Laurent BOPP.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	101	1ère

149	**On** en est encore à recenser les virus, et à étudier sur le terrain comment les variations de l'intensité de la lyse modifient l'écosystème.	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	101	2ème
150	« La plus grande partie du champ de l'écologie virale est inconnue. Mais ce qu'**on** sait, c'est que l'effet des virus sur les organismes en fait les régulateurs... »	Virus marins. Le climat dépend peut-être d'eux n° 1111.	101	3ème
151	Vin rouge. **On** sait pourquoi il est bon pour nos artères.	Titre, n° 1111.	102	
152	**On** sait que les œstrogènes protègent des maladies cardio-vasculaires, qui tuent d'ailleurs cinq fois plus d'hommes que de femmes.	Vin rouge. On sait pourquoi il est bon pour nos artères, n° 1111.	104	2ème
153	**On** mesure ici assez vite la difficulté... que des chercheurs de l'Inserm de Montpellier ont pourtant réussi à surmonter.	Acouphènes, enfin un espoir de traitement, n° 1111.	108	2ème
154	C'est ce qu'**on** appelle un conditionnement, dans la lignée de Pavlov.	Acouphènes, enfin un espoir de traitement, n° 1111.	109	1ère
155	**On** dit alors qu'ils deviennent centraux : ils sont générés	Acouphènes, enfin un espoir	110	1ère

	directement dans l'aire auditive du cerveau.	de traitement, n° 1111.		
156	Même si elles sont très peu fréquentes, **on** compte environ une erreur pour 10 milliards de bases d'ADN répliquées sur les 3,2 milliards de paires que compte la molécule humaine.	Toutes nos cellules contiennent-elles le même ADN ? N° 1111.	114	2ème
157	Or, **on** ne peut connaître que la probabilité qu'il occupe telle ou telle région de l'espace autour du noyau : ce sont les orbitales.	Pourquoi les électrons ne s'écrasent pas sur le noyau ? N° 1111.	117	1ère
158	En effet, le LightSpeaker est un bloc qui intègre un haut-parleur, un amplificateur et une LED, que l'**on** visse comme une ampoule.	Cette lampe LED diffuse aussi la musique. N° 1111.	130	2ème
159	**On** pourrait certes mettre l'accent sur la valeur de chaque pièce.	Nos champs à l'heure du réchauffement. N° 1111	135	2ème
160	**On** a beau y avoir découvert une multitude de petites pyramides au XIXème siècle, elle reste une cité nubienne.	De l'extinction des dinosaures à nos jours, l'histoire reconstituée. N° 1111.	136	1ère

161	**On** y découvre les secrets du tournage, les efforts de l'inventivité qu'il a fallu pour arriver à ce résultat.	De l'extinction des dinosaures à nos jours, l'histoire reconstituée. N° 1111.	137	1ère
162	La lumière émise par les LED est nocive, et à plusieurs titres : sur la vision, mais aussi le rythme biologique. Le constat mérite qu'**on** s'y attarde, car ces composants électroniques sont devenus omniprésents dans notre société. Ampoules, écrans de télé, smartphones, phares de voitures, jouets. Les LED sont partout autour de nous.	Communication avec les extraterrestres C'EST PARTI ! N° 1222.	51	2ème
163	A l'époque où n'existait aucun traitement, **on** comptait entre 20 et 25% de risque moyen de transmission du virus de la mère à l'enfant, observe Elisabeth Menu, chargée de recherche Inserm au département de virologie à l'Institut Pasteur.	L'enfant peut-il échapper au sida si la mère est infectée ? N° 234	82	1ère
164	**On** observe parfois une confluence des placentas, indique le Professeur Yves	Neuf mois pour venir au monde.	16	1ère

	VILLE, gynécologue obstétricien à l'hôpital de Poissy-Saint-Germain-en-Laye. C'est que l'espace dans l'utérus maternel est restreint !	N° 234 (Hors-série)		
165	Les bactéries sont des milliards **à peupler notre corps** pour le meilleur et pour le pire.	Boson et Higgs La « particule de Dieu » à portée de main. N° 1088	84	1ère
166	**Résorber « les portes dérobées » fœtales**. (sous-titre)	Neuf mois pour venir au monde. N° 234 (Hors-série)	137	2ème
167	**"Dompter notre intuition : voilà à quoi nous servent aussi les expériences"** Pour mieux comprendre la situation des physiciens confrontés à la folie quantique, une petite fable peut ici servir de métaphore. Les sages indiens adeptes du jaïnisme racontent que dans un village où vivaient six hommes aveugles, un éléphant vint un jour s'égarer. Ignorant ce qu'était un éléphant, les six aveugles allèrent à sa rencontre	La physique quantique rend-elle fou ? N° 1097.	48	2ème & 3ème

	pour s'en faire une idée. " Un éléphant, c'est une colonne ", constata le premier, qui en tâtait une patte. "Non, c'est une corde", dit celui qui manipulait sa queue. "Vous vous trompez, c'est un tuyau rigide ", dit celui qui empoignait une défense. "Vous êtes fous, s'énerva le quatrième aveugle qui palpait une oreille, c'est un gros éventail." "Mais non ! explosa celui qui touchait le ventre, c'est un énorme mur mou ". "C'est plutôt un long tube élastique", hasarda, déstabilisé, le sixième qui caressait la trompe de l'animal... Une dispute éclata, si violente que les cris parvinrent aux oreilles d'un promeneur passant par là. Lequel, comprenant leur méprise, leur dit : "Vous avez tous raison : un éléphant, c'est tout ça en même temps." Les aveugles cessèrent alors de se chamailler, satisfaits de savoir désormais qu'un éléphant était la somme d'une			

	colonne, d'une corde, d'un tuyau rigide, d'un éventail, d'un mur et d'un tube, mais malheureux à l'idée que jamais ils ne pourraient appréhender intuitivement l'animal dans sa globalité.			
168	Car ces parangons du *« new space »*, tous deux milliardaires et **biberonnés à la science-fiction** (point commun qui ne les empêche pas de se délester), **caressent des ambitions** bien plus grandes.	Communication avec les extraterrestres C'EST PARTI ! N° 1222.	38	2ème
169	La situation est même pire que dans la fable ! car entre ce que nous dit du monde la théorie quantique et notre perception de la réalité quotidienne, **quel gouffre d'incompatibilité** !	La physique quantique rend-elle fou ? N° 1097	50	1ère
170	La physique quantique pose un problème paradoxal : le monde des particules affiche des propriétés étranges qui ne peuvent être raccordées à notre réalité quotidienne. Or, elle n'est ni fausse ni incomplète. **L'esprit perd pied…**	La physique quantique rend-elle fou ? N° 1097	55	2ème

SCIENCE & VIE

N° 234

SCIENCE & VIE

HORS-SÉRIE

N°234

30 questions sur la plus belle aventure de la vie



Neuf mois pour venir au monde

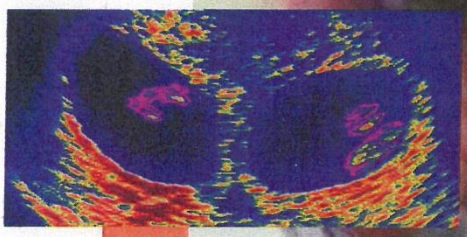
TRIMESTRIEL - MARS 2006

T 02579 - 234 H - F: 4,00 € - RD

Comment se forment les jumeaux ?

1 - Les jumeaux dizygotes ou « faux jumeaux » : 70 % des jumeaux

En règle générale, l'ovaire ne relâche qu'un ovule par cycle, lequel est lui-même fécondé par un spermatozoïde, ce qui donne un seul œuf et se traduit par la naissance d'un seul enfant à l'issue de la grossesse. Toutefois, un phénomène naturel ou artificiel d'hyperstimulation ovarienne peut entraîner l'expulsion simultanée dans la trompe, au cours du même cycle menstruel, de deux ovocytes qui seront l'un et l'autre fécondés par deux spermatozoïdes et se transformeront en deux œufs différents. Les deux « jumeaux fraternels » (comme disent les Anglais) à naître, nantis chacun d'un patrimoine génétique spécifique (comme dans le cas de frères ou de sœurs d'âges différents), et qui pourront être de sexes et de groupes sanguins différents n'auront en commun, sauf hasard, que deux choses : avoir été « fabriqués » au même moment par le même père et la même mère et avoir cohabité neuf mois durant dans le même ventre, en disposant chacun de sa cavité amniotique et de son placenta. « *On observe parfois une confluence des placentas*, indique le professeur Yves Ville, gynécologue obstétricien à l'hôpital de Poissy-Saint-Germain-en-Laye. *C'est que l'espace dans l'utérus maternel est restreint ! Au bout d'un moment, les placentas deviennent suffisamment gros pour se toucher. Ils font masse commune et on n'arrive plus à voir, à l'échographie, qui est qui. Mais ils sont collés plus que fusionnés. Les bébés peuvent passer à travers la membrane quand elle est rompue (par une amniocentèse, notamment), mais cela reste rarissime.* »





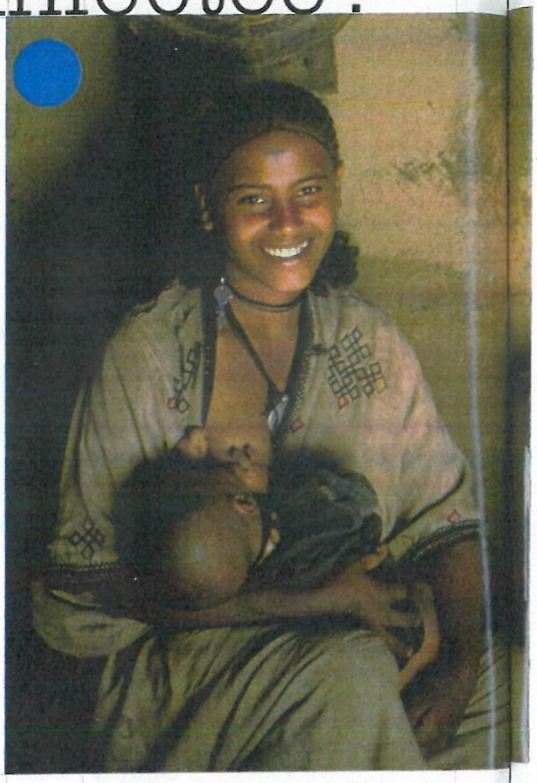
Dans 70 % des cas, les jumeaux sont dits « dizygotes » : chacun est issu d'un ovule différent et se développe dans sa propre cavité amniotique. (Échographie, 3e mois.)

2 - Les jumeaux monozygotes ou « vrais jumeaux » : 30 % des jumeaux

Rien à voir avec les précédents. Eux sont issus d'un même œuf, donc d'une seule fécondation par un seul spermatozoïde. Dotés du même patrimoine génétique [1], il s'agit de deux êtres strictement identiques à la naissance (même sexe, mêmes caractéristiques biologiques…), les caractères acquis

L'enfant peut-il échapper au sida si la mère est infectée ?

Il naît chaque année dans le monde 700 000 enfants atteints du virus du sida (chiffres connus en 2005). Depuis 1994, et le développement des traitements antirétroviraux, les autorités médicales internationales n'observent pas de diminution du nombre d'enfants infectés. Car l'accès au médicament n'est pas garanti pour l'ensemble des femmes enceintes infectées dans le monde. Et, d'une région du globe à l'autre, les résultats de la prévention sont très inégaux. « *À l'époque où n'existait aucun traitement, on comptait entre 20 et 25 % de risque moyen de transmission du virus de la mère à l'enfant,* observe Élisabeth Menu, chargée de recherche Inserm au département de virologie, dans l'unité de Régulation des infections rétrovirales de l'Institut Pasteur. *Avec les meilleurs traitements possibles, sans allaitement, avec une charge virale maternelle basse, en France, on arrive à ramener le risque à moins de 2 %. Mais il n'y a pas de risque zéro.* »



CAROLINE PENN - IMPACT PHOTOS - COSMOS

DES ÉCHANGES À HAUT RISQUE

C'est au moment de l'accouchement que le risque de transmission est le plus grand. Allaitement mis à part (le risque augmente de 14 à 20 % si la mère allaite), l'accouchement représente deux tiers des cas de transmission, contre un tiers *in utero*. « *Lors de l'accouchement, il va y avoir des échanges directs de sang entre la mère et l'enfant, plus importants que dans l'utérus ; l'enfant peut avoir des lésions, il peut ingérer du liquide ; et le virus peut être transmis lors du passage par les voies vaginales. Pour cette dernière raison, les obstétriciens ont un temps prôné la césarienne pour les accouchements de mères séropositives. Mais cela a changé. Pourquoi prendre le risque d'une césarienne programmée quand une femme, traitée par antirétroviraux, n'a pas de charge virale détectable ? Un des facteurs majeurs de transmission, c'est que la mère ait une charge virale très élevée* », détaille Élisabeth Menu.

Ce facteur de risque est aussi déterminant *in utero*. En diminuant la charge virale de la mère, les antirétroviraux réduisent la probabilité de rencontre entre une cellule maternelle infectée et le placenta. Car même s'il résiste à la forme libre du virus, le placenta n'offre pas une résistance complète à l'infection par une cellule hébergeant le virus. Et le « contrat immunitaire » passé entre la mère et le fœtus contribue probablement à l'efficacité du contrôle de la transmission par la barrière placentaire. « *Cer-*

SVHS :

1 Quelles précautions une femme doit-elle prendre pour que sa grossesse se passe le mieux possible ?



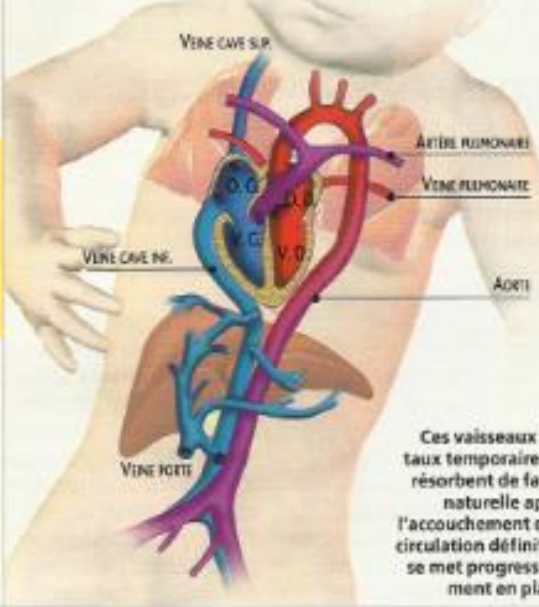
> « La future mère peut sans problème pratiquer la natation, la gym douce, la marche à pied »

CHRISTINE HANSCOMB - SPL - COSMOS

Bruno Carbonne : Commençons par les précautions qu'elle peut prendre avant sa grossesse. L'idéal est d'être en meilleure forme possible au moment où la grossesse débute. Un surpoids en début de grossesse, par exemple, entraîne un risque important de diabète gestationnel. Le sous-poids est moins problématique, même si on observe davantage de naissances prématurées lorsqu'il est très marqué. Par ailleurs, on entend souvent les fumeuses dire qu'elles arrêteront le tabac quand elles apprendront qu'elles attendent un bébé. C'est un mauvais calcul car le tabac augmente de manière importante le risque de grossesse extra-utérine. Mieux vaut donc être non fumeuse au moment de la fécondation. Il existe en outre, en France, des recommandations officielles peu connues, y compris au sein du corps médical, selon lesquelles les femmes qui souhaitent faire un enfant devraient prendre de petites doses d'acide folique, ou vitamine B9. Il a été montré qu'une carence en acide folique en début de grossesse favorise les anomalies de fermeture du tube neural, ce qui entraîne des malformations du fœtus, *spina bifida* notamment. Enfin, idéalement, mieux vaut ne pas s'y prendre « à la dernière minute » pour concrétiser un projet d'enfant. Si une femme arrive enceinte dans mon cabinet à 38 ans, je n'ai aucune raison *a priori* de l'effrayer : il y a de bonnes chances pour que la grossesse se passe très bien. De même, certaines femmes tombent enceintes dès les premières tentatives, y compris autour de la quarantaine. Mais il faut garder à l'esprit qu'une femme de 35 ans, et *a fortiori* de 40 ans, peut avoir plus de difficultés à devenir enceinte qu'une femme plus jeune. Car à cet âge, la fertilité a déjà baissé et les éventuels traitements sont moins efficaces. Le risque d'une trop longue attente est donc de ne jamais arriver à être enceinte.

Pendant la grossesse, il faut veiller à équilibrer son alimentation et, au risque de me répéter, ne pas fumer. Le tabac retentit en effet sur la circulation placentaire et favorise les retards de croissance intra-utérins, les accouchements prématurés, la rupture prématurée des membranes... J'aimerais d'ailleurs insister sur le fait que l'on peut parfaitement se faire aider à arrêter de fumer pendant la grossesse. S'il est bien encadré, le port des patches de nicotine est non seulement possible, mais beaucoup moins dangereux pour le fœtus que de continuer de fumer. Les futures mamans fumeuses ne doivent pas hésiter à se rendre aux consultations gratuites de tabacologie qui se tiennent dans tous les hôpitaux. Quant à l'alcool, il passe librement la barrière du placenta. À partir de deux à trois verres de vin par jour, l'enfant risque de souffrir d'anomalies neurologiques graves et de développer des lésions visibles, en particulier au niveau de la face. Cela ne signifie pas pour autant qu'une femme enceinte peut boire de l'alcool tant qu'elle s'en tient à moins de deux verres. On n'arrive pas à définir un seuil en deçà duquel sa consommation n'a aucune conséquence sur le fœtus, et, même lorsqu'elles

Circulation définitive



Ces vaisseaux fœtaux temporaires se résorbent de façon naturelle après l'accouchement et la circulation définitive se met progressivement en place.

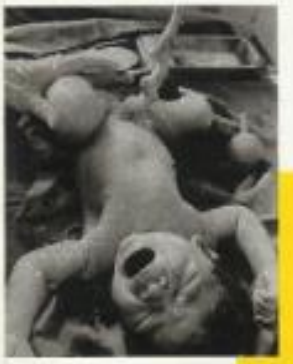
s'écoule cependant dans le ventricule droit. C'est là que débouche également le sang en provenance du cerveau. Du ventricule droit, le sang ressort aussi vite par une autre porte dérobée du cœur fœtal, le canal artériel, et rejoint ainsi l'aorte véhiculant le sang éjecté du ventricule gauche.

Lorsque tous les organes ont été oxygénés, le sang riche en déchets repart par les artères ombilicales vers le placenta où il se refera une petite santé. Ainsi le fœtus possède-t-il trois canaux sanguins bien spécifiques : le canal d'Arantius, le foramen ovale ainsi que le canal artériel, qui lui permettent de vivre sans « respirer ».

« *À la première respiration, le nouveau-né attire le sang dans les alvéoles pulmonaires*, montre Mostafa Mokhtari en gonflant lui-même les poumons. *Ce qui a pour effet de diminuer leur forte résistance. Cet obstacle envolé, le sang va changer de trajectoire : au lieu de passer par le foramen ovale, il va se déverser dans le ventricule droit puis dans les artères pulmonaires.* » Jusqu'ici, le placenta, par sa faible résistance, attirait le sang à lui. Mais ce rôle d'aimant du placenta diminue de façon naturelle avec son expulsion, qui suit de près la naissance. Et si la sage-femme a clampé le cordon, le passage par le foramen ovale se réduit d'autant plus vite. « *Passé dans les poumons*, poursuit le pédiatre, *le sang oxygéné entre dans l'oreillette gauche du cœur grâce aux veines pulmonaires, puis dans le ventricule gauche d'où il sera propulsé pour aller nourrir les organes.* » C'est donc tout naturellement que les pressions sanguines chutent dans les artères pulmonaires et le ventricule droit et qu'elles augmentent dans l'oreillette et le ventricule gauche. Ce qui contribue à la fermeture du foramen ovale. 10 à 15 % des adultes, cependant, n'auront jamais leur porte dérobée fœtale refermée. Ils vivront avec tout le reste de leur vie.

Résorber les « portes dérobées » fœtales

Que devient l'autre porte dérobée, celle qui permettait au sang de s'échapper du ventricule droit par un raccourci ? « *Le canal artériel va lui aussi se rétracter et se refermer*, explique le pédiatre, *parce qu'il possède deux particularités, qui lors de la naissance, vont aider sa fermeture progressive.* » Il présente en premier lieu une forte sensibilité à l'oxygène. Lorsque l'oxygène



DESSIN ALAIN NETTER / HENRY ACLES - SPL - COSMOS

Quand clamper et couper le cordon ombilical ?

La réponse est variable selon les interlocuteurs. Certains obstétriciens et pédiatres préconisent un clampage rapide du cordon. Étant donné que l'enfant respire, il n'a plus aucune raison d'être relié à la mère. D'autre part, les nouveau-nés sont généralement placés sur le ventre de leur mère, en amont du placenta, ce qui, par gravité, accélère la circulation sanguine du bébé vers la mère. Un clampage rapide évite ce phénomène et permet d'éviter les anémies, surtout chez les prématurés. D'autres spécialistes indiquent que l'acte n'est pas urgent. Surtout si l'accouchement s'est bien déroulé et que le nouveau-né se porte bien. Car, avec l'expulsion du placenta, c'est tout naturellement – et spontanément – que la circulation sanguine va cesser dans le cordon. Dans ces cas-là, le bébé profite de sa propre oxygénation et de celle de sa mère. En général, le cordon ombilical est coupé entre 30 secondes et une minute après l'accouchement.

SCIENCE & VIE
N° 237

Décembre 2006 trimestriel
HORS SÉRIE 237
SCIENCE & VIE
MONDADORI FRANCE

HISTOIRE
Diamants
un stupéfiant
destin géologique

L'odyssée de la Terre
avant l'homme

ENQUÊTE
Volcans primitifs
l'heure de
la démesure

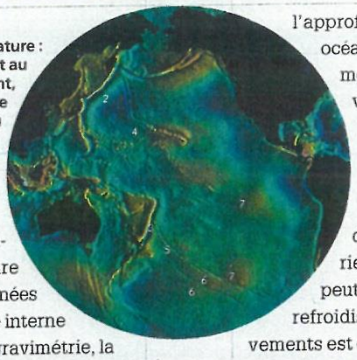




RÉCIT
Quand la banquise
recouvrait tout

T 02579 - 237 H - F: 4,00 € - RD

FRANCE METRO 4,00 €/DOM 4,80 €/REU avion 6,50 €/BEL 4,60 €/CH 8,20 FS /CAN 6,50 $ CAN/AND : 4,00 € - ESP 5,90 €/FIN 6,50 €
GR 4,60 €/ITA 3,80 €/LUX 4,60 €/MAR 37 DH/MAY 6,50 €/PORT. CONT. 3,80 €/SPM 4,60 €/TUN 3,9 DTU /TOM avion 1380 XPF



Un relief sculpté par la température : les roches qui remontent au niveau des dorsales induisent, en refroidissant, et de manière croissante, la contraction du plancher océanique.

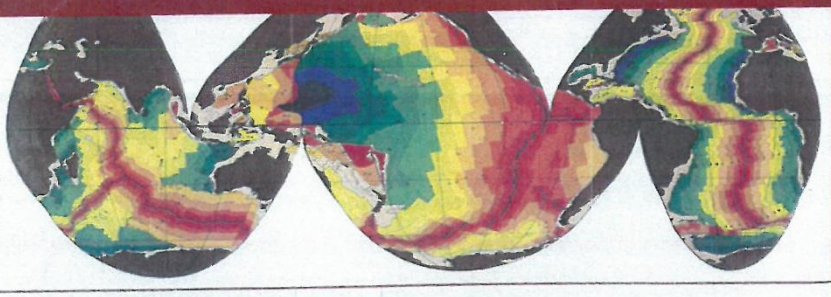
Depuis la seconde moitié du XX^{e} siècle, nous développons et modernisons sans cesse un arsenal impressionnant d'appareils de mesure et de méthodes de traitement de données pour déterminer l'état et la structure interne de notre planète : la sismologie, la gravimétrie, la géodésie, etc. Les livres de géologie sont remplis de belles images « tomographiques » du manteau terrestre montrant d'infimes variations de la vitesse des ondes sismiques à grande profondeur. Ces belles images ne doivent pas cacher un fait essentiel : nous sommes capables de déterminer d'infimes fluctuations par rapport à une valeur moyenne, mais incapables de déterminer précisément la valeur de cette moyenne. Nous savons par exemple que les zones de subduction, à la verticale des fosses océaniques, sont plus froides que le manteau environnant, mais quelle est la température de celui-ci ?

COMMENT MESURER LA TEMPÉRATURE

Le relief de fonds océaniques, qui peut être mesuré avec grande précision, est un premier indicateur de la température moyenne de l'intérieur de la Terre. On sait qu'une dorsale océanique est l'endroit où les roches du manteau sont emmenées vers la surface par un courant de convection. Lors de leur ascension, les échanges de chaleur sont limités et les roches gardent à peu près la température qu'elles avaient en profondeur. Ces roches se refroidissent au contact de l'eau de mer et se contractent. Avec le temps, le refroidissement affecte une épaisseur croissante et induit une contraction grandissante. La contraction ne peut se faire que selon la verticale et entraîne l'approfondissement progressif du plancher océanique. Les fonds marins se trouvent en moyenne à 2 500 m de profondeur à la verticale d'une dorsale et à 6 000 m au bord d'un océan, en avant d'une fosse de subduction. Ce changement topographique majeur, déjà connu à la fin du XIX^{e} siècle, est proportionnel à la différence de température entre l'intérieur et la surface. Dans les océans, on peut relier distance à la dorsale et temps de refroidissement parce que la vitesse des mouvements est connue. Le refroidissement se marque aussi par une variation du flux de chaleur qui s'échappe du plancher océanique. Les mesures de profondeur et de flux de chaleur sont toutefois soumises au « bruit » naturel de l'environnement géologique qui ne peut pas être maîtrisé comme celui d'un laboratoire. Ainsi, un fond marin n'est pas un plan lisse, mais une surface hachée de nombreuses failles et jonchée de petits édifices volcaniques. La profondeur à prendre en compte dans le calcul de la contraction thermique est obtenue en faisant une moyenne et en écartant les accidents du relief : elle ne peut être connue qu'à quelques centaines de mètres près. Les propriétés physiques des roches dans les conditions de pression et de température régnant à l'intérieur de la Terre sont elles aussi connues imparfaitement. Ces incertitudes prises en compte, la température à la base des plaques océaniques est de 1 350 à 100 °C près.

Une autre manière de mesurer la température du manteau terrestre est d'utiliser les laves émises par les volcans, qui proviennent de la fusion des roches de l'intérieur. Une roche n'est pas un corps pur à la température de fusion unique, mais un matériau à plusieurs composants qui fond progressivement sur un intervalle de température. Dans cet intervalle, la fusion est partielle, avec une partie seulement du solide qui est fondue. Magma et solide ré-

PERTES DE CHALEUR



Plus la température interne est élevée, plus le flux de chaleur qui s'échappe du plancher océanique est puissant. Ce flux diminue à mesure que l'on s'éloigne des dorsales (du rouge foncé au bleu).

gouttes plus conséquentes, de plusieurs milliers de km. Leur densité, 8 g/cm^3, est près de deux fois supérieure à celle des silicates, ce qui permet au fer de traverser « *d'un bloc la partie solide du manteau*, note Stéphane Labrosse, chercheur à l'École normale supérieure de Lyon. *Mais cela ne devait pas être aussi simple. Il devait probablement rester du fer à l'arrière qui s'écoulait sous forme de fluides interstitiels entre les grains solides.* »

DEUX POSSIBILITÉS

Qui dit matériel plus visqueux et plus solide, même au sein de l'astre, dit cristallisation et formation de roches. Toutefois, les avis divergent. Pour certains, cette couche, le manteau inférieur, serait solide depuis l'accrétion de la planète. Après l'impact majeur à l'origine de la Lune, seul « *20 à 30 % de la Terre devait être à l'état de fusion* », indique Francis Albarède, professeur de géochimie à l'École normale supérieure de Lyon. Un état de fusion représenté par un vaste océan magmatique. Pour d'autres, les impacts étaient si énergétiques que la Terre aurait encore pu être dans un état de fusion total lors de la collision. Puis, la planète refroidissant, son manteau aurait cristallisé en profondeur. Cependant, « *les températures qui règnent actuellement dans le manteau sont de l'ordre de 3 000 à 4 000 °C. À ces températures, nous n'avons aucune chance de retrouver le moindre indice de cette époque* », indique Francis Albarède.

Pour ce qui est de l'océan magmatique, on suppose qu'il aurait subsisté pendant 30 millions d'années. Son existence longtemps controversée est aujourd'hui acceptée. La preuve est restée dissimulée près de 3,8 milliards d'années dans le sol groenlandais à Isua. Là, enchâssés dans un long filet de gneiss, attendaient d'étonnants « fossiles » géologiques : des roches volcaniques et sédimentaires ayant subi de fortes déformations. Avec leur âge incroyable, leur morphologie et leur composition chimique singulières, ils constituaient une mine d'informations sur les conditions primitives. Atmosphère, eau, croûte... Tout ou presque a pu être analysé.

Mais revenons à l'océan magmatique. Les spectromètres de masse ont détecté une anomalie positive de l'isotope 142 du néodyme, un élément fort utile aux géochimistes. Issu de la désintégration du samarium 146, il se concentre surtout dans les liquides en fusion. De plus, le samarium 146 permet de

INFOGRAPHIES ALBAN BRICE PIMPAUD





Et la vie apparut...

De l'eau, de l'oxygène, du carbone... Voilà quelques indices sur lesquels se penchent ceux qui s'interrogent sur les toutes premières formes de vie sur Terre. Une vie plus précoce qu'on ne le soupçonnait.

« *La condition essentielle pour qu'apparaisse la vie, c'est un solvant, pour faciliter toutes les réactions biologiques. Et très probablement, ce solvant c'était l'eau* », explique Christophe Thomazo de l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP). James Kasting, de l'université de Pennsylvanie, ajoute : « *La définition traditionnelle d'une planète habitable, c'est une planète sur laquelle l'eau est stable à la surface. Cette définition présuppose que la vie est forcément basée sur la chimie du carbone et de l'eau. Certains scientifiques ont spéculé que la vie pourrait être un phénomène plus général et que ni le carbone ni l'eau ne sont nécessaires. Cette idée est concevable, mais elle conduit à de la science-fiction et il est difficile de la développer.* » Du moins, difficile tant que l'on n'a pas trouvé de formes de vie différentes sur d'autres planètes. L'atome de carbone reste en tout cas un des atomes les plus propices à l'établissement de nombreuses liaisons et donc à la formation de molécules longues et complexes, aux propriétés multiples.

LE CARBONE, CANDIDAT LE PLUS SÛR

Reste que les molécules organiques ne sont pas stables à haute température. Il fallut sans doute attendre que la Terre soit suffisamment refroidie, au-dessous de 100 °C, pour que la vie apparaisse. De l'eau stable en surface, et une température pas trop élevée : ces critères laissent à penser que la vie n'a pas pu apparaître sur la Terre avant 3,8 milliards d'années, après les derniers impacts d'astéroïdes.

Aujourd'hui, la recherche des traces de vie primitive s'approche de plus en plus de cette limite. Les spécialistes fouillent dans les cratons, ces zones géologiques stables de notre planète qui n'ont pas connu de transformation depuis quelques milliards d'années. Les plus anciens se trouvent dans l'ouest australien, au Groenland et au sud de l'Afrique. « *On y cherche des traces des premiers écosystèmes*, raconte Christophe Thomazo. *Il s'agit soit de formations de fer rubané, c'est-à-dire de dépôts de fer oxydé qui témoignent de la présence d'oxygène ; soit de stromatolites.* »

Les formations de fer rubané n'apparaissent qu'à 2,8 milliards d'années. Elles démontrent qu'à cette époque déjà, des organismes vivants avaient inventé la photosynthèse, ce procédé biochimique qui permet d'utiliser l'énergie du soleil pour fabriquer de la matière organique en rejetant de l'oxygène. Ils la pratiquaient d'ailleurs depuis assez longtemps et à suffisamment grande échelle pour avoir copieusement oxygéné l'atmosphère... Il est donc probable que les premiers organismes photosynthétiques étaient apparus avant cette

PREMIERS BALBUTIEMENTS

L'apparition de la vie n'a pu se faire qu'une fois la Terre refroidie et les gros impacts d'astéroïdes terminés.

Les cratons sont tout ce qui reste des montagnes des tout débuts de la Terre. Faits de granit, ils peuvent atteindre des profondeurs de 200 ou 300 km et ignorent les séismes.

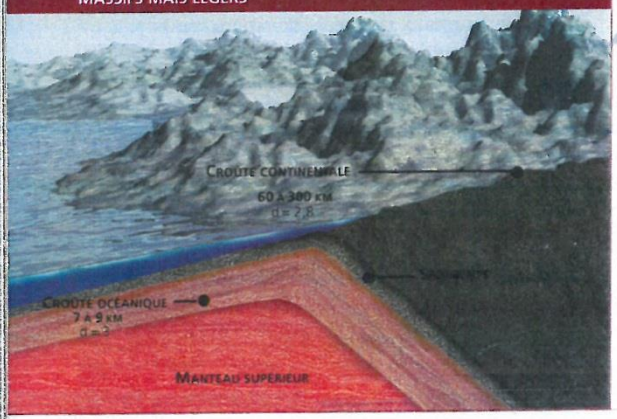


Les cœurs massifs des continents

Nées aux premiers âges de la Terre d'une activité volcanique gigantesque, ces montagnes autrefois débordantes d'énergie auraient pu rivaliser avec les plus hauts sommets actuels de l'Himalaya. Aujourd'hui usées et rabotées par plus de 3 milliards d'années d'intempéries climatiques, leur allure s'est profondément modifiée. Granitiques, plates ou presque et réduites à quelques centaines de mètres au-dessus du niveau de la mer, elles résistent aux facteurs érosifs que sont la pluie, le gel et le vent. Très stables, elles ne connaissent pas les tremblements de terre et cette résistance à toute épreuve leur vaut d'être nommées « boucliers » continentaux. « Cratons », pour les plus férus de géologie. Mais si jusqu'à présent, cette stabilité n'a guère enthousiasmé, sauf les amateurs de diamants et les grandes compagnies minières qui trouvent là leurs gisements, il semble que l'on éprouve à leur égard un certain regain d'intérêt. Ces montagnes à l'heure de gloire révolue ont en effet une valeur inestimable : leur âge. Comment se fait-il qu'après 3 milliards d'années, et pour les plus âgés, 4 milliards d'années, ces cratons répondent toujours présents à la surface du globe ? La question titille

Moins dense que la croûte océanique qui a tendance à s'enfoncer dans le manteau supérieur, la croûte continentale est aussi plus épaisse et plus stable. (Coupe d'une zone de subduction.)

MASSIFS MAIS LÉGERS



Le craton des Pilbara en Australie comprend, dans sa partie nord, des granits vieux de 3,6 milliards d'années, et dans sa partie sud, les plus vastes gisements de fer.

ALAIN MEYER / ASTER - VNIR - RGB=321 (2000-11-25) METI - ERSDAC

explique Benjamin Rondeau, docteur en gemmologie-minéralogie au Muséum d'histoire naturelle. Excité par un laser, le diamant émet une lumière décalée de 1332 cm^{-1} (nombre d'onde, soit l'inverse de la longeur d'onde) par rapport à la source, signature du cristal, qu'il soit naturel, traité ou synthétique. Rapide et sûr, cet outil équipe la majorité des laboratoires de certification, dont le LFG, qui possède un des modèles les plus performants d'Europe.

PRÉCIEUSE CARTE D'IDENTITÉ

Si la signature n'est pas celle du diamant, la certification tourne court. S'il s'agit bien d'un diamant, on établit sa carte d'identité. La pierre est dessinée : facettes et impuretés, externes (restes du diamant brut) comme internes (zones de coloration), sont scrupuleusement reproduites sur un schéma qui figurera sur le certificat. Un appareil topographique mesure ensuite toutes les dimensions du diamant avant sa pesée, qui déterminera plus tard sa valeur. Puis, sa couleur est comparée à celles d'une série-étalon de dix grades établie selon des normes internationales. Après quoi, la précieuse pierre va subir une série d'analyses qui vont révéler sa vraie nature.

De nombreux critères sont passés au crible. Parmi les moins discriminants, la couleur (on trouve des pierres naturelles et synthétiques de tous les tons) et l'absence d'inclusions. Le diamant naturel englobe des minéraux provenant de la couche profonde où il se forme que l'on ne retrouve pas dans les pierres synthétiques, notamment celles synthétisées par HPHT (voir l'encadré) qui renferment des métaux. Mais les pierres produites par CVD ne contiennent pas d'inclusion, tels les diamants naturels les plus purs.



En revanche, bien que leurs empilements d'atomes de carbone soient identiques, diamants naturels et synthétiques présentent des figures géométriques différentes. Majoritairement octaédriques dans les pierres naturelles, les secteurs de croissance des diamants de synthèse sont un mélange de secteurs cubiques et octaédriques, révélés par une lumière caractéristique en réponse à une excitation par un faisceau d'électrons (cathodoluminescence) ou d'UV (fluorescence). L'intensité de la fluorescence, observée avec deux lampes UV à ondes courtes et longues (254 et 365 nm), est un autre critère d'intérêt : le diamant



L'usage du diamant ne se limite pas à la joaillerie. Sa résistance en fait un matériau de choix dans l'industrie. On en trouve dans les marches du métro parisien…

DIAMANT INDUSTRIEL

La bijouterie n'est que la facette visible de l'utilisation du diamant. C'est l'industrie, de la coupe et de l'électronique notamment, qui en consomme le plus. On trouve même des diamants impurs dans les marches du métro parisien pour éviter leur usure. Le coût élevé du diamant devait donc conduire à la recherche de voies de synthèse. En 1953, l'inventeur suédois Baltazar von Platen synthétise un diamant dans des conditions proches des conditions naturelles, quoique plus extrêmes. Cette technique dite HPHT (haute pression, haute température) consiste à faire pousser un germe de diamant grâce à un mélange de carbone solide (graphite) et de solvants métalliques. Elle ne produit cependant que des diamants impurs et colorés surtout utilisés pour leurs propriétés mécaniques. Au début des années 1980, des chercheurs russes mettent au point un procédé utilisant, cette fois, du carbone enfermé dans un plasma. La technique CVD (Chemical Vapor Deposition) permet, sous vide ou à pression ambiante et à haute température, de déposer des couches de diamant sur un germe, le faisant grossir de quelques centaines de microns par jour. Bien moins onéreuse que l'HPHT, la CVD produit aujourd'hui des diamants transparents de plusieurs carats. Toutes deux alimentent, depuis le milieu des années 1990, le marché du bijou.

les éléments radioactifs qu'elle contient, comme l'uranium ou le thorium, la chauffent de l'intérieur dans toute l'épaisseur du manteau. Notre planète aurait pu laisser cette chaleur diffuser lentement vers l'extérieur. Mais ce n'est guère efficace et la physique a mieux à proposer : pour évacuer plus vite cette impétueuse énergie, c'est l'ensemble de la matière qui va circuler en son sein.

TRANSPORTS DE MATIÈRE

Les morceaux froids plongent vers le cœur pour se remplir de chaleur, les morceaux chauds remontent vers la surface pour la rayonner vers l'extérieur. Comme un grand ballet d'ascenseurs thermiques. Mais si la Terre nous chante ce ballet comme une casserole, la métaphore a ses limites : le manteau qui organise ces mouvements est soumis à des pressions telles qu'il est… solide.

Comment une boule solide peut-elle organiser, en elle-même, de grands courants de matière ? La Terre a souvent du mal à faire comprendre à ses explorateurs en herbe que la notion de solide est tout à fait relative, et dépend beaucoup de l'échelle de temps que l'on considère. Un exemple valant mieux qu'un long discours, appelons en renfort un glacier alpin (tant qu'il en reste…). Il est fait de glace parfaitement solide. Et pourtant, les montagnards savent bien que les glaciers « coulent » dans les vallées. Lentement, certes, mais il est fréquent de retrouver, en bas de la langue de glace, le corps d'un malheureux tombé en altitude dans une crevasse, à plusieurs kilomètres de là, des dizaines d'années auparavant.

En Antarctique, les scientifiques mesurent même les déplacements de véritables « rivières » de glace, dont on peut voir les cassures provoquées par l'écoulement. Idem pour les vitraux des cathédrales, qui « coulent » et s'alourdissent à leur base au fil des siècles. Le manteau terrestre fait de même : il a beau être rocheux, dès lors qu'on l'observe sur des périodes suffisamment longues, on peut le voir couler comme un corps pâteux. Et ce, d'autant plus vite qu'il est plus chaud. Ce qui lui permet de décrire de grands mouvements de convection, à des vitesses de quelques… millimètres par an. La Terre, en somme, est une grosse boule de gomme d'autant plus molle qu'elle est plus chaude.

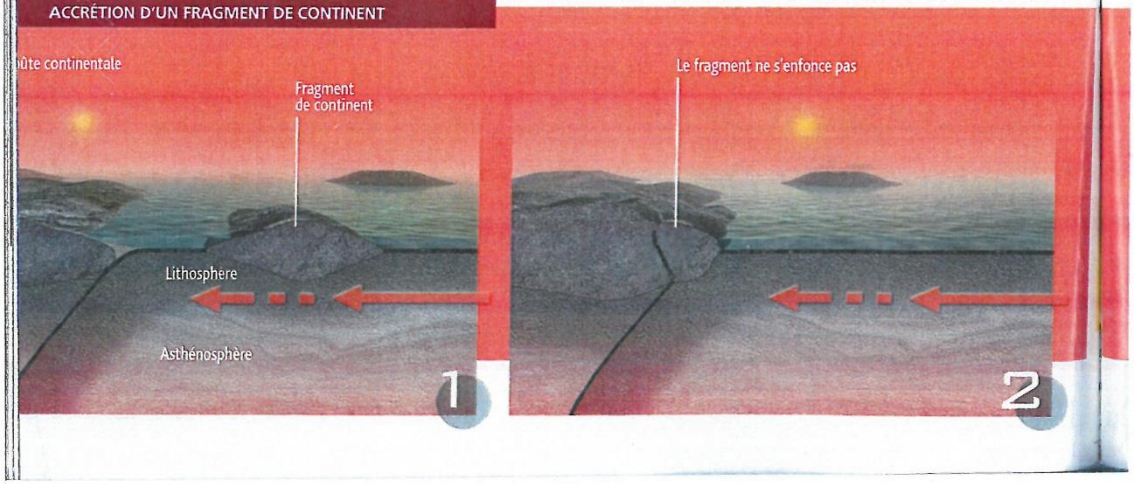
Ces mouvements de convection vont avoir une grande efficacité pour transporter la chaleur. Mais un problème apparaît très vite : la surface – ou lithosphère – beaucoup plus rigide, qui s'est couverte d'une croûte rocailleuse océanique ou continentale, agit comme un couvercle isolant. Conséquence fâcheuse, la chaleur qui circule à l'intérieur reste malencontreusement bloquée sous les derniers kilomètres. Et la Terre, au bout de quelques dizaines de millions d'années, prend des airs de cocotte-minute tant elle paraît sous pression.

LES MORCEAUX FROIDS PLONGENT VERS LE CŒUR, LES MORCEAUX CHAUDS REMONTENT À LA SURFACE

Ce qui devait arriver un jour arriva… et le couvercle se cassa. Quand et comment ? Nul ne le sait. Peut-être très tôt, lorsque la Terre n'avait, tout au plus, qu'une centaine de millions d'années. Des « bulles » de matière chaude se sont accumulées d'un côté, des blocs de croûte froide sont devenus très denses de l'autre. Bref, les contraintes sont de-

ILLUSTRATION ALEXANDRE DUMAIN / T. CASTANEDA . COLL. RISER . GETTY IMAGES

ACCRÉTION D'UN FRAGMENT DE CONTINENT



DES DÉBUTS MAL CONNUS

Le climat du précambrien (de -4,5 milliards à -543 millions d'années) est encore assez mal connu (voir l'encadré en page suivante). Néanmoins, la tendance était vraisemblablement aux très grandes chaleurs ! Le Soleil d'alors, pourtant, est plutôt faible : il est encore jeune et la quantité d'énergie qu'il émet se limite à 70 % (il y a 4,5 milliards d'années) et 75 % (2,5 milliards d'années) de celle qui nous parvient aujourd'hui. Ce « faible » rayonnement se trouve compensé par un puissant effet de serre, beaucoup plus fort que l'actuel.

Par la suite, le rayonnement solaire va en augmentant alors que l'effet de serre, lui, s'affaiblit : la Terre refroidit donc. Des calottes de glace se forment, s'écoulent en frottant contre la roche, l'érodent, y créent des stries... On retrouve notamment ce type d'érosion mécanique typique des périodes glaciaires en Afrique du Sud et en Australie, sur des socles rocheux vieux de 2,6 à 2,3 milliards d'années. On connaît cependant assez mal l'étendue de cette première période glaciaire. Certains chercheurs comme Gilles Ramstein, du laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) du CEA, n'hésitent cependant pas à aller plus loin. Cette première glaciation pourrait selon lui, être le premier phénomène de « Terre boule de neige » que la planète a connu : un englacement total de la surface du globe. « *Cela est confirmé par des traces de glaciation aux basses latitudes*, argumente le chercheur. *À cette époque, l'apparition de la vie basée sur l'oxygène a provoqué une augmentation rapide de l'oxygène atmosphérique. Or, l'oxygène induit un écroulement du méthane, qui est un gaz à effet de serre.* »

BOULE DE NEIGE

Un épisode ultérieur de Terre « boule de neige », survenu il y a 750 millions d'années, semble, lui, faire consensus. Il serait cette fois dû uniquement à la tectonique. Remontons quelques millions d'années en arrière : il y a 800 millions d'années, les continents sont tous regroupés en un seul supercontinent centré sur l'équateur : le Rodinia. « *Du fait de leur gigantesque surface, les supercontinents favorisent l'émergence de grandes régions arides au détriment des régions humides*, explique Frédéric Fluteau de l'IPGP. *Mais, si le supercontinent vient à se disloquer, les surfaces des continents résiduels sont plus faibles et des masses d'air humide peuvent pénétrer jusqu'au cœur des continents, donner lieu à des précipitations et donc favoriser une altération chimique plus forte.* »



PHILIPPE ROUPIE/ILLER - I. HALIOUA EDITORIAL AGENCY / CARTE : ALAIN MEYER, D'APRÈS F. FLUTTEAU

AU COURS DE LA PÉRIODE DE GLACIATION, LES VOLCANS CONTINUENT À FONCTIONNER

Or, l'altération chimique pompe du dioxyde de carbone (CO_2) ! Lorsque le Rodinia éclate, entre -800 et -750 millions d'années, l'augmentation du ruissellement sur les continents transporte le produit de l'altération chimique des roches sous forme d'ions hydrogénocarbonates jusqu'aux océans : le carbone se dépose alors sous forme de carbonates sédimentaires. Conséquence : le taux de CO_2 atmosphérique diminue de moitié. « *Donc on peut changer le taux de CO_2 atmosphérique sans rien changer d'autre, simplement en changeant la géographie !* », conclut Frédéric Fluteau. Moins de CO_2, donc moins d'effet de serre. Et un rayonnement solaire encore inférieur de 6 % à celui que l'on connaît aujourd'hui : l'englacement total de la surface des continents et des océans paraît inévitable. La température moyenne du globe pourrait ne pas avoir excédé -40 °C. Reste que pendant cette période de glaciation globale, les volcans continuent à fonctionner et à émettre des

SCIENCE & VIE

N° 254

trimestriel
mars 2011

HORS SÉRIE 254

SCIENCE & VIE

MONDADORI FRANCE



Son histoire explique ses colères

La Terre

Planète à hauts risques

- TEMPÊTES
- SÉISMES
- DÉLUGE & SÉCHERESSE
- VOLCANS
- ORAGES

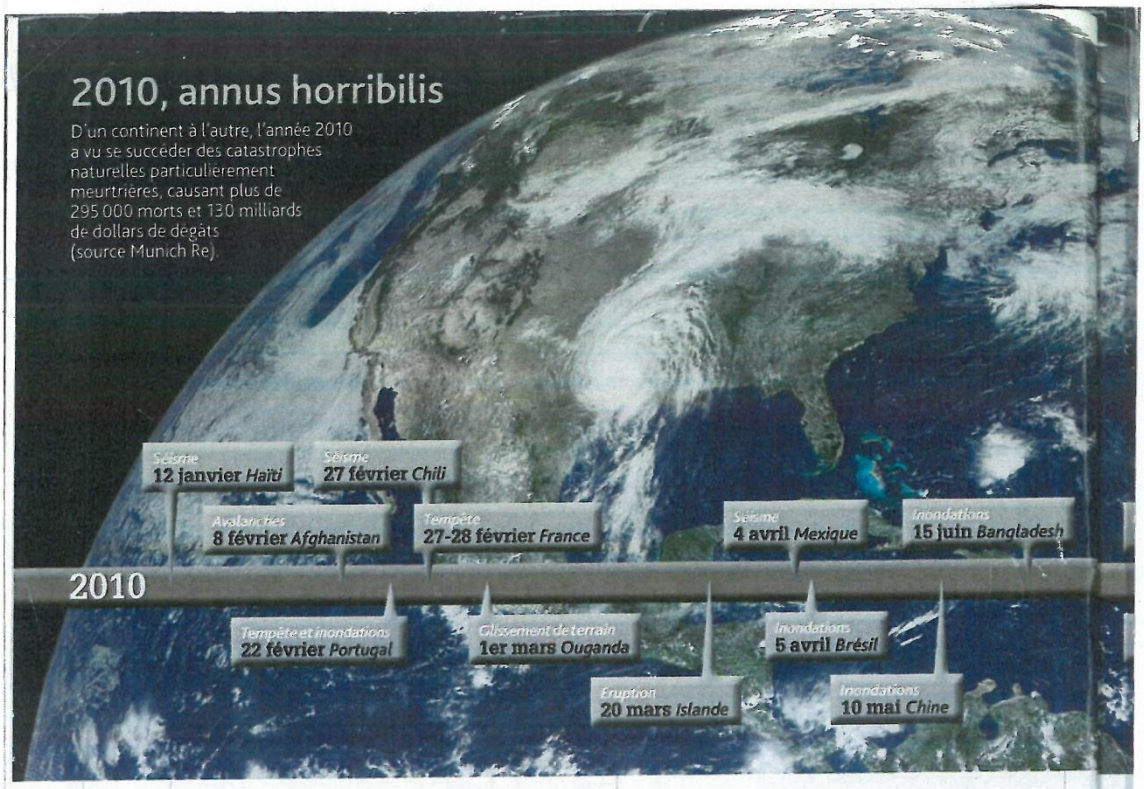
5 dossiers pour tout comprendre

SPÉCIAL FRANCE

Les zones exposées

M 02579 - 254 H - F: 4,90 € - RD

FRANCE METRO 4,90 € - DOM 5,80 € - DOM/AVION 7,50 € - BEL 5,40 € - CH 9,90 FS - CAN 6,95 $ - AND 5,00 € - ESP 5,75 € - FIN 6,50 € -GR 5,50 € - ITA 5,50 € - LUX 5,40 € - MAR 55 DH - TOM AVION 1590 CFP - TOM SURFACE 790 CFP - PORT CONT. 5,75 € - TUN. 7 DTU



Quand ce n'est pas la terre qui tremble, c'est le ciel qui tombe, pour ainsi dire, en trombes d'eau. L'année 2011 a ainsi bien mal commencé pour l'Australie, dont l'Est s'est retrouvé noyé, en janvier, sur une superficie grande comme la France et l'Allemagne réunies. Tandis qu'aux alentours de Rio, au Brésil, on pleurait au même moment la mort ou la disparition d'un millier de personnes, emportées par les torrents de boue qu'un déluge de plusieurs jours avait engendrés. Là encore, « l'impensable » était en partie prévisible, au vu des constructions anarchiquement disposées à flancs de coteaux. L'homme feint d'oublier que les équilibres sur lesquels il s'appuie sont fragiles. Et que la planète qui le nourrit peut aussi, quand sa fureur éclate, être celle qui le détruira. Son histoire, depuis sa naissance il y a 4,5 milliards d'années, n'est pourtant qu'une succession de cataclysmes. Chutes d'astéroïdes, déluges au sens quasi biblique, éruptions gigantesques de magma et atmosphère déchaînée : qui peut encore croire qu'avec un tel passé la planète bleue puisse être un havre de paix. Son cœur bouillonne encore d'une énergie colossale. La Terre a tremblé, elle tremblera encore. De ses entrailles continueront de jaillir des laves incandescentes, aveugles aux villages qu'elles ensevelissent et sourdes à la douleur des hommes. Les alizés qui rafraîchissent les côtes tropicales se transformeront, comme ils l'ont toujours fait, en cyclones rugissants, encore et encore.

Si on ne peut dompter la Terre quand elle se déchaîne, on peut tout au moins s'efforcer d'en anticiper les caprices

DÉVELOPPER UNE CULTURE DU RISQUE

Alors, d'où nous vient cette impression que notre planète, depuis quelque temps, s'acharne contre nous ? Les chiffres confortent l'intuition : que ce soit en nombre de catastrophes naturelles relevées, en nombre de morts ou en valeur des dégâts, l'année 2010 se situe nettement au-dessus de la moyenne de ces trente dernières années. Certes, on débattra de ce que l'on appelle précisément « catastrophe naturelle » et sur la façon de les comptabiliser ; on fera valoir, aussi, que l'on est davantage informé aujourd'hui qu'hier du moindre soubresaut qui affecte le coin le plus reculé de la planète. Autant de biais dans ces macabres statistiques. Peu importe : l'année 2010 a bien été une *annus horribilis*. Et les images sont restées du Pakistan à l'agonie, l'été dernier, quand un quart de son territoire s'est retrouvé sous l'eau. Ou de

NASA

SCIENCE & VIE

N° 981

Le plaisir de savoir

Science & Vie

Mensuel n° 981 - juin 1999

Encyclopédie XX^e siècle
L'origine de la vie

Voyage au centre du Soleil

Avant l'éclipse du 11 août, ce qu'on sait vraiment de notre étoile



Kosovo
Les armes high-tech à l'épreuve

T 2578 - 981 - 23,00 F

165 FB - 7,5 FS - Scan 4,95 - 850 Ptas - Portugal Cont 720 Esc - 40 Dh - 3.500 DT - 6500 L - Réunion/Antilles/Guyane 28 F - 1220 XPF

RECHERCHE



Bolidomonas pacifica, une formule 1 chez les algues.

L GUILLOU/CNRS

OCÉANOGRAPHIE

Une algue bolide

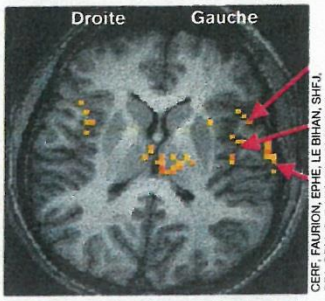
L'océan Pacifique et la Méditerranée ont livré deux espèces d'algues unicellulaires jusqu'alors inconnues, *Bolidomonas pacifica* et *Bolidomonas mediterranea*. En observant au microscope des cultures d'algues du Pacifique équatorial, Laure Guillou, étudiante en doctorat au Centre d'études d'océanographie et de biologie marine, à Roscoff, a découvert une cellule alguale mesurant 1,2 micromètre qui se déplace à la vitesse de 1 mm par seconde. En analysant sa morphologie, ses pigments photosynthétiques, ainsi que la séquence d'un des trois gènes de l'ARN ribosomal, macromolécule organique voisine de l'ADN, la scientifique a conclu qu'elle est proche des diatomées, algues microscopiques abondantes en milieu côtier. Mais la cellule analysée ne peut appartenir à ce groupe faute de posséder une enveloppe en silice. On a donc dû créer à son intention la famille des bolidophycées, ainsi nommée en raison de sa vitesse de déplacement. Ch. C.

NEUROBIOLOGIE

Des mots et des saveurs

On a localisé quatre aires cérébrales impliquées dans la perception des saveurs. Rapportés par le mensuel *Pour la science* (n°258), les travaux de Barbara Cerf et d'Annick Faurion, du laboratoire de neurobiologie sensorielle de Massy, et de Denis Le Bihan, du centre hospitalier d'Orsay, montrent que le lobe de l'insula et les opercules frontal, pariétal et temporal voisins traitent les informations envoyées par les papilles gustatives situées sur la langue.

Les images du cerveau de sujets dégustateurs obtenues par résonance magnétique nucléaire font apparaître dans ces zones une variation du débit sanguin. Certaines de ces aires sont également impliquées dans le langage. Cela voudrait-il dire que la perception et la reconnaissance d'une saveur seraient associées à sa nomination? «L'hypothèse est séduisante, mais elle demande à être vérifiée par une nouvelle série d'études», commente prudemment Annick Faurion. I. B.



CERF, FAURION, EPHE; LE BIHAN, SHFJ, CEA, DRM, P. F. VAN DE MOORTELE

Trois des quatre aires cérébrales activées par la perception des saveurs.

ASTRONOMIE

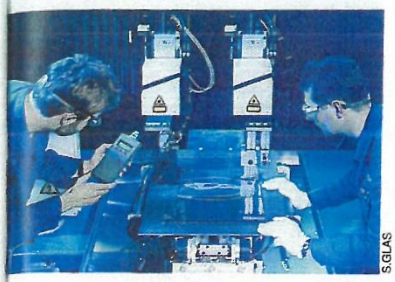
VESTIGES D'HYPERNOVAE

■ Pour expliquer les sursauts gamma, sortes de flashes très énergétiques détectés presque quotidiennement dans l'espace, les astronomes invoquent la fusion d'étoiles à neutrons ou de trous noirs dans des galaxies lointaines. Ces explosions – les plus violentes connues – ayant lieu à plusieurs milliards d'années-lumière, il est impossible d'en observer les effets. Or, des astronomes de l'université de l'Illinois (Etats-Unis) auraient découvert que deux nuages de gaz situés dans la galaxie M 101, distante d'à peine 15 millions d'années-lumière, qu'on attribuait jusque-là à des supernovae, proviendraient tout simplement d'hypernovae très anciennes. L'étude de la vitesse d'expansion, exceptionnellement rapide, de ces nuages semble confirmer l'hypothèse. La relative proximité de ces restes permettra d'étudier en détail la dynamique des explosions qui en sont à l'origine. Ph. H.



DR

La galaxie M 101 va-t-elle révéler l'origine des sursauts gamma?



S.GLAS

VITRERIE

Une coupe au rasoir

Lorsqu'on coupe une vitre avec un diamant ou un coupe-verre à mollettes, de minuscules éléments en saillie ou en creux apparaissent sur les bords de la coupe. Si la vitre est soumise à des contraintes, ils constituent autant de points de départ de microfissures. La technique de coupe mise au point par la société Shott Advanced Processing est basée sur un laser à CO_2 combiné avec un jet d'air. Le faisceau laser provoque une trace chaude, une entaille sur le verre, sans le faire fondre et sans qu'il s'évapore, contrairement à d'autres techniques de découpe au laser. Puis on projette un jet d'air froid sur l'entaille obtenue. Le choc thermique entraîne la rupture franche du verre, sans aucune microfissures. Cette technique permet de réduire dans des proportions importantes le nombre de produits défectueux.

FABRICATION

LES MIRACLES DE LA 3D



A partir d'images numériques, l'imprimante produit des objets en 3D.

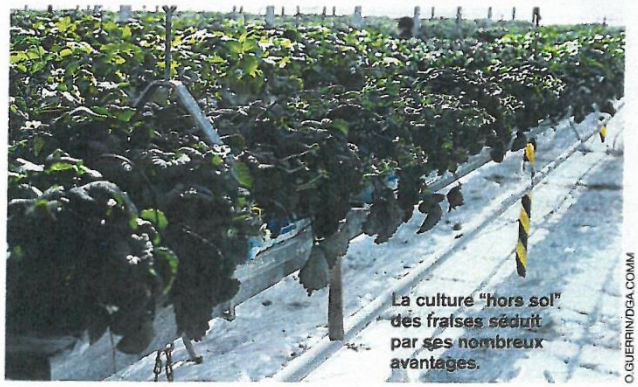
DR

■ La société 3D Systems lance le ThermoJet, une "imprimante" d'objets solides réalisés à partir d'images numériques. Grâce à la CAO (Conception Assistée par Ordinateur), un concepteur peut ainsi créer un objet – par exemple, une pièce mécanique – sur son micro-ordinateur, en imprimer les images, et le fabriquer immédiatement sur place. L'objet est produit en quelques heures dans une substance similaire au plastique, et le concepteur peut alors évaluer le résultat de son travail. Ou encore le faire évaluer par des collègues ou par des clients.

CULTURE

Les fraises se cueillent debout

Pour cultiver les fraises, on utilise de plus en plus la technique dite "hors sol". Ce qui permet de rentabiliser des serres obsolètes qui étaient utilisées dans la culture des tomates, ou d'occuper des tunnels de séchage du tabac. En Virginie occidentale, au centre de recherche en horticulture du Département de l'agriculture des Etats-Unis, les plants baignent dans une solution nutritive (culture hydroponique). En France, ils sont plutôt placés dans un substrat de tourbe et d'écorces de pin. Rendements élevés, récoltes précoces, suppression des problèmes de fatigue du sol, ou de la nécessité de le désinfecter avec des produits décriés tels que le bromure de méthyle : autant d'avantages qui attirent les producteurs des deux côtés de l'Atlantique. **M.-L. M.**



La culture "hors sol" des fraises séduit par ses nombreux avantages.

O.GUERRIN/DGA.COMM

PAR PHILIPPE HENAREJOS

Le torchon brûle entre astronomes et astrologues. Cela n'est pas nouveau. Mais cette fois les astronomes, par la voix de François Biraud et de Philippe Zarka, de l'Observatoire de Paris-Meudon, règlent leur tir. Dans un texte publié en juin dernier dans le *Journal des astronomes français* (1), ils lancent une offensive qui aboutit à la même conclusion que les précédentes : l'astrologie n'a aucun fondement et ne peut être considérée comme une science. La nouveauté réside dans la démarche. Plutôt que de foncer tête baissée sur l'adversaire, les deux chercheurs ont commencé par étudier l'astrologie en profondeur pour mieux en identifier les faiblesses.

Pendant de nombreux siècles, astrologie et astronomie ont fait bon ménage. Dans l'Antiquité et jusqu'au XVII[e] siècle, les astronomes pratiquent autant l'astronomie que l'astrologie – c'est le cas, par exemple, de Johannes Kepler, qui établit, au XVII[e] siècle, les lois fondamentales de la mécanique céleste.

Mais la remise en cause du système géocentrique de Ptolémée par Copernic crée une fracture. Les astronomes se posent de plus en plus de questions sur les influences qu'on attribue aux astres. Et, tandis que l'astronomie s'affirme comme une science "exacte", l'astrologie régresse au rang d'une croyance bien difficile à étayer par des faits.

Mais, aujourd'hui, l'astrologie tient à nouveau une place importante dans la société. L'audience des radios au moment de l'horoscope du matin est maximale. De nombreuses entreprises choisissent leurs employés à partir de leur thème astral. Plusieurs chefs d'Etat ont (ou ont eu) recours aux services d'astrologues. La Française des jeux a même lancé, il y a deux ans, un jeu de hasard sur le thème de l'astrologie. Pour bon nombre des acteurs de la société, l'astrologie n'est pas une simple croyance, c'est une pratique fondée scientifiquement. Encore faut-il le démontrer, rétorquent les astronomes... Nous voilà au cœur du débat.

DÉNONCER L'AMALGAME

« C'est notre rôle de citoyens que de dénoncer l'amalgame entre science et astrologie, déclare Philippe Zarka. Si l'astrologie pose un problème, c'est que ses défenseurs lui attribuent un fondement scientifique, au lieu de la considérer comme une pratique ludique ou une croyance. » Chacun est libre de croire ce qu'il veut et de l'exprimer, selon les articles 10 et 11 de la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen, en préambule de la constitution de la V[e] République. Mais le "label scientifique" exige certaines conditions.

Partant du principe qu'on ne peut dénoncer ce qu'on ne connaît pas, François Biraud et Philippe Zarka ont examiné les

(1) Egalement accessible sur le site internet de l'Observatoire de Paris-Meudon : http://www/obspm.fr/savoirs/contrib/astrologie.fr.shtml



H. RAGUET

Porte-parole de la science

Astronomes à l'Observatoire de Paris-Meudon, Philippe Zarka (à gauche) et François Biraud (à droite), souvent confrontés à des questions sur l'astrologie au cours de débats et de conférences, ont décidé de l'étudier en profondeur afin de pouvoir la remettre à sa juste place. Leur démarche n'est pas une croisade, juste une mise au point.

Vers l'ordinateur quantique

Pour donner corps à l'ordinateur quantique, dont la puissance de calcul bouleverserait l'informatique – mais qui n'existe encore qu'au stade théorique –, il manquait un générateur d'énergie. C'est fait : une équipe de chercheurs vient de mettre au point une "pompe à électrons"...



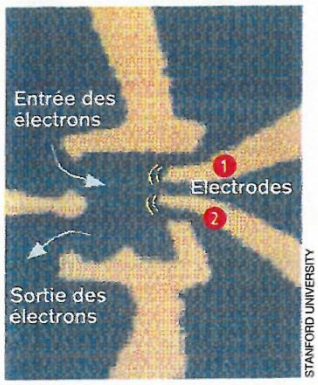
L'informatique du futur se construit brique par brique, ou plutôt, électron par électron. Il n'est pas de mois sans qu'apparaisse de publication scientifique annonçant une nouvelle avancée en nano-électronique (1). Ici, une équipe met au point le premier nanotransistor à un électron; là, on tresse des nanocâbles pour transporter ces particules élémentaires (voir *Science & Vie* n° 958, p. 68)... Derrière cette obsession de la miniaturisation se cachent de si extraordinaires projets scientifiques que certains spécialistes doutent de leur viabilité. L'exemple même de projet "osé" est la conception de l'ordinateur quantique. Une telle machine, si elle est jamais construite, utiliserait, pour mener des calculs, les lois étranges de la physique quantique.

Pour construire l'ordinateur quantique on dispose déjà, outre les nanocâbles, de "boîtes quantiques" qui emprisonnent les électrons un par un et qui pourraient servir de nanomémoires. Mais un élément essentiel, la source d'énergie qui permettrait de propulser les électrons dans le circuit de l'ordinateur, manquait jusque là. C'est précisément ce que l'équipe de Michael Switkes, chercheur à l'université Stanford (Palo Alto, Californie), a construit. Ils ont baptisé cette source d'énergie la "pompe à électrons".

Dans le monde de l'infiniment petit, tout est plus "flou" que dans notre univers quotidien (voir *Science & Vie* n° 977, p. 39). Les électrons, et toutes les autres particules, sont également des ondes (c'est la fameuse "dualité onde-corpuscule"). Un électron peut se trouver dans plusieurs états (d'énergie, par exemple) simultanément. On parle de cohérence quantique. Ce

(1) Le préfixe "nano" fait référence à nanomètre : millionième de millimètre. La nano-électronique est alors l'électronique des composants nanométriques, etc.

Pompe à électrons



STANFORD UNIVERSITY

La pompe à électrons est une boîte quantique – nanocomposants capables d'emprisonner des électrons – qui sert de générateur électrique. Quand on fait varier le potentiel électrique aux bornes des électrodes (champs alternatifs) (1 et 2), tout se passe comme si les "parois" de la boîte quantique se contractaient et se dilataient. La pompe "aspire" les électrons et les rejette ensuite, à l'instar d'une pompe à eau.



Plantes transgéniques

ce que soutiennent les firmes qui les fabriquent et les commercialisent. Ces sociétés d'agrochimie, une poignée qui se partagent le marché mondial, disposent d'une énorme puissance financière. Elles ont parié sur la recherche. En 1997, le Suisse Novartis a investi 735 millions de francs suisses dans le département recherche et développement du secteur "agribusiness", dont 16 % consacrés aux semences. Quant à son concurrent américain, le géant Monsanto, il a consacré, en 1996, quelque 450 millions de dollars à la recherche en biotechnologie. En outre, ces multinationales avalent les uns après les autres leurs petits concurrents, histoire d'être mieux armées encore pour conquérir la planète agricole.



S. TOUHIG/SYGMA

Recherches censurées

Pour avoir rendu publics les résultats préliminaires très inquiétants de ses recherches sur l'éventuelle nocivité des plantes transgéniques, le chercheur écossais Arpad Pusztai a été mis à la porte du Rowett Research Institute.

Pour tenter de maîtriser cette propagation des cultures transgéniques, les délégués de plus de 170 pays se sont réunis, en février dernier, à Carthagène, en Colombie. Leur but : mettre la touche finale au "protocole sur la prévention des risques biotechnologiques", un texte d'application de la Convention sur la biodiversité, le droit international de l'environnement. Ce protocole, qui n'a finalement pas été adopté, devait fixer les règles de la circulation des plantes transgéniques et de leurs dérivés à travers le monde. Car la majorité des acteurs doutent... Ils s'inquiètent, notamment, des risques potentiels de ces produits pour l'environnement et pour la santé.

Les aliments transgéniques seraient-ils donc nocifs? Arpad Pusztai continue de se poser la question. Lorsqu'il était chercheur pour le Rowett Research Institute, à Aberdeen (Ecosse), il a obtenu des résultats préliminaires inquiétants : après avoir mangé des pommes de terre transgéniques, des rats ont souffert d'un retard de croissance, de problèmes de développement de plusieurs organes vitaux tels que le foie et le cerveau, et d'une déficience alarmante du système immunitaire.

C'est le 10 août 1998, lors d'une émission diffusée sur une chaîne de télévision britannique, que l'Ecossais lance cette bombe. Un scoop pour le journaliste, une catastrophe pour le directeur du Rowett Research Institute, Philip James. Deux jours plus tard, il suspend Pusztai et l'accuse, à demi-mot, de fraude scientifique. Selon lui, le chercheur aurait confondu des données portant sur une lignée de pommes de terre transgéniques avec les résultats d'une expérience où l'on ajoutait des protéines insecticides au repas des rongeurs.

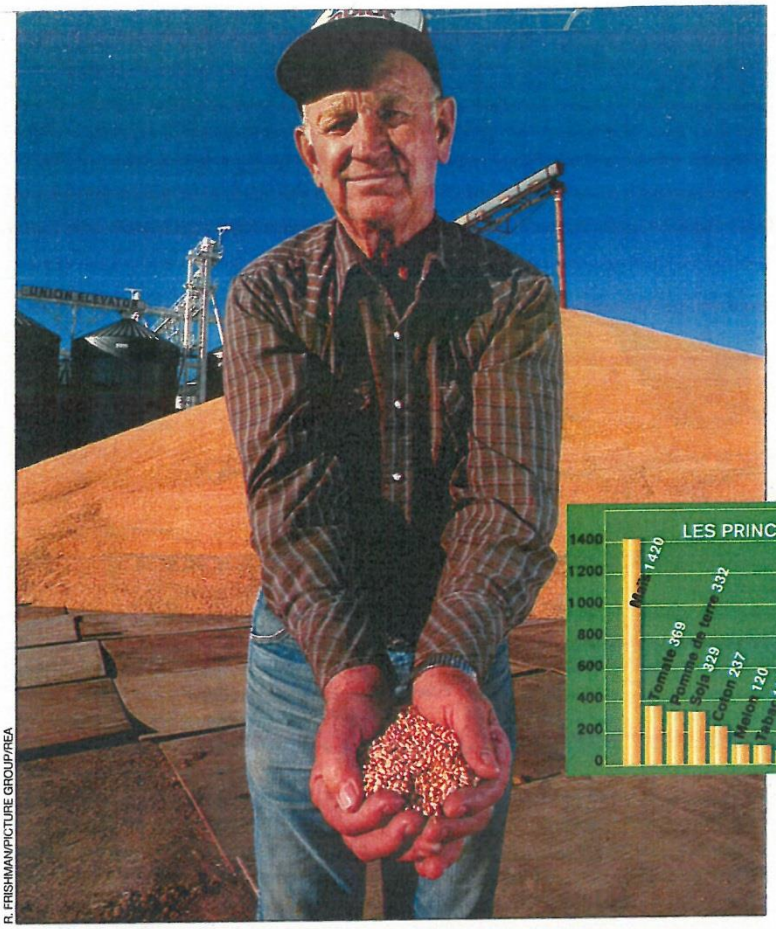
Le contrat annuel d'Arpad Pusztai n'est pas renouvelé. Le 28 octobre 1998, le comité d'audit chargé de faire la lumière sur cette affaire remet son rapport. Pas une ligne sur l'éventuelle fraude scientifique. Les rats de Pusztai ont bien mangé des pommes de terre transgéniques. Mais selon le comité, ses résultats ne sont pas «statistiquement significatifs».

L'affaire semble classée jusqu'à ce que, le 12 février dernier, vingt scientifiques de quatorze pays prennent la défense de Pusztai. Après examen de l'étude du chercheur, dont les résultats ont circulé sous le manteau, tous affirment que ces travaux révèlent les risques des plantes transgéniques.

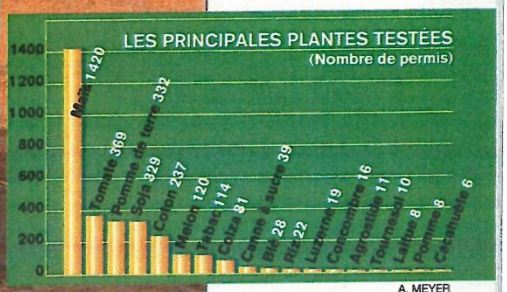
UN PIED DE NEZ À LA NATURE

Il faut dire que ces organismes génétiquement modifiés (OGM) sont un véritable pied de nez aux lois élémentaires imposées par Dame Nature, une illustration vivante du franchissement de la barrière des espèces. Ils contiennent, enfouis au cœur de leur patrimoine génétique, des gènes étrangers, en provenance directe d'un virus, d'une bactérie, d'un insecte, d'une autre plante, d'un animal... Grâce à l'universalité du code génétique, les possibilités semblent infinies.

Ces gènes étrangers, ou transgènes, procurent un caractère totalement nouveau à la plante. Et, comme ils font désormais partie intégrante de son patri-



R. FRISHMAN/PICTURE GROUP/REA



A. MEYER

L'Amérique s'emballe

Aux Etats-Unis, les surfaces consacrées aux cultures transgéniques expérimentales (maïs en tête) et commerciales connaissent une inflation spectaculaire.

moine génétique, la plante les transmet à sa descendance, qui sera, elle aussi, résistante à des herbicides, à des insectes ravageurs, à des virus...

Pour parvenir à de telles prouesses, les chercheurs utilisent la transgenèse. Cette opération permet de transférer dans une plante le gène d'intérêt, c'est-à-dire le gène qui code pour le caractère que l'on souhaite transmettre. Avant tout, il faut l'isoler et l'intégrer dans un plasmide, fragment d'ADN circulaire issu d'une bactérie, qui servira de vecteur au transgène pour atteindre le cœur des cellules de la plante. Pour multiplier le plasmide modifié, on l'introduit dans une autre bactérie, que l'on cultive. Ensuite, les as du génie génétique disposent de deux techniques. Généralement, ils passent par l'intermédiaire d'*Agrobacterium tumefaciens*, une bactérie qui est naturellement capable d'introduire des fragments d'ADN dans le génome des plantes. Cultivées avec des fragments de tissu végétal, ces bactéries leur "donnent" le plasmide, qui s'intègre au patrimoine génétique des cellules végétales. Si la plante à modifier est récalcitrante à cette technique, il suffit de bombarder ses cellules de microbilles de tungstène enrobées de plasmides. Quelques-uns finiront bien par intégrer le génome des cellules végétales!

Les pommes de terre transgéniques de Pusztai contenaient un gène qui code pour une lectine – protéine insecticide issue de la plante perce-neige (*Galanthus nivalis*). Précisons que ces OGM ne sont que des chimères de laboratoire, qui ne seront jamais commercialisées.

Pour tenter d'évaluer l'effet d'une alimentation transgénique, le chercheur a nourri deux groupes de rats. La gamelle des premiers contenait les pommes de terre géné-

mécanique sera bien venu en attendant un véritable cœur biologique qui, lui, sera capable d'une plus grande souplesse qu'une machine et simplifiera la vie des patients.

La course aux néo-organes, commencée depuis quelques années, s'intensifie au fil des découvertes et des expériences menées dans le monde entier. La culture de cellules est devenue l'un des plus grands enjeux des biotechnologies, en passe de supplanter la thérapie génique qui n'apporte toujours pas les résultats escomptés. Il apparaît aujourd'hui plus facile de cultiver des cellules *in vitro* et de les implanter chez le malade que de les transformer *in vivo* pour les amener à se comporter comme on le souhaite. La voie s'ouvre pour ce qu'on appelle les thérapies cellulaires et, à terme, la fabrication *in vitro* de "vrais" organes.

Cette voie de recherche paraît d'autant plus intéressante qu'elle peut se combiner avec la thérapie génique. Plusieurs expériences en cours consistent à implanter des capsules microporeuses remplies de cellules génétiquement modifiées pour soigner un déficit du patient. La capsule laisse passer les sécrétions de ces cellules mais empêche ces dernières de se répandre dans l'organisme et d'être alors rejetées par le système immunitaire. L'un de ces essais est conduit à Paris sous la houlette de Marc Peschanski, à l'Institut Gustave-Roussy, à Villejuif. Les médecins implantent une capsule de cellules génétiquement transformées dans le cerveau de malades atteints de la maladie de Huntington, affection dégénérative du système nerveux. Les résultats ne sont pas encore publiés.

La culture de cellules en passe de supplanter la thérapie génique

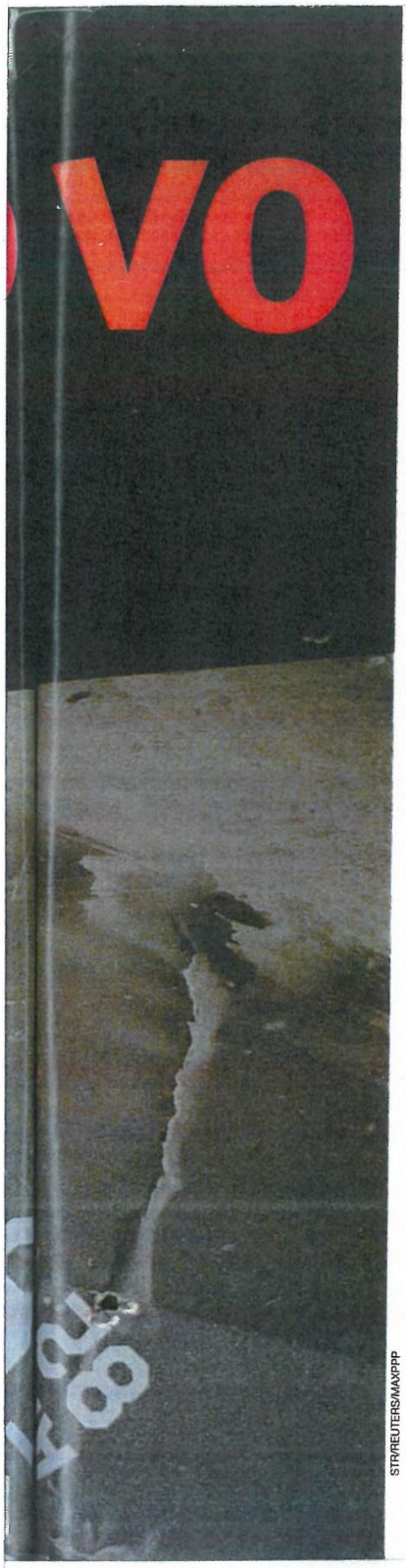
Cultiver des cellules en éprouvettes n'est pas bien difficile, au moins en utilisant la méthode la plus classique qui consiste à les rendre cancéreuses pour les immortaliser. Mais cela ne donne pas de tissus utilisables en thérapie. Ces cultures permettent toutes sortes de recherches mais les cellules obtenues n'ont pas les caractéristiques des cellules normales. Pour envisager la thérapie cellulaire et le remplacement de tissus biologiques ou d'organes à partir de cellules multipliées *in vitro*, il faut se tourner vers des types cellulaires plus proches des cellules normales.

ET SI LES NEURONES POUVAIENT SE RÉGÉNÉRER!

Les plus utilisées actuellement sont les cellules dites progénitrices qui, même chez l'adulte, conservent la possibilité de se multiplier. C'est le cas des cellules "satellites" du muscle qui sont capables de donner des cellules musculaires matures. C'est grâce à elles que le muscle se régénère si facilement après une lésion. Selon le milieu dans lequel on les cultive, certaines cellules progénitrices, dites pluripotentes, peuvent donner des types de cellules différents. Ainsi,

EN ATTENDANT LE CŒUR *IN VITRO*

■ Soigner l'infarctus avec des cultures de muscle cardiaque, voilà ce qu'envisagent plusieurs équipes de cardiologues, principalement en France et aux Etats-Unis. Les essais chez la souris semblent en effet très prometteurs. L'infarctus se manifeste par une fibrose partielle du muscle cardiaque, qui perd alors ses capacités contractiles dans la zone lésée. D'où l'idée d'implanter dans cette zone de nouvelles cellules cardiaques, préalablement cultivées en éprouvette. Où se les procurer? Des cardiocytes fœtaux seraient probablement les mieux adaptés, mais, s'il n'est déjà pas facile de trouver un fœtus, la chance qu'il soit compatible avec le donneur est minime. Les recherches s'orientent donc vers l'autogreffe de cellules "satellites" des muscles squelettiques. Chargées de réparer les muscles lorsqu'ils sont lésés, ces cellules se multiplient aisément *in vitro*. Bien qu'elles ne se comportent pas exactement comme des cardiocytes, elles semblent cependant restaurer une certaine souplesse dans la zone fibreuse du cœur malade. L'équipe de Philippe Ménasché, à l'hôpital Lariboisière à Paris, s'apprête à passer au stade des essais cliniques. « Ce n'est pas une mince affaire, reconnaît-il. Chez la souris, on implantait trois millions de cellules, chez l'homme, il en faut quelques cinq cents millions. Nous avons donc du changer de milieu de culture et valider son innocuité. »



STR/REUTERS/MAXPPP

PAR GERMAIN CHAMBOST

Plus encore que durant la guerre du Golfe, toute la panoplie des moyens militaires les plus modernes est expérimentée au Kosovo. Mais le conflit montre aussi les limites d'armements jugés invulnérables.

L'une des premières leçons à tirer des milliers de frappes aériennes effectuées par les pays de l'OTAN contre la Serbie depuis le 25 mars dernier, c'est qu'une merveille de la technologie guerrière aura été mise en échec par un moyen de défense qu'on peut qualifier de rudimentaire. On évoque, bien entendu, la perte d'un bombardier américain F-117 le 28 mars.

Avec embarras, les responsables de l'OTAN ont dû reconnaître que cet avion dit "furtif", c'est-à-dire conçu pour échapper aux systèmes de détection adverses, n'avait pas été victime d'une banale panne mécanique, ou d'une erreur de navigation de son pilote. Mais qu'il avait bel et bien été atteint par un missile sol-air d'origine soviétique. Et, pire encore, un missile qui n'était plus de la première jeunesse.

Un "vieil" engin abattant un appareil aussi sophistiqué que le F-117, voilà de quoi faire réfléchir les stratèges. Et rabattre le caquet de ceux qui présentaient les techniques de furtivité comme le nec plus ultra des avions de combat modernes, hors desquelles il n'y avait point de salut.

Certes, il convient de préciser que le F-117 appartient à une génération déjà ancienne. Sa conception date d'une vingtaine d'années, même s'il n'est opérationnel que depuis une bonne dizaine d'années, compte tenu des problèmes qu'il a rencontrés lors de sa mise au point.

Les ingénieurs ont fait beaucoup mieux depuis, comme on le verra. Le fuselage en facettes du F-117 diffracte les ondes électromagnétiques émises par les radars de défense aérienne, éliminant l'écho qu'un avion classique renvoie vers ces radars. En outre, il est recouvert de matériaux qui absorbent ces ondes. Les entrées d'air de ses réacteurs dissimulent les compresseurs, dont les aubes tournant à grande vitesse constituent de véritables miroirs pour ces mêmes ondes.

Difficile, dans ces conditions, de repérer l'appareil par radar. Durant la guerre du Golfe (1991), les F-117 ont effectué des centaines de missions sans jamais avoir maille à partir avec les moyens antiaériens irakiens. Les Américains, et en premier lieu leurs industriels, en ont tiré argument pour vanter leurs mérites et les parer d'une aura d'invulnérabilité propre à rejaillir sur tout ce qui venait d'outre-Atlantique. Le conflit du Kosovo aura contribué à démolir cette légende.

UN RISQUE INUTILE

Bien sûr, on dira aussi que le F-117 abattu en Serbie l'a été en raison des circonstances particulières de cette guerre qui n'avoue pas son nom et des conditions d'exécution de sa mission. Comme la plupart des avions d'attaque au sol qui effectuent des frappes en territoire serbe (y compris les appareils français), le F-117 utilise des bombes guidées par laser. Ces projectiles sont dotés d'un détecteur qui repère le point d'aboutis-

PAR HENRI-PIERRE PENEL ET JEAN-LUC GLOCK

Bien choisir son imprimante couleurs

Le boom de la micro-informatique familiale engendre une explosion des périphériques. L'imprimante couleurs est le plus répandu, et on trouve aujourd'hui des machines fiables à un coût abordable. Comment s'y retrouver dans l'offre pléthorique des constructeurs ? Que faut-il savoir avant d'acheter une imprimante ?



L'imprimante est de loin le périphérique informatique le plus répandu. Ces deux dernières années, les progrès technologiques ont été tels qu'on trouve aujourd'hui des imprimantes couleur extrêmement performantes à moins de 2 000 F. Leur polyvalence les rend capables d'imprimer du texte, des graphiques et même des photos. On ne parlera ici que des imprimantes couleurs à jet d'encre. Les imprimantes couleurs laser étant réservées au monde professionnel, en raison de leur prix. Les imprimantes laser noir et blanc, par leur grosse capacité de production et leur qualité d'impression de texte, sont destinées à un usage de bureautique. Quant aux imprimantes couleurs à sublimation thermique, très en vogue il y a quelques années, elles ont été très nettement distancées par les jets d'encre, qui occupent la majorité du marché grand public.

LA RÉCIPROQUE DU SCANNER

L'installation d'une imprimante est très simple. La plupart du temps, il faut acheter un câble de connexion pour port parallèle, (30 F) car il n'est pas fourni avec la machine. L'installation du pilote est également aisée. Ensuite, pour mettre en place les cartouches d'encre, un peu de doigté est nécessaire.

On peut considérer l'imprimante comme la réciproque du scanner. Ce dernier a pour vocation de "capturer" une image imprimée. L'imprimante, elle, utilise cette capture pour restituer l'image

les premiers systèmes vivants étaient des assemblages simples, utilisant un petit nombre de molécules organiques.

***S & V :* La vie aurait commencé par des systèmes plus simples que des cellules?**

A. B. : Je le crois. J'aime dire que la vie est un système capable de faire plus de lui-même par lui-même : de proliférer tout en se modifiant. Certains biologistes pensent que la vie apparaît avec la cellule, une structure tellement complexe qu'elle n'a pu se former qu'une seule fois en un seul endroit. Nous, les chimistes, ne voyons pas les choses de la même façon.

Dans une cellule, le travail de copie est réalisé par les protéines. Et l'information pour effectuer cette copie – le plan de montage – est contenue dans l'ADN. La cellule se réplique parce que ces deux molécules organiques sont en contact en son sein, séparés de l'environnement par une membrane. En laboratoire, nous réussissons à réaliser des membranes, des protéines, mais pas de l'ADN – qui ne se forme pas spontanément... On pense donc que, à l'origine, l'information et le travail de copie étaient portés par une même molécule, selon le principe de l'autocatalyse. Cette dernière peut entraîner une évolution si surviennent des erreurs dans le transfert de l'information. La molécule d'ARN possède cette double capacité, mais nous n'arrivons pas non plus à la fabriquer. Donc, le système initial était vraisemblablement plus simple.

***S & V :* N'est-ce pas parce que la bonne expérience reste à réaliser?**

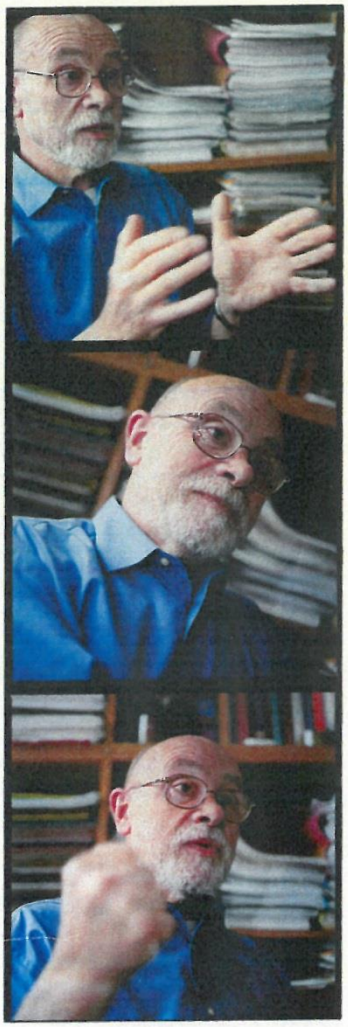
A. B. : C'est ce que nous rétorquent certains biologistes! Mais nous pensons que la bonne expérience consiste à prouver que quelque chose a précédé l'ARN. Dans mon laboratoire, on est parti de l'hypothèse que la transmission de l'information résultait d'une association entre molécules organiques et surfaces minérales. On prend un fragment d'information, on essaye de le faire croître sur un cristal – matière inanimée qui a la faculté de se répliquer –, puis on coupe la structure en deux et on recommence avec chaque fragment. La technique du ver de terre, en somme. Mais l'idéal pour comprendre comment se constitue la vie serait de trouver de la vie, animée ou fossilisée, ailleurs que sur Terre.

***S & V :* Quelle forme de vie espérez-vous trouver hors de notre planète?**

A. B. : Une vie antérieure à la vie bactérienne. La difficulté est de savoir ce que l'on cherche. Si les organismes primitifs ne ressemblent pas à ceux que l'on connaît, on aura vraiment du mal à les identifier. Comment savoir à quoi ressemblerait une vie prémicrobienne? Nous pensons qu'elle utiliserait, comme le vivant terrestre actuel, des molécules organiques à base de carbone, abondantes dans le milieu interstellaire : un atome de carbone associé à des atomes d'hydrogène, d'azote, d'oxygène. Mais il n'est pas exclu que des systèmes vivants puissent se développer d'une façon différente, dans un autre liquide que l'eau, de l'ammoniac liquide, par exemple.

***S & V :* Comment se sont constituées ces molécules organiques à l'origine de la vie?**

A. B. : L'une des hypothèses est qu'elles se sont formées à partir du carbone présent dans l'atmosphère terrestre. Les géochimistes ont montré qu'elle était très



Ailleurs, autrement

Pour comprendre l'origine de la vie, l'idéal serait d'en découvrir une forme animée ou fossile ailleurs que sur Terre. Problème : comment la reconnaître?

SCIENCE & VIE

N° 1023

› N° 1023 › DECEMBRE 2002

SCIENCE & VIE

SCIENCE & VIE

Sida : l'épidémie résiste à la science >110

L'échec de l'intelligence artificielle >84

Pour en finir avec le jargon administratif >78

Myopes, astigmates, presbytes, hypermétropes…

DOSSIER

Vision

Vous pouvez dire adieu à vos lunettes

>48

FRANCE METRO 3,50€ - DOM 4,20€ BEL 4,20€
ITA 3,40€ LUX 4€ MAR

ANTIMATIÈRE >72

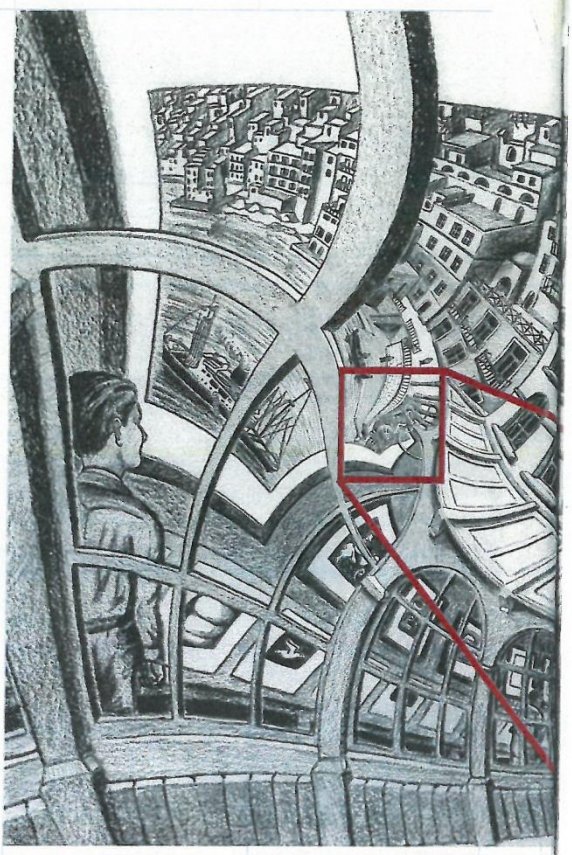
On a créé un antimonde en laboratoire !

T 02578 - 1023 - F: 3,50 €

MATHÉMATIQUES

Ils ont fini le tableau d'Escher

Quarante-six ans après que Maurits Escher a dessiné son *Exposition d'estampes*, des mathématiciens ont réussi à compléter l'espace central laissé vide par l'artiste néerlandais.



^ **Une fois complété, le centre de l'image montre une stupéfiante "mise en abîme" : l'intégralité du tableau y figure, à l'envers !**

Si Maurits Cornelis Escher ne s'est jamais intéressé aux mathématiques, ses œuvres, faites de perspectives impossibles, de pavages réguliers et de répétitions à l'infini, ont toujours fasciné les mathématiciens. En feuilletant un magazine lors d'un voyage en avion, le Pr Hendrick Lenstra, des universités de Californie et de Leiden, aux Pays-Bas, grand spécialiste de la géométrie algébrique, fut absorbé par la contemplation d'*Exposition d'estampes*, l'un des dessins les plus tortueux jamais réalisés.

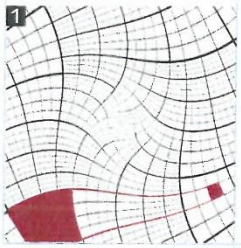
UNE MISE EN ABÎME INVISIBLE

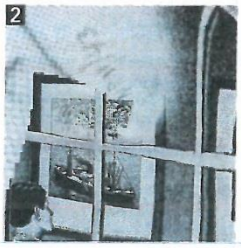
On y voit un jeune homme dans une galerie qui regarde une estampe représentant un port. Les maisons qui bordent ce port grossissent au fur et à mesure que notre regard se déplace vers la droite, jusqu'à ce que l'une d'entre elles devienne la galerie dans laquelle se tient le jeune homme du début... Ce dernier se trouve donc sur l'estampe qu'il observe !

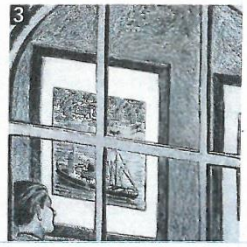
"*Je me suis demandé s'il surgissait un problème mathématique impossible à résoudre quand on prolonge les lignes du tableau vers le centre*", raconte Hendrick Lenstra. Maurits Escher ne semble en effet pas avoir achevé son tableau : il a laissé au centre de son image un espace vide, un disque blanc simplement rempli de sa signature. "*La création d'une telle image m'a déjà coûté une telle énergie...*", avoua-t-il. Pour savoir ce qui se cache derrière ce blanc, Hendrick Lenstra, aidé d'étudiants et de collègues néerlandais, a travaillé pendant deux ans, à développer une version mathématique précise du concept intuitivement exprimé par Escher.

D'après ses travaux préparatoires, le peintre a réalisé son dessin en deux étapes. Il a d'abord utilisé un procédé de mise en abîme semblable à celui des boîtes de Vache-qui-rit : le dessin réaliste d'un jeune homme dans une galerie observant une estampe d'un port où se dresse une galerie dans laquelle se trouve un jeune homme qui observe une estampe d'un port, etc. Mais à chaque répétition du motif, les tailles sont divisées par un facteur 256 si bien que cette mise en abîme n'est pas visible.

La géniale trouvaille d'Escher est d'avoir conçu une grille qui déforme ce dessin en créant, pour reprendre







< **Pour finir le tableau, les mathématiciens ont d'abord reconstruit la grille que l'artiste a utilisée (fig. 1). Cela leur a permis de déformer le tableau d'origine en une image réaliste (fig. 2). Il ne leur restait plus qu'à compléter le dessin (fig. 3), et à redéformer l'image.**

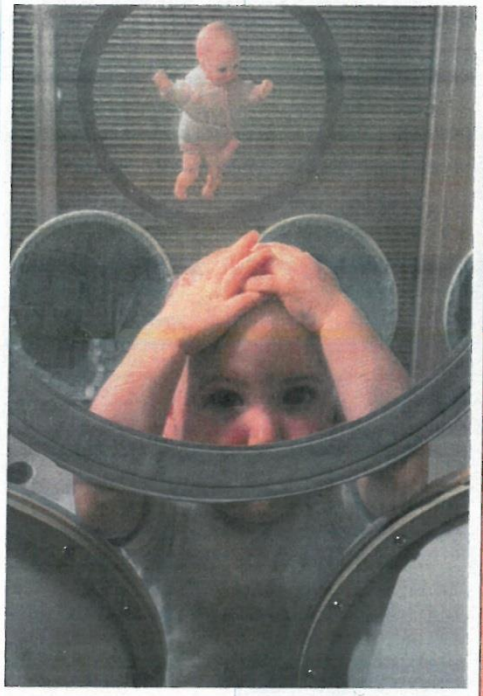
PRINT GALLERY BY M. C. ESCHER © 2002 CORDON ART - BAARN - HOLLAND ALL RIGHTS RESERVED - LEIDEN UNIVERSITY

BIOMÉDECINE

Une protéine relance la thérapie génique

Un nouveau mode de thérapie génique basé sur l'emploi d'une protéine, et non d'un virus, réduirait les risques de cancer inhérents à ce type de traitement.

L'équipe de Michele Calos de l'université de Stanford, aux Etats-Unis, a développé un nouveau mode de thérapie génique. Il évite de recourir aux virus pour insérer un gène thérapeutique dans l'ADN. L'intérêt? Ce traitement réduit les risques liés à l'utilisation des virus, à savoir que le gène thérapeutique introduit est susceptible de s'insérer près d'un oncogène, un gène déclencheur de cancer, et de l'activer.



^ En octobre 2002, l'un des "bébés bulles" soignés par thérapie génique par l'équipe du Pr Fisher a développé un cancer du sang.

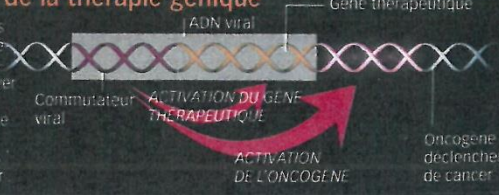
RÉDUIRE LA PART DE HASARD

Ce risque s'est d'ailleurs matérialisé en octobre dernier : réalisé sur des "bébés bulles" par le groupe français du Pr Alain Fischer, le seul essai de thérapie génique réussi a dû être stoppé après qu'un enfant ait développé une forme de cancer du sang...

La nouvelle technique est basée sur l'emploi d'une protéine, l'intégrase, produite par des bactériophages, virus qui infectent naturellement les bactéries. L'intégrase agit en procédant à une sorte de "couper-coller" : si on insère dans une cellule un gène codant pour l'intégrase et un gène thérapeutique, elle coupe l'ADN de la cellule et colle le gène soignant à des endroits précis, et non plus au hasard. Pour l'heure, ce mécanisme n'a été testé que sur la souris. Les chercheurs ont injecté par intraveineuse le gène de l'intégrase et celui du facteur IX, une protéine qui fait défaut à certains hémophiles. Résultat : le gène du facteur IX ne s'insère qu'à deux endroits de l'ADN, bien qu'il existe 56 sites possibles. De plus, l'intégrase permettrait d'insérer des gènes sans limite de taille, alors qu'un virus ne peut véhiculer un gros gène, tel celui qui soigne la myopathie de Duchenne. Mais cet avantage reste encore à démontrer. **C.P**

Le cauchemar de la thérapie génique

Quand on utilise un virus pour insérer un gène thérapeutique, le commutateur viral, destiné à activer le gène thérapeutique, peut aussi activer le gène voisin. Si celui-ci est un oncogène, il risque alors de déclencher un cancer.



> IL EN PENSE

Pr. Alain Fisher
INSERM U 429, HÔPITAL NECKER-ENFANTS-MALADES, PARIS



"La méthode semble intéressante, mais elle a des limites..."

"Cette nouvelle approche ne concerne que l'hémophilie. Et il n'est pas démontré que ses résultats soient supérieurs à ceux des précédentes études de thérapie génique qui utilisent des virus comme vecteurs. Une étude comparative est nécessaire. Concernant les avantages annoncés, la méthode semble intéressante, mais elle a des limites potentielles, dues notamment au mode d'injection du gène thérapeutique. Il s'agit d'une injection par intraveineuse sous forte pression qui risque de léser la cellule et d'envoyer le matériel génétique un peu partout dans l'organisme. De plus, ce mode d'injection n'est *a priori* pas applicable à la thérapie génique des cellules de la moelle osseuse, car il risquerait de léser ces cellules. Il faudra aussi évaluer précisément l'apparition d'une éventuelle réponse immunitaire contre l'intégrase, malgré le fait que les chercheurs n'en aient pas observé dans leur étude."

PHOTOS : CH. FERRARE/REA - A. DUCLOS/GAMMA - INFOGRAPHIE : G.M.



ASTIER/BSIP

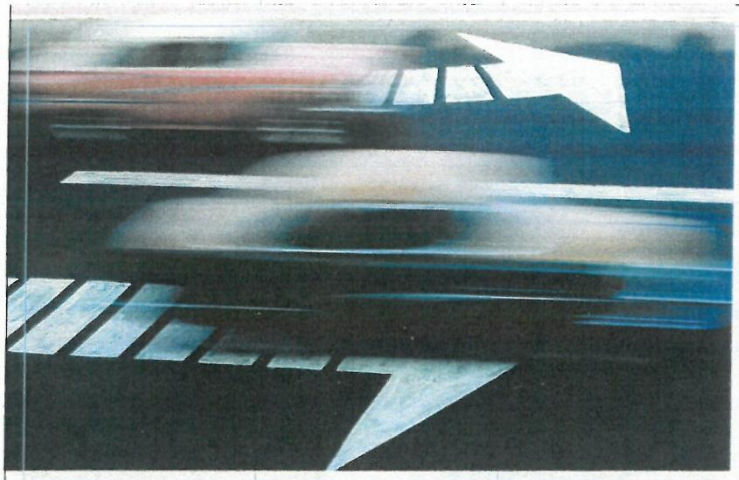
PSYCHOCHIRURGIE

La neurostimulation se révèle efficace contre les TOC

^ La stimulation par électrodes de zones profondes du cerveau pourrait peut-être servir à soigner des affections psychiatriques.

Traités, au départ, par neurostimulation pour la maladie de Parkinson, deux patients ont vu leurs troubles obsessionnels compulsifs diminuer !

Les troubles obsessionnels compulsifs (TOC) se caractérisent par des pensées obsédantes assorties d'incontrôlables gestes rituels, comme se laver les mains sans cesse. Or, en traitant par neurostimulation deux patients atteints de la maladie de Parkinson, des chercheurs de la Pitié-Salpêtrière, à Paris, ont constaté la quasi-disparition des TOC dont ils souffraient depuis des dizaines d'années, bien avant de devenir parkinsoniens. Depuis plus de quinze ans, les bienfaits de la stimulation par électrodes du noyau subthalamique, une zone profonde du cerveau, sont admis dans le traitement des troubles moteurs des parkinsoniens (pour les deux patients, l'amélioration de la motricité s'est révélée satisfaisante pour l'un et plutôt médiocre pour l'autre). Mais les effets positifs de ce procédé sur des troubles psychiques sont plus inattendus. Ces résultats surviennent alors que "*l'on étudie de plus en plus le rôle joué par les zones profondes du cerveau dans le fonctionnement des émotions*", insiste le Dr Luc Mallet, de la Pitié. En juin, le Conseil consultatif national d'éthique s'était déclaré favorable à l'emploi de la neurostimulation pour traiter les TOC. "*Ces troubles avaient été détectés chez nos patients avant le traitement. Nous avons guetté leur évolution*", précise Luc Mallet. Si la neurostimulation confirmait son efficacité dans ce domaine, elle pourrait s'étendre à d'autres affections psychiatriques, comme les dépressions les plus rebelles. **N.R.**



SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Le GPS va suivre les chauffards

Comment prévenir l'excès de vitesse quand on ne fait pas confiance au conducteur ? La réponse s'appelle Lavia (Limiteur s'adaptant à la vitesse autorisée), un nouveau système actif embarqué étudié par la Direction de la sécurité et de la circulation routières et le ministère des Transports. Le principe est assez simple : Lavia reçoit des satellites GPS la position du véhicule et en déduit la vitesse réglementaire à adopter. Puis le système agit sur l'accélérateur par l'intermédiaire de l'ordinateur de bord et de l'injection. Que les propriétaires de bolides se rassurent cependant : débrayable, Lavia autorisera le retour des chevaux au cas où la sécurité l'exigerait... Installé sur deux prototypes depuis septembre dernier, le système sera testé en avril 2003 sur une flotte de vingt véhicules, dans un périmètre d'essai de l'Ouest parisien. Mais il faudra attendre au moins dix ans pour équiper des voitures de série. Piloté par le Livic (Laboratoire sur les interactions véhicules, infrastructure, conducteurs), structure commune au LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées) et à l'Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité), Lavia bénéficie d'une enveloppe de 5,6 millions d'euros. **P.G.**

> ELLE EN PENSE

Marie-Antoinette Dekkers

DIRECTRICE DES ÉTUDES DE LA PRÉVENTION ROUTIÈRE



"La logique du système est absurde"

"Il faudra attendre au moins dix ans avant de voir Lavia sur les routes. Surtout, la logique du système est absurde. Nous offrons aux automobilistes des routes toujours plus belles et des véhicules toujours plus rapides... Et voilà qu'on a imaginé un système délirant pour limiter la tentation ! Que l'industrie des télécoms, en crise, cherche des débouchés, d'accord, mais il y a des moyens plus rationnels pour réduire la mortalité liée à la survitesse. Pourquoi ne pas limiter le rapport poids/puissance dès la conception des véhicules ? Ils seraient moins dangereux, moins polluants et mieux adaptés aux villes."

BIODIVERSITÉ

Les grenouilles pullulent dans la forêt sri lankaise

Plus de cent nouvelles espèces de grenouilles ont été recensées au Sri Lanka, selon une étude menée pendant six ans par des herpétologistes belges et américains. Ces espèces appartiennent à la sous-famille des *Rhacophorinae*, grenouilles arboricoles. La nouvelle a créé la surprise car seules dix-huit espèces de ce groupe avaient été recensées sur l'île et ces dernières années, la forêt sri lankaise a subi une destruction massive. Pour le Pr Dutta, de l'université Utkal, en Inde, spécialistes des grenouilles de cette région, "*il faut s'attendre à ce que d'autres espèces soient repérées à l'avenir*". **N.R.**



> ***La Rhacophorus eques*** **évolue à plusieurs mètres de hauteur sous les branches des arbres.**

SURVEILLANCE

Diagnostiquer des pollutions atmosphériques liées aux dioxines et aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) grâce aux lichens : deux procédés basés sur ce principe ont été mis au point par la société nantaise Aair Lichens. Baptisées Li-Diox et Li-HAP, les méthodes utilisent le fait que ces organismes, mi-algue mi-champignon, sont partout dans la nature et accumulent les polluants de l'air sans les dégrader. **S.A.**

GETTY - LA PRÉVENTION ROUTIÈRE - R. - A. PASELK/HUMBOLDT STATE UNIV.

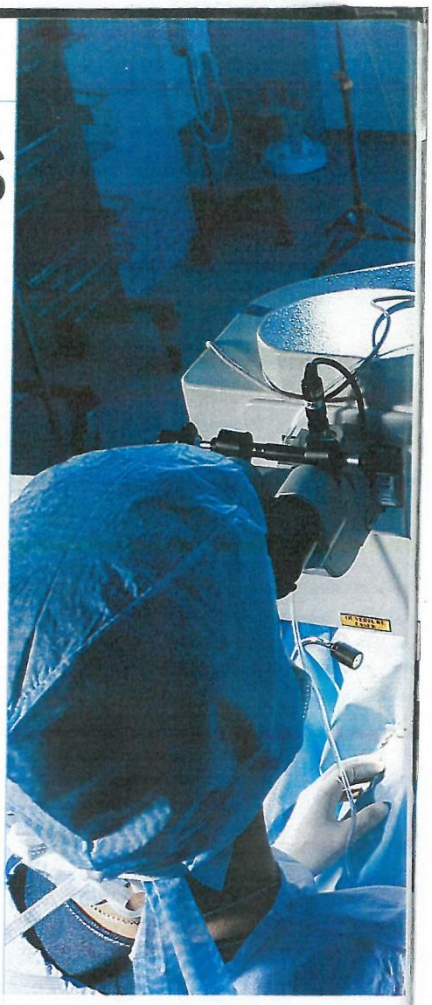
1 Les incroyables avancées de l'ophtalmologie

Un laser qui répare la cornée, des ultrasons contre la cataracte du cristallin, des techniques d'imagerie sophistiquées pour la rétine... chaque jour se pratiquent en France des gestes chirurgicaux d'une virtuosité inouïe pour soigner les problèmes visuels. Entre audace et prouesses technologiques, la révolution de l'ophtalmologie est bel et bien en marche.

Il y a cinquante ans, personne n'imaginait qu'on opérerait un jour un œil pour corriger une myopie tellement cet organe semblait petit et fragile. Et pourtant : grâce à l'étonnante technique du "lasik" (Laser ASsisted In situ Keratomileusis), l'intervention s'est aujourd'hui banalisée. Ce qui ne l'empêche d'être impressionnante ! Qu'on en juge : après anesthésie locale, le chirurgien, dont la plupart des gestes sont assistés par ordinateur, dirige vers le globe oculaire un anneau de 9 mm de diamètre muni d'une fine lame oscillante : sorte de "minirabot", ce microkératome découpe alors une minuscule fenêtre à la surface de l'œil. Sous cette lamelle de quelque 160 micromètres, un laser à "excimères" (de l'anglais *excited dimer* : molécule excitée composée de deux mêmes constituants) entre en action : faisceau d'ultraviolets de 1 mm de diamètre, il sculpte littéralement la cornée, retirant à chaque impact 0,25 micromètre de tissu. Pour finir, la lamelle découpée est replacée, sans sutures. Le tout n'a pas pris plus de dix minutes !

Apparu en 1994, le lasik corrige la plupart des défauts visuels : myopie, mais aussi astigmatisme, hypermétropie et, depuis peu, la presbytie (voir fiches p. 58). Prenons la myopie : dans ce cas, l'œil est trop long et l'image de l'objet regardé se forme donc en avant de la rétine, d'où une vision floue. Eh bien, l'intervention réussit à aplanir la cornée pour "raccourcir" la sphère oculaire.

Inouïe, cette technique n'est toutefois pas la seule a apporter l'espoir aux millions de Français qui souffrent de problèmes visuels. Car en quelques années, les révolutions thérapeutiques se sont succédées. "*Il y a trente-cinq ans*, rappelle même Jean-Antoine Bernard, directeur scientifique de la Société française d'ophtalmologie, *l'ophtalmologie en était à la préhistoire. Un médecin de cette époque serait émerveillé de voir tout ce que nous possédons aujourd'hui.*"



^La chirurgie des yeux s'est banalisée grâce au "lasik", une technique qui utilise un faisceau d'ultraviolets pour "sculpter" la cornée.

> FAITS & CHIFFRES

Une personne sur **deux** dans le monde voit mal. En France, **13 %** des nouveau-nés et **un** enfant sur **trois** entre 6 et 14 ans ont **un** ou **plusieurs** défauts visuels. **62 %** de la population portent des lunettes, soit **38 millions** de personnes. Les lentilles forment **21 %** du marché français de l'optique ; **600 000 opérations** par laser sont pratiquées chaque année en dans l'Union européenne, dont **120 000** en France.

À L'ÉCHELLE DU MICROMÈTRE !

Longtemps, en effet, les verres correcteurs ont été la seule solution contre les défauts de la vision. "*Ces troubles ne provoquent pas la cécité et opérer pour une myopie était hors de propos*, insis-

3

Des gènes au secours de la rétine !

Malgré les progrès inouïs de l'ophtalmologie, les médecins sont désarmés devant la plupart des maladies dégénératives du fond de l'œil, qu'elles soient héréditaires ou liées à l'âge. Heureusement, le développement des thérapies géniques, voire cellulaires laissent percer l'espoir.



Cela peut démarrer dès l'âge de 50 ans : la macula, point central de la rétine, se dégrade lentement. Peu à peu, la vision s'obscurcit, jusqu'à la cécité parfois. Un véritable problème de santé publique, puisque les dégénérescences maculaires liées à l'âge (DMLA) sont les plus fréquentes des maladies dégénératives de la rétine, principales causes de la cécité dans le monde. En France, plus d'un million et demi de personnes sont ainsi frappées, et le risque augmente avec l'âge. A tel point que, face au vieillissement de la population, l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) parle "d'épidémie" à venir.

Le fait est que 80 à 85 % des DMLA échappent à tout traitement. Certes, on connaît déjà 131 gènes impliqués dans les maladies de la rétine, mais cette composante génétique reste complexe et sensible aux interactions avec l'environnement. De plus, 40000 patients en France, souvent jeunes, souffrent de rétinopathies pigmentaires, purement héréditaires, qui, elles, touchent la périphérie de la rétine. "*Bien qu'encore incomplète, la connaissance des aspects génétiques de ces maladies laisse envisager de nouvelles pistes de traitement, notamment par thérapie génique*", espère le Pr José-Alain Sahel, directeur de l'Institut de la vision, à Paris. Quant à l'Inserm (Institut national de la santé et de la recherche médicale), il estime que "*ces maladies pourraient constituer l'un des tout premiers exemples de l'efficacité de la thérapie génique chez l'homme*".

Et les premiers résultats sont encourageants. Parmi les plus spectaculaires, les travaux de Jean Bennett, de l'université de Pennsylvanie, qui a réussi à redonner la vue à de jeunes chiens briards atteints d'une maladie semblable à une rétinopathie pigmentaire humaine, l'amaurose de Leber.

IL RESTE À ÉPROUVER L'INNOCUITÉ DES THÉRAPIES GÉNIQUES

Cette dégénérescence rétinienne héréditaire, qui atteint la vision humaine dès la naissance, est due à une anomalie du gène RPE65. Lequel code une protéine du même nom, intervenant dans la synthèse du pigment visuel, la rhodopsine. Les photorécepteurs des patients ayant des mutations dans ce gène réagissent peu à la lumière. Les chercheurs américains ont injecté aux chiens ayant un gène RPE65 anormal un virus dans lequel ils avaient implanté le gène sain. En six semaines, la vision de ces animaux s'est améliorée ! Certes, les anomalies du gène RPE65 ne concernent que 16 % des enfants atteints de cette amaurose,

> JARGON

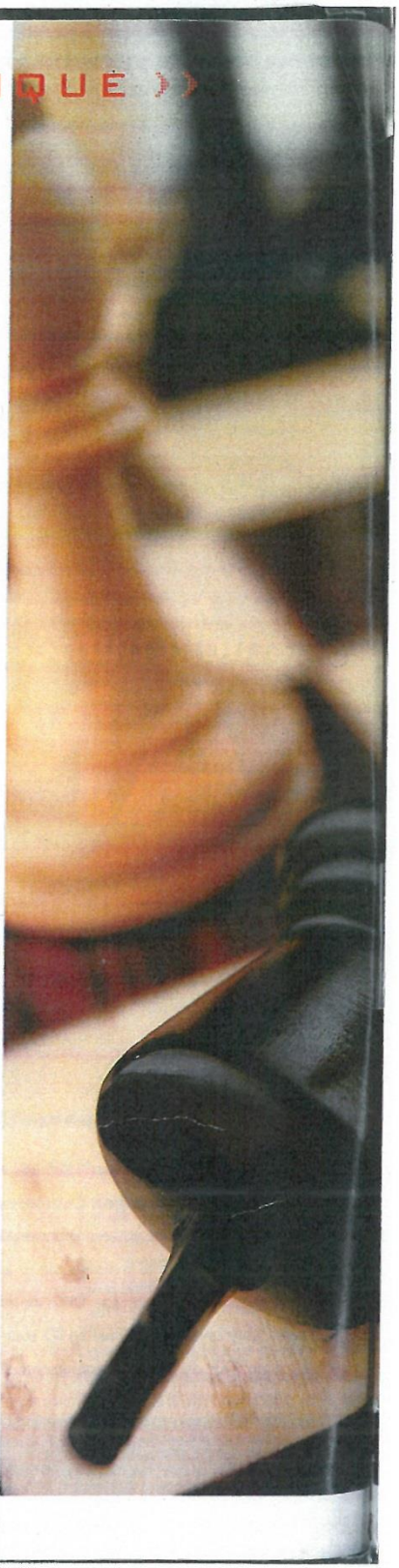
Rétinopathies : maladies souvent héréditaires, qui affectent les diverses cellules de la rétine, notamment les cellules photoréceptrices et pigmentaires. A ce jour, 131 mutations ont été identifiées.

Rhodopsine : pigment visuel des bâtonnets, impliqué dans les réactions chimiques, qui transforment l'énergie lumineuse en énergie électrique et aboutissent à la sensation visuelle dans le cerveau.

L'échec de l'intelligence artificielle

Alors que se multiplient sur l'échiquier les duels au sommet entre l'homme et la machine, force est de constater qu'il n'existe toujours pas de logiciels qui jouent intelligemment aux échecs... juste des machines qui y jouent de façon très efficace.

Par Hervé Poirier



PHOTOS : G. BEGUIN - E. DE MALGLAIVE/GAMMA - INFOGRAPHIE : G. M.

Cinq ans après sa retentissante défaite contre le superordinateur d'IBM Deeper Blue, Gary Kasparov, considéré comme "le meilleur joueur d'échecs de tous les temps", se prépare à affronter en décembre le logiciel israélien Deep Junior. Le devançant de quelques semaines, Vladimir Kramnik, son jeune compatriote russe qui lui a ravi la couronne de champion du monde il y a deux ans, vient, lui, de faire match nul contre le logiciel allemand Deep Fritz. Et en janvier, c'est Evgueni Bareïev, septième joueur mondial, qui affrontera cette fois Hiarcs, un programme anglais. Pas de doute, les rencontres au sommet entre l'homme et la machine sont d'actualité. Mais quels que soient leurs résultats, on peut d'ores et déjà annoncer une défaite... pour l'intelligence artificielle. De fait, jouer aux échecs ne consiste pas seulement à savoir bouger pions, cavaliers ou fous sur soixante-quatre cases dans le but de mater le roi adverse. Les programmes savent certes élaborer des coups dans le respect des règles échiquéennes, mais leur mode de pensée dans ce jeu, symbole s'il en est de l'intelligence, reste foncièrement frustre : étant donné la position des pièces sur l'échiquier, ils essayent dans un premier temps tous les coups possibles, même ceux que n'importe quel amateur rougirait d'envisager, puis ils imaginent toutes les réponses que pourra proposer l'adversaire, mêmes les plus farfelues, puis de nouveau tous les coups légalement envisageables... et ainsi de suite, jus- →



→ Par ailleurs, d'autres chercheurs s'orientent plutôt vers des modèles réduits de cellules, correspondant à la première forme de vie apparue il y a près de 3,5 milliards d'années sur Terre, soit un milliard d'années après la formation de notre planète. C'est le cas du chimiste suisse Pier Luigi Luisi qui, à l'Institut des polymères de Zurich, s'intéresse aux origines du vivant. A quoi ressemblait la forme de vie la plus archaïque ? Personne ne peut le dire aujourd'hui, car un immense fossé, large de centaines de milliers d'années, sépare les plus anciennes traces de vie, fossilisées, connues à ce jour de leurs tout premiers ancêtres. Toutefois, le chimiste a son idée.

Il a pourtant bien fallu que la vie naisse sur Terre d'une manière ou d'une autre...

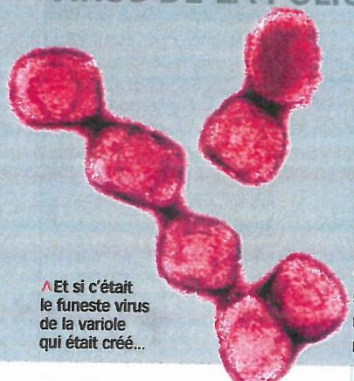
"PRODUIRE PLUS DE SOI-MÊME PAR SOI-MÊME"

Selon lui, alors que la cellule actuelle renferme de l'ADN, de l'ARN (un autre support d'information génétique) et des protéines, le fameux ménage à trois qui fait "vivre" le vivant, la forme de vie la plus primitive aurait en fait été constituée d'une membrane capable de s'autorépliquer et ne contenant que de l'ARN. Pas n'importe quel ARN cependant : des ribozymes, ces molécules qui renferment, à l'instar de l'ADN, de l'information génétique, et qui sont aussi capables, comme les enzymes, de couper et de coller d'autres molécules d'ARN. Un "trois-en-un", en quelque sorte. Le problème, c'est que personne ne sait comment obtenir des ribozymes. En attendant, Pier Luigi Luisi tente de créer une ébauche de cellule à ADN renfermant une cinquantaine de gènes dont tous les constituants se trouvent dans la nature.

Mais créer de la vie à partir de l'ADN, est-ce réellement fabriquer de la vie à partir du non-vivant ? Le grand spécialiste français d'exobiologie, André Brack, du Centre de biophysique moléculaire du CNRS, à Orléans, ne le pense pas. En fait, comme de nombreux scientifiques, l'exobiologiste postule que la forme de vie minimale primitive a été l'ARN ou un autre système chimique capable de "produire plus de soi-même par soi-même", c'est-à-dire de se répliquer et d'évoluer. Aussi l'ARN, précurseur de l'ADN, est-il, au sens primitif, déjà du vivant. Ce qui, précise André Brack, implique qu'on ne peut pas fabriquer de la vie de toutes pièces si on ne part pas des conditions prébiotiques proches de celles régnant sur Terre avant l'apparition de la vie, soit à partir d'eau (H_2O), de gaz carbonique (CO_2), d'azote (N_2), d'hydrogène (H_2), de méthane (CH_4) et d'ammoniaque (NH_3).

Ici, la démarche consisterait à démarrer avec ces substances chimiques et à les assembler progressivement en des molécules toujours plus élaborées jusqu'à obtenir du vivant, soit une structure apte à se répliquer et à évoluer. La première étape serait donc de fabriquer les grosses molécules que sont les protéines et les acides nucléiques, l'ADN et l'ARN. Mais voilà : cela, personne ne sait encore le faire. Artificiellement, certains sont arrivés à obtenir la plupart des éléments fondamentaux, comme les sucres, les nucléosides (briques moléculaires consti-

VIRUS DE LA POLIO : UN JEU AVEC LE FEU ?



▲ Et si c'était le funeste virus de la variole qui était créé...

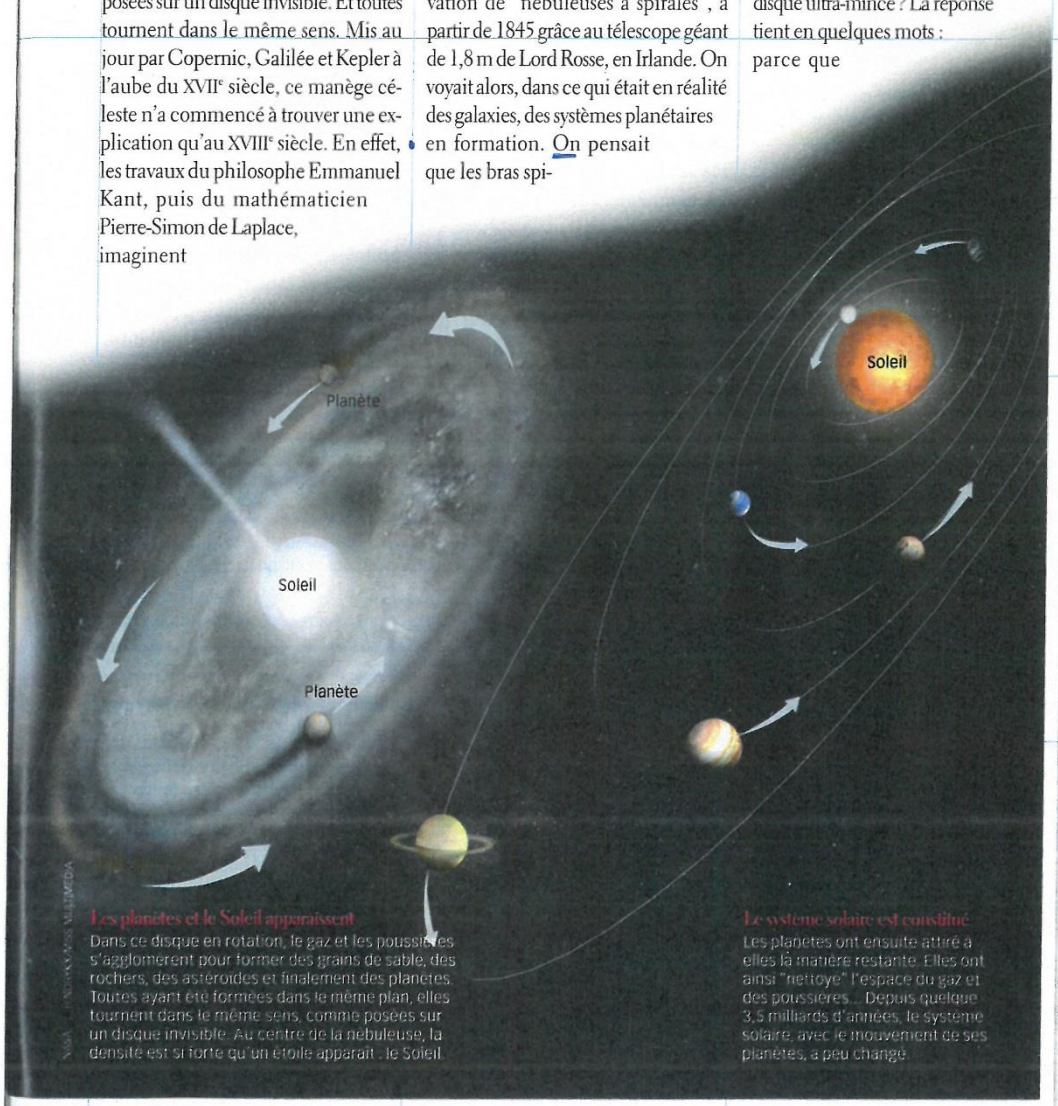
La synthèse de l'agent de la polio à partir de sa séquence génétique a créé une vive controverse dans le milieu médical. Car si cette prouesse témoigne de l'habilité des scientifiques à reconstruire des composés très complexes, elle montre aussi qu'il est possible de ressusciter un microbe définitivement éliminé. Or, un mois auparavant, l'Organisation mondiale de la santé annonçait l'éradication de la poliomyélite en Europe et sa volonté de la faire disparaître de la planète avant 2005. Certes, le virus de la polio n'est pas l'un des plus virulents, mais certains chercheurs craignent qu'il soit le premier d'une série d'agents plus dangereux produits en laboratoire, à commencer par celui de la variole, un microbe redoutable dont la séquence est librement accessible sur des bases de données mises en ligne ! Toutefois, la plupart des virologistes demeurent sceptiques quant à la possibilité de fabriquer ce virus, arguant que son génome, constitué de 185 000 bases, est autrement plus complexe que celui de la polio et ses 7 500 bases.

"*Et pourtant, elle tourne*". Sur son lit de mort, Galilée restait convaincu que l'idée qu'il avait dû abjurer quelques années plus tôt était la bonne. La Terre tourne autour du Soleil. Et avec elle, les huit autres planètes du système solaire font de même. Concrètement, toutes suivent des orbites légèrement elliptiques, presque circulaires, dans un même plan, comme si elles étaient posées sur un disque invisible. Et toutes tournent dans le même sens. Mis au jour par Copernic, Galilée et Kepler à l'aube du XVII[e] siècle, ce manège céleste n'a commencé à trouver une explication qu'au XVIII[e] siècle. En effet, les travaux du philosophe Emmanuel Kant, puis du mathématicien Pierre-Simon de Laplace, imaginent qu'un gigantesque nuage de gaz interstellaire – une nébuleuse – s'effondre sur elle-même sous l'action de sa propre masse, ce qui donne naissance à une étoile entourée d'un disque gazeux en rotation au sein duquel vont se former des planètes.

LA FORCE DE GRAVITÉ L'EMPORTE

Cette idée était suggérée par l'observation de "nébuleuses à spirales", à partir de 1845 grâce au télescope géant de 1,8 m de Lord Rosse, en Irlande. On voyait alors, dans ce qui était en réalité des galaxies, des systèmes planétaires en formation. On pensait que les bras spiraux de ces galaxies représentaient la matière nécessaire à la fabrication de futures planètes, en rotation autour d'une étoile centrale.

Mais pourquoi diable l'effondrement d'une nébuleuse vers un point central devrait-il donner naissance à un mouvement de rotation ? Et pourquoi ce mouvement de rotation transformerait-t-il une sphère gazeuse en un disque ultra-mince ? La réponse tient en quelques mots : parce que

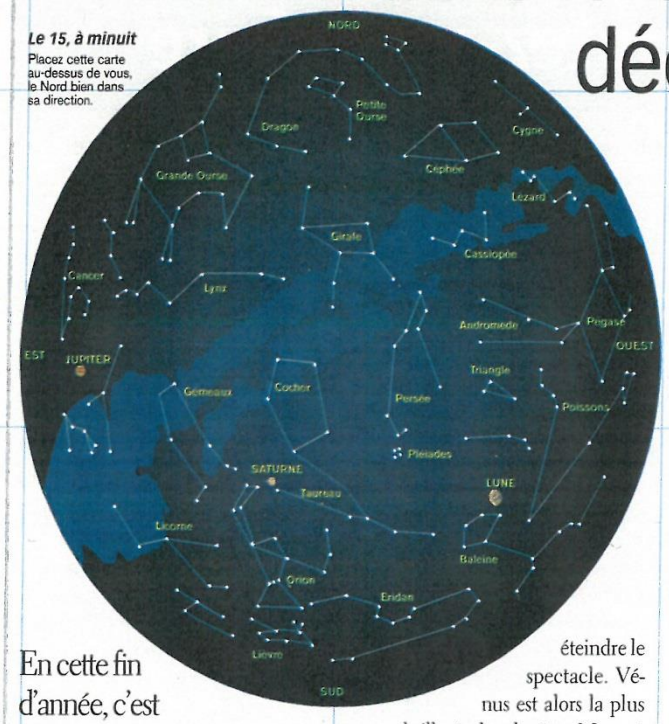


Les planètes et le Soleil apparaissent
Dans ce disque en rotation, le gaz et les poussières s'agglomèrent pour former des grains de sable, des rochers, des astéroïdes et finalement des planètes. Toutes ayant été formées dans le même plan, elles tournent dans le même sens, comme posées sur un disque invisible. Au centre de la nébuleuse, la densité est si forte qu'un étoile apparaît : le Soleil.

Le système solaire est constitué
Les planètes ont ensuite attiré à elles la matière restante. Elles ont ainsi "nettoyé" l'espace du gaz et des poussières... Depuis quelque 3,5 milliards d'années, le système solaire, avec le mouvement de ses planètes, a peu changé.

Questions & Réponses

Que peut-on voir dans le **ciel** de décembre ?



Le 15, à minuit
Placez cette carte au-dessus de vous, le Nord bien dans sa direction.

En cette fin d'année, c'est à l'aube qu'ont lieu les plus beaux spectacles.

Après avoir déserté le ciel nocturne pendant tout l'été, Saturne et Jupiter brillent d'un vif éclat dans le Taureau et le Cancer. Le 1er, Mars et Vénus, côte à côte, ont rendez-vous avec la Lune. Visible à l'œil nu, la scène se déroule au-dessus de l'horizon sud-est dès 6 h 15 du matin, jusqu'à ce que le jour vienne éteindre le spectacle. Vénus est alors la plus brillante des planètes. Mars est plus discrète, mais vous la reconnaîtrez, entre Vénus et un fin croissant lunaire grâce à son éclat rouge. A voir aussi, à un peu plus de 6° (quatre doigts de main, le bras tendu), à droite de la Lune, une belle étoile blanche : Spica, de la constellation de la Vierge, distante de 258 années-lumière. Pour ceux qui auraient manqué ce rendez-vous, les mêmes acteurs rejoueront la scène le 30. Même endroit, même heure. Mais cette fois, la Lune, toujours en fin croissant, s'intercale entre Vénus et Mars. Les trois corps célestes forment un triangle isocèle, dont la Lune matérialise le sommet. Spica, qui se trouve maintenant à plus de 27°, est alors remplacée par Alpha de la Balance.

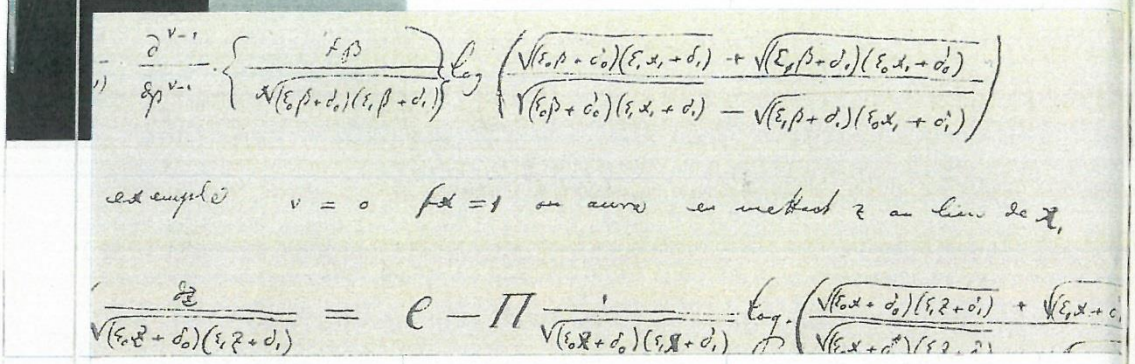
En dehors de ces deux matins, Vénus et Mars naviguent ensemble pendant tout le mois. Le 6, les deux planètes sont en conjonction, c'est-à-dire qu'elles semblent passer au plus près l'une de l'autre. Leur écart n'excédera pas 1° 50', soit quasiment quatre fois le diamètre apparent de la Lune. Notez qu'une paire de jumelles 5 X permet de voir Vénus sous la forme d'un croissant blanc étincelant, qui fait penser à la Lune vue à l'œil nu. ■ **Ph. Henarejos**

UNE ÉCLIPSE... MAIS AU SUD

Dans l'hémisphère sud, le 4 décembre, à partir de 6 h 50 du matin (soit 5 h 50 TU), la Lune éclipse totalement le Soleil. Ce phénomène très spectaculaire mais éphémère (à peine plus d'une minute) est visible depuis une partie de l'Angola, de la Namibie, du Botswana, du Zimbabwe, de l'Afrique du Sud, du Mozambique et de l'Australie.



A. MEYER



→ problème sur lequel moult chercheurs se sont cassé les dents. Or, sa démarche apparaît d'emblée originale. Dans un de ses manuscrits, Abel a expliqué sa méthode: "*On se proposait de résoudre les équations du cinquième degré sans savoir si cela était possible. Dans ce cas, on pourrait bien parvenir à la résolution, quoique cela ne fût nullement certain; mais si, par malheur, la résolution était impossible, on aurait pu la chercher une éternité, sans la trouver. Pour parvenir infailliblement à quelque chose dans cette matière, il faut donc prendre une autre route.*" Pour l'historien des mathématiques Christian Houzel, "*cette façon d'aborder les problèmes sous leur angle le plus général reste, aujourd'hui encore, une grande leçon de recherche mathématique*". Une autre route: Abel commence ainsi par étudier quelle forme aurait la solution d'une équation du cinquième degré exprimable par les radicaux, si elle existe... Or, il arrive à une irréductible contradiction qui lui permet d'apporter une réponse nette: il est impossible de résoudre par radicaux des équations algébriques de degré supérieur à 5!

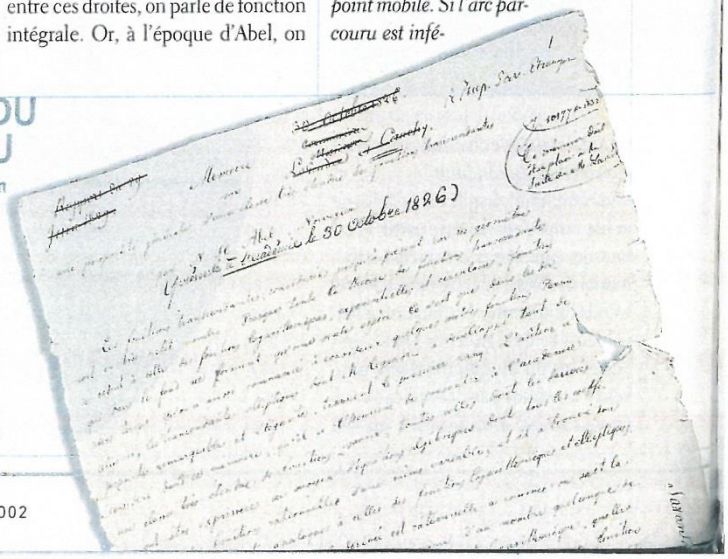
L'IDÉE GÉNIALE DE L'INVERSION

Et il n'y a pas que l'algèbre: le jeune homme se passionne aussi pour l'analyse, notamment l'étude des intégrales elliptiques, un domaine dont presque personne à l'époque ne pressent l'importance. Le calcul intégral? Il s'agit du moyen qu'utilisent les mathématiques pour mesurer une longueur ou l'aire d'une surface entre deux droites parallèles. Lorsqu'on fait varier l'écart entre ces droites, on parle de fonction intégrale. Or, à l'époque d'Abel, on ne sait pas calculer les intégrales dites elliptiques: celles qui permettraient de mesurer la longueur d'un arc d'ellipse par des moyens élémentaires comme dans le cas d'un arc de cercle.

Comme pour l'algèbre, Abel va procéder de manière novatrice. Plutôt que de s'intéresser aux fonctions définies par des intégrales elliptiques, il s'attache à leurs inverses: les fonctions elliptiques! Pour saisir cette idée d'inversion, on peut prendre l'exemple des fonctions trigonométriques sinus ou cosinus, équivalentes aux fonctions elliptiques dans le cas du cercle. "*Prenons un cercle et fixons un point sur ce cercle. La longueur de l'arc entre ce point fixe et un point qui se déplace sur le cercle sans faire un tour complet est évidemment fonction de la position de ce point mobile. Si l'arc parcouru est infé-*

A LA RECHERCHE DU MANUSCRIT PERDU

Le 30 octobre 1826, Abel remet à Cauchy un mémoire de 61 pages qui contient toutes ses découvertes. Ce mémoire, oublié par Cauchy, n'est publié qu'en 1840, grâce à Guglielmo Libri. Cet Italien, professeur à la Sorbonne, ne s'embarrasse pas de scrupules. Il vole le manuscrit qui disparaît une deuxième fois... jusqu'en 1952, où l'on retrouve 53 des 61 pages dans deux bibliothèques de Florence. Le 6 juin 2000, le professeur Andrea del Centina découvre les huit pages manquantes. Mais on s'aperçoit peu après que quatre pages ne sont pas de la main d'Abel. La recherche continue...



La téléphonie au goût multimédia

Hier, les téléphones mobiles servaient presque uniquement à converser ; demain, ils seront au cœur du multimédia et, dès cette année, on peut échanger instantanément des images avec ses correspondants. Car la nouvelle téléphonie se dote dorénavant de minuscules caméras et d'écrans couleurs ! De quoi pouvoir visionner bientôt des films sur son portable...



LE PORTABLE AVEC CAMÉRA AMOVIBLE

Très compact, le téléphoneT68i de Sony-Ericsson possède une caméra amovible, la CommuniCam, que l'on connecte à sa base. Les images, d'une résolution 640 x 480 pixels, peuvent être soit transmises, soit stockées dans la mémoire de l'appareil. Grâce à une liaison Bluetooth, on peut les transférer vers un ordinateur portatif, un PDA ou un autre T68i.

Prix : T68i seul : env. **685 €** (hors abonnement) ; CommuniCam : env. **240 €**.

UN MOBILE À GÉOMÉTRIE VARIABLE

Le mobile Nokia 7650 est idéal pour ceux qui veulent saisir et faire partager sur le vif les meilleurs instants de leur vie. Son écran couleur couvre très largement la face avant de l'appareil. Afin de lui conserver une certaine compacité et une bonne ergonomie, Nokia a eu recours à un clavier coulissant. Cette disposition offre un couvercle de protection à la caméra logée au dos du mobile lorsque le clavier est en position fermée. Comme la plupart des appareils de la marque, le 7650 est évolutif : outre des sonneries et fonds d'écran, il est possible de télécharger de nouvelles fonctions. Utilisant le système d'exploitation Symbian, dont certains organiseurs sont équipés, il pourra accéder facilement aux futures mises à jour.

Egalement doté d'un port infrarouge et d'une liaison Bluetooth, il peut transférer sur un PC ou un PDA des images et télécharger des logiciels pour mettre à jour ses divers programmes.

Prix : env. **750 €**. (hors abonnement).



LE TÉLÉPHONE QUI FAIT APPAREIL PHOTO ET VISIOPHONE

Le constructeur LG fait une arrivée en force dans le monde du mobile multimédia. Repliable et doté de deux écrans, son appareil LG 8 000 est équipé d'une mini-caméra logée dans l'articulation centrale, que l'on peut utiliser comme appareil photo ou comme visiophone. Disponible en France au cours du premier semestre 2003. Prix : non fixé.



L'automobile en route pour le futur

La voiture n'est plus un simple véhicule : pendant les longs trajets, elle peut se transformer en lieu de divertissement, tandis que l'électronique y joue un rôle de copilote fiable. Tirant partie du GPS et de la téléphonie mobile, elle sait aussi se prémunir contre le vol.



UN SYSTÈME DE NAVIGATION OÙ L'ON PEUT VOIR DES FILMS

L'AVIC85DAV-2, de Pioneer, est un système de navigation basé sur un DVD-Rom. Un seul disque contient la cartographie extrêmement détaillée de l'Europe. Un large écran rétractable affiche la route à suivre en 3D, fournissant une image proche de ce que voit le conducteur. Lorsque le système de navigation n'est pas utilisé, l'AVIC85 DAV-2 constitue un excellent autoradio qui peut lire les CD, ainsi qu'un lecteur de DVD. L'écran est d'une remarquable qualité. Prix : env. **3 900 €**.

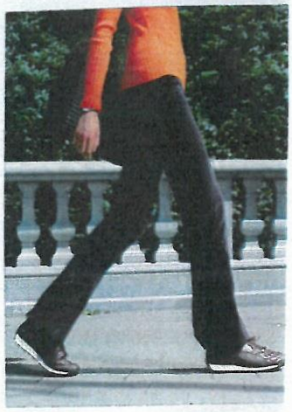


DES SATELLITES POUR SURVEILLER LES VÉHICULES

Le système Tracksat, commercialisé par Ixit Sas, combine GPS et téléphonie mobile. En cas de vol, la voiture est immédiatement localisée. Les forces de l'ordre sont averties de sa position et l'arrêt du moteur peut être télécommandé. L'automobiliste doit souscrire un abonnement. Prix : abonnement à partir de 21 € par mois. Tracksat : sur devis en fonction des options retenues.









C'est une première : pour retracer l'histoire de l'humanité, un documentaire, tourné comme une fiction a combiné images virtuelles et reconstitutions avec des acteurs. Résultat : *L'Odyssée de l'espèce* dresse un portrait totalement réaliste de nos origines, validé par de grands paléontologues. Un véritable document.

Par Isabelle Bourdial
Photos Pascal Goetgheluck, Sylvain Legrand/France 3 et Mac Guff Ligne

La préhistoire comme si vous y étiez

L'ODYSSÉE de L'ESPÈCE



^ **Le miracle du cinéma : deux acteurs font revivre des *Homo erectus* vieux de 1,2 million d'années...**

< **Tandis que des pré-humains, bien plus âgés, ont été reconstitués en 3D par l'équipe de Philippe Sonrier à partir de sculptures à l'échelle 1/2.**

La scène se passe dans la savane africaine. Un primate se tient immobile près d'une mare, bien campé sur ses postérieurs. On ne voit que son dos, couvert de longs poils, qu'une petite brise effleure. Il semble aux aguets. Lentement, il pivote sur lui-même, décou-



→ nent ainsi enrichir et compléter les connaissances des historiens.

Cette fois, la science a jeté son dévolu sur Toutankhamon. Le plus célèbre des pharaons égyptiens, qui vécut au XIVe siècle av. J.-C., est aussi parmi les plus mal connus. On sait qu'il était apparenté à Akhenaton, un des premiers souverains monothéistes de l'Antiquité. Mais c'est moins le règne de ce pharaon discret que sa fin brutale et prématurée qui intéresse aujourd'hui les scientifiques. Car celui qui fut "l'image vivante d'Amon" mourut soudainement dans sa dix-septième année, après avoir régné neuf ans. Ce qui explique la relative sobriété de sa tombe aménagée à la hâte, en comparaison avec le faste présumé et l'envergure de celles des autres souverains de l'Egypte antique, pour autant que l'on puisse en juger, ces dernières ayant toutes, en effet, été pillées.

Quoique visitée par des voleurs, la tombe de Toutankhamon reste encore aujourd'hui la seule tombe royale dont le contenu est resté intact. Elle fut mise au jour par Howard Carter en 1922 dans la Vallée des Rois, qui découvrit un véritable trésor dans ses quatre minuscules pièces. Quelque trois mille objets utilitaires et précieux, quatre chapelles en bois doré enveloppant trois sarcophages magnifiquement ouvragés, le dernier, en or massif, abritant la momie recouverte d'un masque funéraire et chaussée de sandales du même métal... en font la plus prestigieuse sépulture de l'histoire. Après avoir fait l'objet par le passé de moult examens, la momie du "fils de Rê" repose à nouveau dans son tombeau, dans un sarcophage en quartzite recouvert d'une plaque vitrée.



▲Les fractures observées sur les os délimitant les orbites ont pu avoir été provoquées par une chute en arrière ou par un coup asséné derrière la tête, qui aurait projeté le cerveau de Toutankhamon contre les os de la face.

Près de 3 500 ans après les faits, Greg Cooper, chef de la police de Provo (Utah, Etats-Unis) et profileur (agent chargé d'établir le profil psychologique de criminels) formé par le FBI, et Mike King, directeur de l'Unité d'analyse criminelle de la police d'Ogden (dans le même Etat), ont tenté de découvrir les causes de la disparition brutale du roi enfant (1). Ils ont tout d'abord examiné les radiographies de la momie, réalisées en 1968, à l'initiative de chercheurs de l'université de Liverpool. A l'époque, ceux-ci avaient constaté, sur les clichés obtenus par rayons X, la présence d'un éclat d'os dans la cavité crânienne évidée et l'existence d'une tache sombre, pouvant correspondre à un hématome. Appuyés par plusieurs experts, dont le Dr Gerald Irwin, directeur du Ra-

SCIENCE & VIE

N° 1027

› N° 1027 › AVRIL 2003

SCIENCE & VIE

LE DOSSIER VERITE

Médicaments



Ceux qui **soignent**

Ceux qui **tuent**

Ceux qui **ne servent à rien**

FRANCE METRO. 3,90€ - DOM 4,70€ - BEL 4,40€ - CH 8 FS - FIN 5,80€ - AND 3,90€ - CAN 5,95 $ CAN - ESP 5,20€ - GR 3,90€ - ITA 3,50€ - LUX 4,70€ - MAR 30DHMAY 6€ - PORT CONT 3,90€ - A 4,30€ - SPM 4,30€ - TUN 3,300 DTU - TOM 1 300XPF

T 02578 - 1027 - F: 3,90 €

→ place rapidement des réseaux de recyclage. D'autre part, les piles à combustible de type PEMFC n'exigent que quelques milligrammes de platine, qui ne représente que de 2 à 5 % du prix de la PAC : ainsi, une hausse, même importante, n'aurait que des répercussions assez faibles sur le prix de vente des piles. Enfin, il existe d'autres technologies de PAC, plus performantes et capables d'éviter le recours au platine. Ainsi, les piles à oxydes solides (Solid Oxyd Fuel Cell ou SOFC) utilisent actuellement, par exemple, des catalyseurs au zirconium et nickel (anode) et au manganite de luthane dopé au strontium (cathode). Ces piles SOFC pourraient remplacer les PEMFC bien avant que le platine ne vienne à manquer. Reste à les mettre au point… C'est tout l'enjeu de la recherche actuelle dans le domaine des PAC.

Pourquoi ne pas utiliser l'oxygène de l'électrolyse ?

Extraire de l'hydrogène par électrolyse de l'eau reste donc, actuellement, une solution coûteuse. Ne pourrait-on pas utiliser l'oxygène extrait par cette réaction d'électrolyse, afin d'abaisser le coût de ladite électrolyse ? Cet oxygène servant de comburant à un gaz approprié, on pourrait alors brûler le mélange des deux gaz et produire, ainsi, de l'énergie…

François de Phily, par l'internet

S&V Il existe effectivement des débouchés intéressants pour l'oxygène, par exemple, dans l'industrie chimique, pour entretenir des réactions d'oxydation. Encore faut-il que l'oxygène puisse être collecté puis transporté à un coût suffisamment bas ! Ce qui n'est pas évident dans la perspective d'une production électrolytique très décentralisée. Quant à brûler l'oxygène pour produire de l'énergie, c'est déjà le cas dans toutes les réactions de combustion ! Mais l'oxygène de l'air, qui est gratuit et quasi inépuisable, suffit alors amplement. Certaines équipes de recherche réfléchissent cependant à une combustion du charbon à l'oxygène pur. Cette solution produit certes du gaz carbonique et risque donc d'aggraver l'effet de serre. Mais, débarrassé de toute impureté, ce CO_2 serait plus facile à piéger. Reste cependant, comme dans le cas d'une utilisation en chimie, à assurer une collecte économiquement rationnelle de l'oxygène.

Collectionnez le savoir
avec la reliure SCIENCE & VIE



BON DE COMMANDE
à compléter et à retourner paiement joint à SCIENCE & VIE - 1 rue du Colonel Pierre Avia - 75503 PARIS cedex 15
OUI, je commande _____ reliure(s) (*) SCIENCE & VIE
au prix de 10 € - Etranger : 12 €**
Je joins mon règlement de _____ euros à l'ordre de SCIENCE & VIE
Nom ..... Prénom .....
Adresse .....
Code postal ..... Ville .....
(*) Chaque reliure est conçue pour classer 12 numéros. (**) Dans la limite des stocks disponibles
OFFRE VALABLE JUSQU'A FIN 2003
RC Paris B 572 138 173

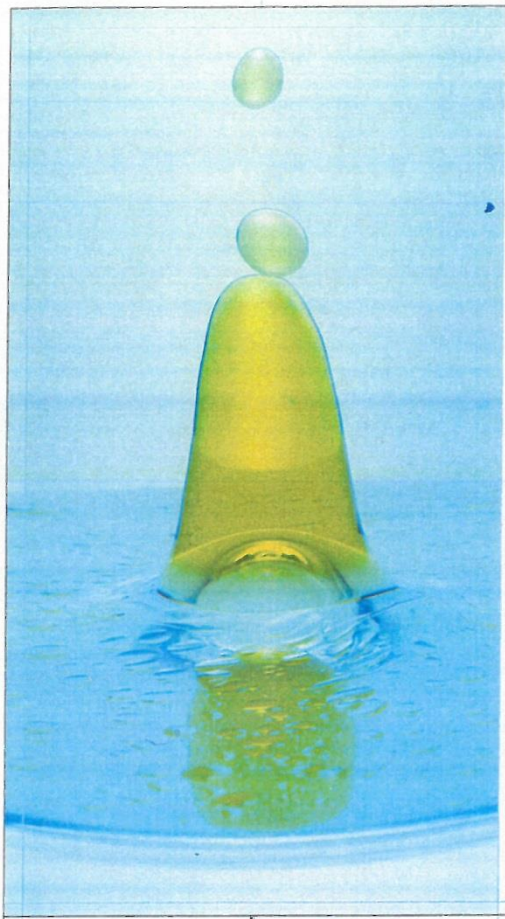
Maspero, l'oublié du Caire



L'article "100 000 trésors d'Egypte" (*Science & Vie* n° 1025) consacré au Musée du Caire ne mentionne pas son concepteur, Gaston Maspero, qui fut pendant quinze ans directeur des Antiquités égyptiennes au Caire. Vous citez bien Auguste Mariette, mais aucunement Maspero qui lui succéda. Précisons que Mariette, qui décéda en 1881, ne put qu'envisager, s'il le fit, la création d'un véritable musée moderne, dont l'initiative et la réalisation sont dues sans restriction à Gaston Maspero.

Jacques Morel, par l'internet

S&V Notre propos n'était pas d'écrire un article historique sur le musée, mais sur la redécouverte de ses trésors oubliés. Autrement, nous n'aurions pas manqué d'évoquer Gaston Maspero, père fondateur de l'égyptologie qui dirigea, de 1881 à 1886, le musée de Boulaq, l'ancêtre du musée actuel du Caire. Néanmoins, nous aurions pu préciser que le seul état exhaustif des trésors de ce musée revient précisément à Gaston Maspero qui publia un état complet des collections. Largement dépassé, ce catalogue reste encore le document de référence du musée.



CHIMIE

L'eau et l'huile ont pu être mélangées

Si l'on retire l'air dissous dans l'eau, elle se mélange à l'huile : tel est le résultat de l'expérience réalisée par le chimiste Richard Pashley, de l'université de Cambera, en Australie, et son équipe. Jusqu'à présent, on pensait ces deux liquides non miscibles, car une fois mélangés, ils se séparent en deux : l'eau reste en bas, et l'huile en haut. C'est d'ailleurs pourquoi, en cuisine, il faut secouer vivement la mayonnaise et y ajouter des molécules "entremetteuses" pour la stabiliser. Formées par de longues chaînes d'atomes de carbone, les molécules de graisse répugnent en effet à se lier aux molécules d'eau par des liaisons hydrogènes. A l'inverse, elles s'attirent mutuellement ! A l'origine de cette attraction, une force dite "hydrophobe", découverte il y a vingt ans et encore mystérieuse. En l'étudiant, les chercheurs australiens ont remarqué d'infimes bulles de gaz à la surface d'un mélange d'huile et d'eau. D'où leur idée de retirer, par pompage, les gaz dissous dans l'eau. Une émulsion stable s'est alors formée spontanément et a persisté une fois les gaz réintroduits. Explication des chercheurs : la force hydrophobe dépend des gaz dissous dans l'eau. Leur expérience devra être reproduite pour confirmation. **K. B.**

< *A priori*, les molécules de graisse ne se lient pas aux molécules d'eau.

> JARGON

Molécules "entremetteuses" : présentes notamment dans la moutarde et le jaune d'œuf, ces molécules se lient à l'huile et à l'eau.
Liaison hydrogène : liaison de faible énergie entre un hydrogène et un oxygène.

PHYSIQUE

Le photon est de plus en plus léger. Des physiciens de l'université Huazhong, à Wuhan, en Chine, ont en effet divisé par vingt la masse maximale de ces particules de lumière, l'établissant à $1{,}2.10^{-51}$ g. Le photon est donc au moins un million de milliards de milliards de fois plus léger que l'électron. Selon la théorie de la relativité d'Einstein, les photons ne devraient pas avoir de masse. Mais il est impossible de démontrer qu'une masse est exactement nulle. On ne peut donc qu'en majorer la valeur. **H.P.**

IMAGERIE

La caméra à rayons T défie les obstacles

Une main humaine vue à travers un papier épais de 15 mm : tel est le premier résultat tangible de la caméra à rayons T (pour térahertz) conçue par la firme Star Tiger, créée par l'Agence spatiale européenne. Cette caméra, qui emploie des ondes submillimétriques, peut photographier des objets ou des individus cachés derrière des écrans ou des murs, une arme sous un vêtement, l'intérieur d'une queue de comète, l'état d'une blessure sous un pansement... De quoi révolutionner divers domaines, de l'astronomie à la médecine, en passant par la surveillance. Un procédé semblable, mais moins élaboré, est déjà utilisé pour obtenir la température de surface des océans depuis un satellite en orbite. Mais la caméra à rayons T fait mieux : non seulement son faisceau de rayons peut "voir" à travers certains matériaux, mais il peut aussi être focalisé pour obtenir des images. De plus, ce rayonnement est bien moins nocif que les rayons X. Transportable dans un attaché-case, cette caméra pourrait être sur le marché d'ici à deux ans. **G.C.**



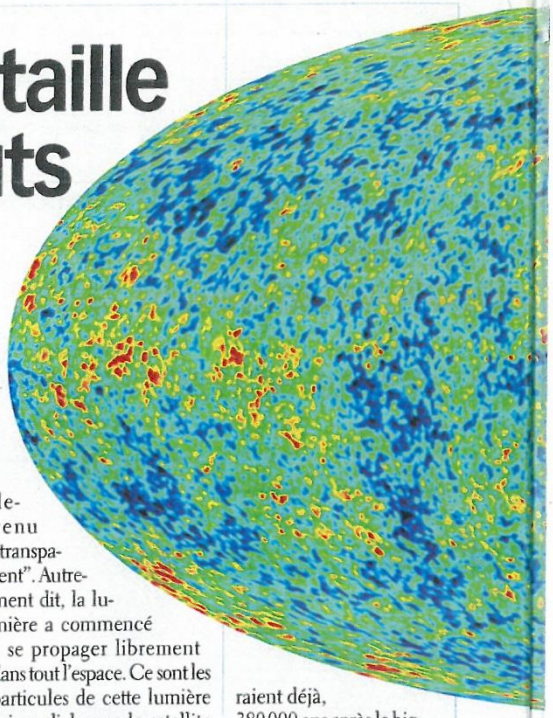
< Le premier cliché pris sous rayons T : une main derrière une feuille épaisse de 15 mm.

R. STEELE/GETTY - STAR TIGER

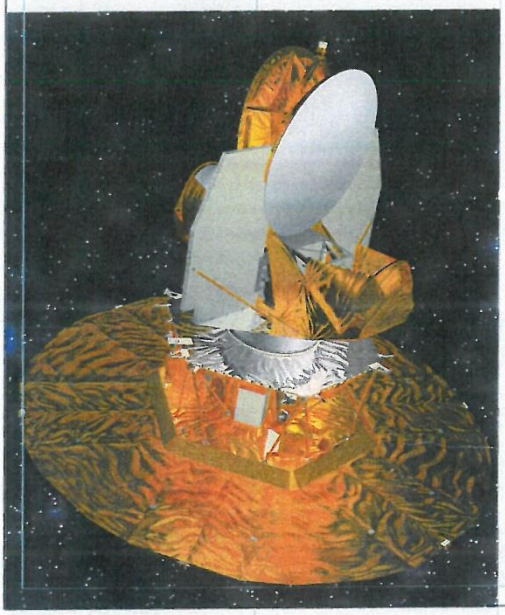
COSMOLOGIE

Une image détaille enfin les débuts de l'Univers

En remontant jusqu'à 380 000 ans après le big bang, le satellite *WMAP* vient de livrer la plus vieille image de l'Univers ! A la clé, des précisions sur son âge, son expansion et les premières étoiles.



Les cosmologistes attendaient cette image depuis onze ans. En 1992, le satellite *COBE* en avait révélé les contours. A l'époque, il s'agissait déjà d'une prouesse. Mais c'est une image quarante fois plus détaillée que nous livre aujourd'hui le satellite américain *MAP*, qui a été rebaptisé *WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)*, en l'honneur de Davis Wilkinson, l'un de ses initiateurs récemment décédé. Il s'agit de la plus vieille image de l'Univers, qui nous fait quasiment remonter à ses origines, alors qu'il avait à peine 380 000 ans. C'est en effet à ce moment qu'il s'est passé un événement crucial dans l'histoire du cosmos : lumière et matière, qui formaient jusque-là un tout très lié, se sont séparées sous l'effet d'une température ambiante devenue plus clémente (environ 3 000 °C). L'Univers, auparavant opaque, est alors devenu "transparent". Autrement dit, la lumière a commencé à se propager librement dans tout l'espace. Ce sont les particules de cette lumière primordiale que le satellite *WMAP* a détectées.

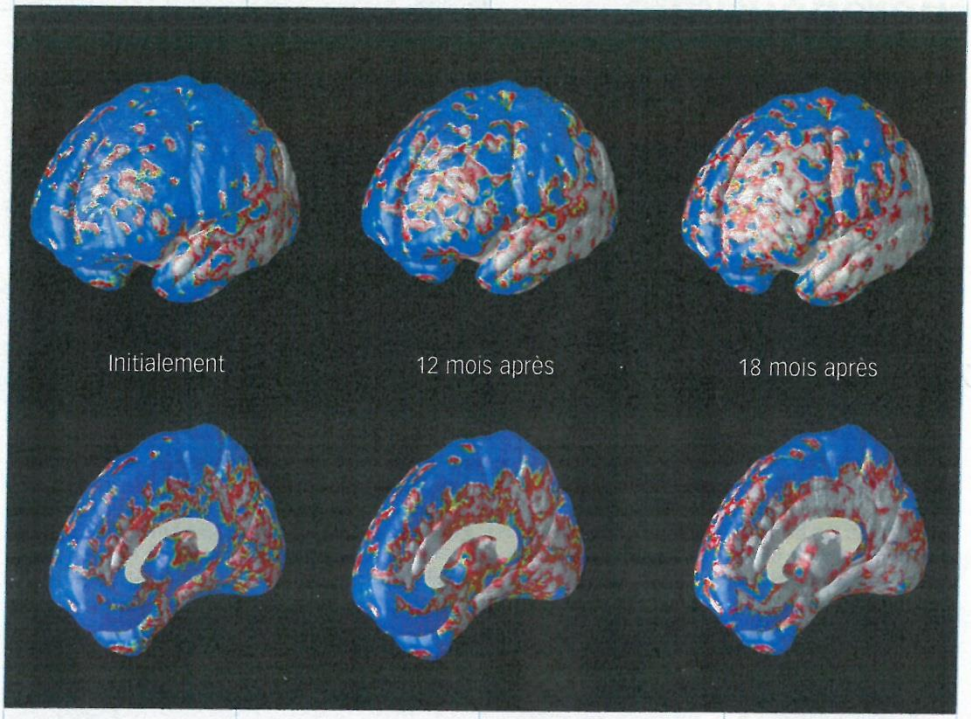


< Le satellite américain *WMAP*, lancé le 30 juin 2001, se trouve à 1,5 million de km de la Terre.

Aujourd'hui, il ne s'agit plus de lumière visible, mais d'un rayonnement micro-onde très froid qui baigne tout l'espace, et dont la température moyenne vaut 2,73 K (soit −270,42 °C). Les spécialistes l'appellent le *"rayonnement cosmologique fossile"*. Lors de sa découverte, dans les années 60, on pensait qu'il était parfaitement uniforme. Mais en 1992, *COBE* a révélé la présence d'infimes irrégularités. Et sur la nouvelle image de *WMAP*, on voit désormais le détail de ces aspérités au millionième de degré près, colorisées par les scientifiques de l'université de Princeton, et du *Nasa Goddard Space Flight Center*. Ces petits "grumeaux" de l'Univers préfiguraient déjà, 380 000 ans après le big bang, les grands rassemblements de matière qui allaient suivre, à l'instar des amas de galaxies aujourd'hui connus.

IL DATERAIT DE 13,7 MILLIARDS D'ANNÉES PRÉCISÉMENT

En étudiant la taille et la répartition de ces premiers grumeaux, les scientifiques ont obtenu des informations fondamentales sur l'Univers. D'abord son âge, avec une marge d'erreur de seulement 1 % : 13,7 milliards d'années. Puis le moment où les premières étoiles ont commencé à briller : 200 millions d'années après le big bang. Enfin, ils ont confirmé que l'Univers est à peu près plat (ou plutôt rectiligne) à grande échelle, et qu'il va continuer son expansion, poussé par une énergie inconnue, l'énigmatique "énergie sombre", dont les physiciens ne savent encore



LONI/UCLA

NEUROLOGIE

Une vidéo a filmé l'évolution de la maladie d'Alzheimer

Un nouveau procédé, associant vidéo et imagerie cérébrale, montre la progression de la maladie d'Alzheimer dans le cerveau de patients vivants.

Grâce à la technique d'Imagerie à résonance magnétique nucléaire (IRMN), des neurologues des universités de Californie, à Los Angeles, et de Queensland (Australie), ont créé la première vidéo montrant comment la maladie d'Alzheimer détruit peu à peu le cerveau. C'est un grand progrès par rapport aux techniques classiques basées sur l'examen de cerveaux de patients décédés ou d'animaux de laboratoire. *"Pour la première fois, on observe la progression de la maladie* in vivo, *et cela va permettre de suivre les effets des traitements et d'identifier précocement les personnes à risque"*, s'enthousiasme Paul Thompson, chef de l'équipe australo-américaine. Pour ce faire, douze patients, âgés en moyenne de 70 ans, ont été suivis pendant 18 mois à partir du moment où leur maladie a été diagnostiquée. Les séquences vidéo montrent comment la maladie progresse de l'hippocampe, région impliquée dans la mémorisation, vers le cortex temporal puis associatif, siège des fonctions intellectuelles supérieures, et enfin vers le cortex visuel, soit au total dix zones cérébrales différentes, inexorablement touchées l'une après l'autre.

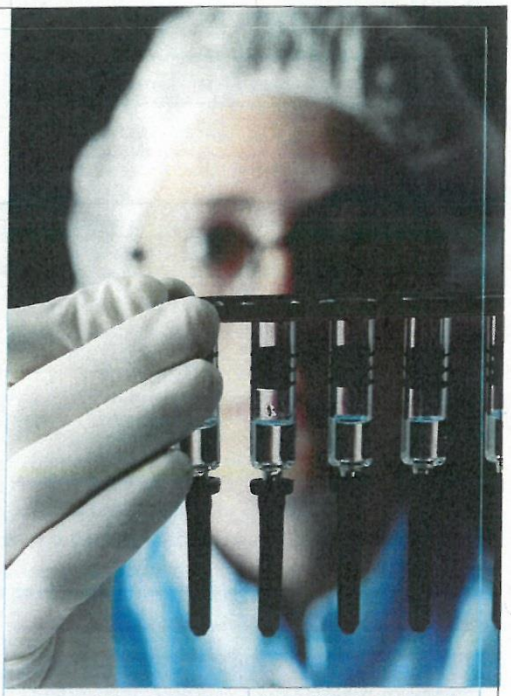
La maladie d'Alzheimer, inconnue il y a un siècle, gagne du terrain, du fait de l'augmentation de l'espérance de vie. A ce jour, la France compterait 350 000 malades environ, essentiellement parmi les personnes de plus de 85 ans, et 110 000 nouveaux cas apparaîtraient chaque année. **P.R.**

^ **Voici la progression de la maladie (zones saines en bleu, lésées en rouge). Ici, elle a gagné en 18 mois les parties externe (en haut) et interne du cerveau.**

IMMUNOLOGIE

Le sida a peut-être trouvé un vaccin thérapeutique...

En réveillant l'immunité de séropositifs, attaquée par le virus, un vaccin-médicament a donné des résultats encourageants. Bientôt la fin des multithérapies et de leurs effets secondaires ?



^ Le vaccin thérapeutique, mis au point par l'Agence nationale de recherche sur le sida, pourrait être disponible d'ici trois à cinq ans.

Très encourageants mais préliminaires. Ainsi sont jugés les résultats de deux essais cliniques d'un vaccin thérapeutique contre le sida, menés par des équipes françaises de l'Agence nationale de recherche sur le sida (ANRS). Une première mondiale présentée lors de la 10e conférence américaine sur les rétrovirus et les infections opportunistes, en février dernier, à Boston. Encourageants, car ils prouvent que le concept d'un vaccin thérapeutique, administré à des personnes déjà infectées, fonctionne. Préliminaires, car les chercheurs manquent de recul pour évaluer le réel bénéfice de cette approche. Le principe ? *"Rendre la mémoire à un système immunitaire amnésique"*, résume Yves Lévy, coordinateur de l'un des essais, baptisé Vaccil-2. Les traitements actuels contre le VIH arrivent souvent à rendre le virus indétectable dans le sang. Revers de la médaille : le système immunitaire des patients, n'ayant plus de contact avec le VIH, oublie littéralement à quoi ressemble ce redoutable intrus.

Les deux essais cliniques, Vaccil-2 et Vacciter (un troisième, Primovac, testé sur des patients ayant commencé une multithérapie peu après avoir été infectés, est toujours en cours), visaient à lui rafraîchir la mémoire grâce à l'Alvac, une préparation vaccinale réalisée à partir du virus de la vaccine du canari (canarypox), non pathogène pour l'homme. Fabriquée par Aventis Pasteur, cette préparation a été injectée, à intervalles réguliers, à 81 patients traités par une désormais classique multithérapie, qu'ils ont interrompue à l'issue des injections. Dans l'essai Vaccil-2, la moitié des patients ont reçu de l'Alvac associée à de l'interleukine 2 (IL-2), substance qui stimule les défenses immunitaires. L'autre moitié constituait un groupe dit "contrôle". Résultat, selon Yves Lévy : *"60 % des vaccinés avaient développé de nouvelles réponses immunitaires contre le VIH, contre seulement 25 % des non-vaccinés."* Les résultats de l'essai Vacciter, réalisé sans groupe contrôle et n'associant pas d'IL-2, sont comparables. Dans les deux cas, plus de trois mois après les deux essais, environ 25 % des sujets vaccinés pouvaient se passer de tout traitement. Un bilan prometteur mais provisoire qui reste à confirmer sur le long terme. *"Nous saluons ces résultats mais il est hors de question de tomber dans un optimisme béat"*, tempère, lucide, Maxime Journiac, du collectif d'associations de lutte contre le sida, TRT-5. **F. D.**

...MAIS LE VACCIN PRÉVENTIF EST UN ÉCHEC

La société américaine Vaxgen vient de présenter les résultats de son vaste essai clinique d'un vaccin préventif, l'Aidsvax, mené aux Etats-Unis, au Canada, à Porto Rico et aux Pays-Bas. Deux groupes de 3 000 séronégatifs chacun avaient été constitués. L'un des deux groupes a reçu le vaccin, mais pas l'autre. Bilan trois ans après : la baisse des infections parmi les vaccinés n'était que de 3,8 %. *"Cela ne me surprend pas"*, commente Pierre Sonigo, de l'Institut Cochin, à Paris. Les chercheurs savent en effet depuis des années que les vaccins comme l'Aidsvax, constitués de protéines de surface du virus (ici la gp120), induisent difficilement une protection.

> JARGON

Vaccin préventif : son objectif serait de protéger des personnes saines de l'infection par le VIH.
Vaccin thérapeutique : il fonctionne sur le même principe que le vaccin préventif mais s'adresse à des sujets infectés. Son objectif est de renforcer leur système immunitaire.

AVENTIS PASTEUR

BIODIVERSITÉ

Le déclin des requins se précise

Plusieurs études récentes renforcent les craintes des biologistes: victimes de l'expansion asiatique du marché des ailerons, plusieurs espèces de requins seraient en péril. Faute de moyens de recherche, le danger reste cependant difficile à évaluer...





< Grand classique de la gastronomie asiatique, l'aileron se négocie entre 170 et 500 euros le kg à Hong Kong. 2 500 fois le prix de la chair !

> La majorité des espèces de requins arrivent tard à maturité sexuelle et se reproduisent peu. Ils sont donc très menacés par la pêche intensive.

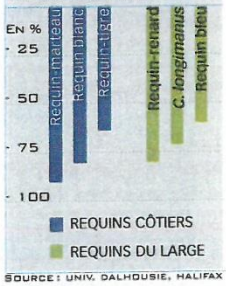
Le nombre de personnes attaquées par des requins baisse. Une étude du service d'ichtyologie de l'université de Floride établit en effet à 60 le nombre d'attaques rapportées en 2002 dans le monde, contre 72 en 2001 et 85 en 2000, année de tous les records. Parmi ces agressions, le nombre de cas mortels diminue également : 3 en 2002, contre 5 en 2001 et 13 en 2000. Bonne nouvelle ? Pas vraiment. "*Ce déclin s'expliquerait par la raréfaction croissante des requins, d'abord à cause de la surpêche et, dans une moindre mesure, à cause de l'altération de leur habitat*, explique George Burgess, biologiste spécialiste des requins et directeur de l'International Shark Attack File (ISAF), organisme chargé du recensement des attaques. *Mais attention : la diminution constatée n'est pas la preuve formelle d'un déclin. Le ralentissement des activités touristiques, notamment aux Etats-Unis où se concentrent 80 % des attaques, pourrait avoir joué un rôle.*"

Il n'en demeure pas moins que la baisse de la fréquence des attaques n'est pas le seul indicateur d'une raréfaction possible du requin. Ainsi, une étude publiée en janvier dernier par une équipe de l'université Dalhousie, de Halifax, tire le signal d'alarme. D'après les chiffres, basés sur les prises déclarées des pêcheurs à la palangre nord-américains ciblant le thon et l'espadon dans l'Atlantique nord-ouest, les biologistes canadiens signalent un déclin supérieur à 50 % des prises de grands requins depuis 1986. Et cette moyenne cache de fortes disparités selon les espèces (voir infographie). "*Nous savons bien que la responsabilité de cet écroulement incombe à la surpêche*, fustige Julia Baum, biologiste responsable de l'étude. *Si l'on n'y prend pas garde, plusieurs espèces vont disparaître localement.*" Dramatique, la situation n'est peut-être pas si catastrophique, nuance George Burgess : "*D'abord, l'étude se base sur des prises en haute mer, alors que certaines espèces, comme le requin-marteau, sont essentiellement côtières. Par ailleurs, par manque de formation scien-*

FAITS ET CHIFFRES

De moins en moins de grands requins pêchés

Depuis 1986, dans l'Atlantique nord-ouest, les captures à la palangre des grands requins sont en chute libre.



SOURCE : UNIV. DALHOUSIE, HALIFAX



^ Ces requins entiers sont une exception : le plus souvent, les animaux sont rejetés vifs à la mer, une fois leurs ailerons découpés.

→ ment est le plus élevé en France, c'est-à-dire qu'ils sont à la fois prescrits en grande quantité et coûtent le plus cher à la Sécurité sociale (voir fiches, p. 68). Bref, il s'agit des pilules, gélules et autres cachets que nous absorbons le plus couramment. Afin de juger

Tous les médicaments qui nous sont prescrits ne se valent pas, loin de là...

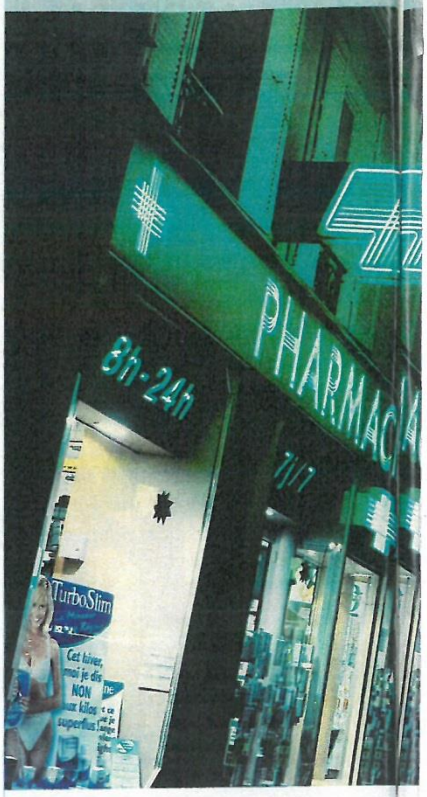
de leurs degrés d'efficacité, d'innovation thérapeutique et de dangerosité, nous avons évidemment laissé de côté le discours publicitaire des firmes. Ici, nous nous en sommes tenus strictement aux résultats des études cliniques et aux avis des experts, tels que ceux de la Commission de la transparence (en charge de l'évaluation des médicaments) ou de la revue indépendante *Prescrire* (2).

UN COÛT DE PLUS EN PLUS LOURD POUR LA COLLECTIVITÉ

Résultat: si, parmi ces 200 médicaments, 69 sont incontestablement "utiles" et ont apporté un progrès thérapeutique au moment de leur mise sur le marché, un nombre impressionnant (91!) n'apporte rien de nouveau en termes d'efficacité, contrairement à ce qu'affirment leurs promoteurs (voir p. 52). Pire, une trentaine de produits (33 exactement) parmi les plus prescrits se sont avérés avoir une efficacité "douteuse ou nulle"; tandis que nous avons repéré 7 médicaments "suspects, voire dangereux": les risques qu'ils présentent pour la santé du patient se révèlent bien supérieurs à leurs bienfaits.

Voilà qui fait réfléchir. Surtout qu'au-delà de leur intérêt thérapeutique, nous consommons de plus en plus de ces produits, lesquels sont même vendus à des prix de plus en plus élevés! Qu'on en juge: les dépenses en produits de santé ont augmenté pendant toute la décennie 90 de 5,3 % par an en moyenne, et ont atteint + 8,9 % en 2000 (3). Et la Cour des comptes de souligner que *"les trois quarts de cette augmentation sont dus au fait que les médecins prescrivent des médicaments nouveaux et chers à la place de médicaments plus anciens et moins chers"* (4). Pour l'année 2002, le déficit prévu de l'Assurance maladie serait de 6,6 milliards d'euros...

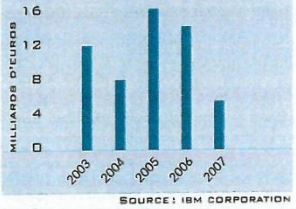
Depuis longtemps, les pouvoirs publics ont fait une priorité de la baisse du coût des médicaments pour la collectivité. Dernières en date, les mesures prises récemment par la Cnam (Caisse nationale d'assurance maladie) et le ministre de la Santé Jean-François Mattei visent ainsi à faciliter le décollage des médicaments dits génériques (voir "Jargon") et à ne plus rembourser ceux dont le "service médical rendu" (SMR) est jugé insuffisant (voir encadré, p. 56). Reste que cet objectif ne



doit pas faire perdre de vue que si les médicaments sont remboursés par la Sécurité sociale, c'est bien parce que la collectivité attend de l'industrie pharmaceutique des produits innovants, c'est-à-dire capables de lui apporter de réels progrès thérapeutiques. Or, différentes études montrent que le défaut d'innovation est un problème majeur, mondial et ancien (voir info-

Quand cesse l'exclusivité...

D'ici à 2007, nombre de brevets de "médicaments vedettes" vont expirer, grevant d'autant le chiffre d'affaires des labos.



SOURCE: IBM CORPORATION

L'ARME COMMERCIALE DES BREVETS

Dès qu'une firme pharmaceutique découvre un nouveau médicament (qui peut être composé d'une ou plusieurs molécules), elle dépose un brevet qui lui donne une exclusivité sur la fabrication et la vente du médicament pendant vingt ans. Mais sachant que le temps de recherche-développement est d'environ dix ans avant que ce médicament puisse être mis sur le marché, son produit est en réalité protégé pendant une dizaine d'années après sa commercialisation (voir infographie, p. 50). Lorsqu'il perd son exclusivité, ce médicament peut être copié, c'est-à-dire "génériqué"...





^ Copiant des médicaments de référence, les produits dits génériques sont aussi efficaces qu'eux, mais 30 % moins chers!

< Avec 25,07 milliards d'euros de dépenses de santé en 2000, les Français sont les plus gros consommateurs de médicaments en Europe.

graphie ci-contre), alors que cette industrie consacre pourtant de 15 à 20 % de son chiffre d'affaires à la recherche, selon le syndicat de l'industrie pharmaceutique français, le Leem (Les entreprises du médicament).

LA LOGIQUE DES "MÉDICAMENTS VEDETTES" A-T-ELLE VÉCU ?

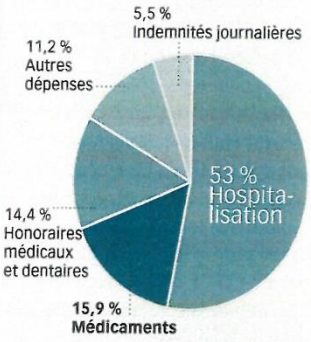
De fait, sa stratégie est traditionnellement de mettre au point quelques médicaments vedettes, baptisés *"blockbusters"* : au sens propre des "bombes destinées à détruire des blockhaus" ; au sens figuré, des produits apportant un véritable progrès thérapeutique contre une maladie très répandue et, partant, capables de conquérir un marché très important. On parle de *blockbuster* dès que ces produits affichent 1 milliard d'euros de chiffre d'affaires par an. Mais voilà, ces produits vedettes s'avèrent de plus en plus difficiles à trouver.

Du coup, les laboratoires présentent de plus en plus souvent comme innovants des médicaments qui contiennent en réalité un principe actif existant, mais sous une forme légèrement différente : ce sont les *"me too"* ("moi aussi", sous-entendu "moi aussi je fais la même chose").

Ce défaut d'innovation est d'autant plus problématique que les *blockbusters* actuellement vendus, et qui faisaient jusqu'alors la fortune du secteur, vont rapporter de moins en moins : *"Aux Etats-Unis, qui représentent 67 % du marché des* blockbusters, *quand un brevet arrive à expiration, les HMO* [Health Medicare Organization, ou réseaux des professionnels de santé, Ndlr] *peuvent transférer 80 % de leurs patients sur le générique existant en une semaine, comme ce fut le cas avec le Prozac !"*, notent les auteurs de Pharma 2010, une étude prospective sur le secteur publiée en janvier dernier (6). De plus, les HMO commencent déjà à faire du caractère innovant des produits l'un de leur principal critère de remboursement. Et en France, les organismes payeurs voudraient bien faire de même... Sans compter qu'entre les *blockbusters* qui ont été retirés du marché ces cinq dernières années à la suite de problèmes d'effets secondaires, et ceux dont les brevets ar- →

Le coût des médicaments dans l'Assurance maladie

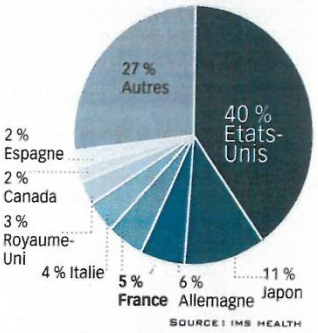
En 2001, ils représentaient 15,9 % des remboursements de l'Assurance maladie du régime général, loin derrière les hospitalisations.



SOURCE : CNAMTS

Le poids des pays dans le secteur pharmaceutique

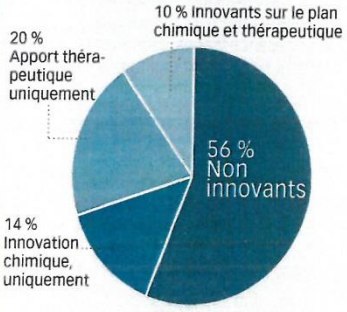
En 2000, le chiffre d'affaires de l'industrie pharmaceutique était de 392,64 milliards d'euros. Il est évalué à 406 milliards pour 2001.



SOURCE : IMS HEALTH

Le degré d'innovation des nouveaux produits

Sur 1375 lancements de médicaments entre 1975 et 2000, seuls 10 % apportaient à la fois un progrès chimique et thérapeutique.



SOURCE : AVENTIS

J. GOLDSTEIN/L'ŒIL PUBLIC - INFOGRAPHIES G. MOINE



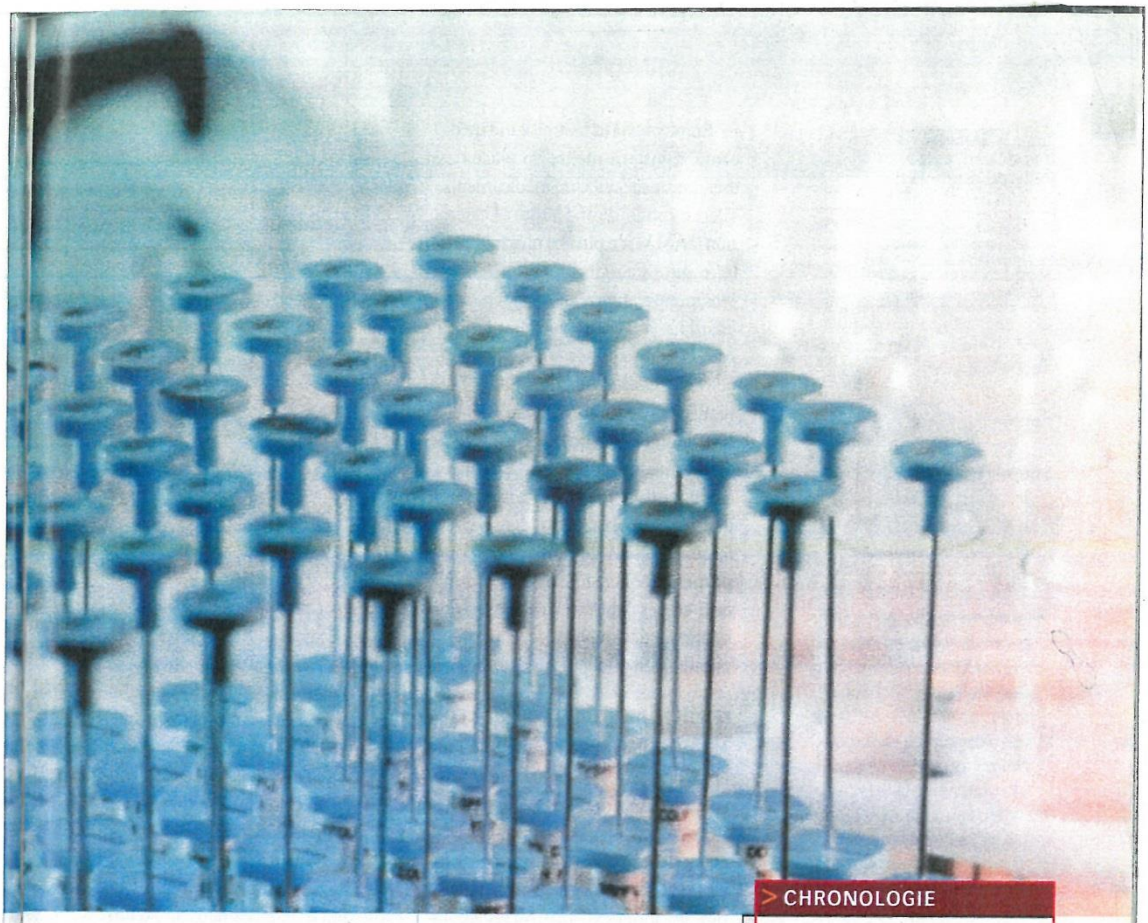
DANS NOTRE GUIDE, 69 MÉDICAMENTS REPRÉSENTENT UN "VRAI PROGRÈS" ET 91 SONT "UTILES, MAIS PEU NOVATEURS"

Les véritables innovations demeurent l'exception

Chaque année, 200 nouveaux médicaments arrivent sur le marché. Or, très peu constituent un réel progrès thérapeutique. C'est que l'industrie peine de plus en plus à innover. Un problème majeur aux allures de défi autant scientifique qu'économique.

De la pénicilline aux multithérapies du sida en passant par la cortisone, les sulfamides, les psychotropes, les pilules contraceptives et autres hypotenseurs, la liste est longue des médicaments qui ont amélioré la vie de millions de personnes. Et elle ne devrait cesser de s'allonger si l'on juge que l'industrie pharmaceutique commercialise chaque année quelque 200 nouveaux médicaments.

Pourtant, les choses ne sont pas si simples. Car, entre 1997 et 2000, seulement 10 % des nouvelles spécialités ont été créditées d'un progrès thérapeutique jugé majeur ou important par la Commission de la transparence, institution publique chargée d'évaluer la fameuse "amélioration de service médical rendu" (ASMR – voir infographie, p. 50). Autrement dit, l'immense majorité des médicaments ayant obtenu pendant cette période leur autorisation de mise sur le marché (AMM) n'apportait aucun "plus" par rapport aux traitements déjà existants ! Une situation qui ne date pas d'aujourd'hui puisque, de 1981 à



2002, les experts de la revue médicale *Prescrire* ont examiné 2 700 médicaments… et jugé seulement 3 % d'entre eux "*très intéressants*", et 25 % apportant un "*petit plus*".

LA QUÊTE DES "BLOCKBUSTERS"

Pourtant, l'ambition affichée des laboratoires est bien de lancer chaque année deux à trois "*blockbusters*", soit des "médicaments vedettes" qui apportent un véritable bénéfice thérapeutique à un grand nombre de patients et, partant, dépassent le milliard d'euros de chiffre d'affaires annuel, à l'instar du Viagra ou du Mopral. Or, ils y parviennent de moins en moins. Pourquoi ? Parce que les laboratoires piétinent sur la voie de la chimie traditionnelle. A preuve : les dix médicaments les plus consommés actuellement sont issus de "principes actifs" (le paracétamol dans le Doliprane, l'acide salicylique dans l'aspirine, etc.) datent tous de plus de dix, quinze, voire vingt ans ! "*La recherche est moins productive car l'industrie pharmaceutique a beaucoup investi sur des pistes radicalement innovantes comme la thérapie génique ou les biotechs, en sous-estimant les difficultés scientifiques et techniques qu'elle allait rencontrer*, explique Claude Le Pen, économiste de la santé à l'université Paris-Dauphine. *Il faut se rendre à l'évidence, le temps de recherche sur ces sujets est plus long que prévu et ne coïncide pas avec celui de la rentabilité économique d'une entreprise.*"

Ce qui n'empêche pas des produits innovants d'être régulièrement commercialisés, mais désormais de façon très progressive. Par exemple sur le modèle des trithérapies contre le sida : on a d'abord adjoint à l'AZT une an- →

> CHRONOLOGIE

De 1930 à 1950

1935 : apparition des sulfamides (contre le diabète, l'obésité, les glaucomes, l'hypertension, la lèpre, etc.) ; 1941, pénicilline (antibactérien) ; 1943, antibiotiques ; 1949, cortisone (allergies, troubles immunitaires, infections graves, leucémies, etc.).

De 1950 à 1970

1952 : apparition des psychotropes ; 1955, vaccin antipolio ; 1958, facteur VIII (facteurs de coagulation pour les hémophiles) ; 1960, pilule contraceptive ; 1964, antihypertenseurs.

De 1970 à 2000

1974 : apparition de l'héparine (prévention des thromboses) ; 1977, cyclosporine (rejets/greffes) ; 1977, insuline synthétique (diabète) ; 1986, interféron (lymphomes) ; 1989, inhibiteurs de la pompe à protons (antiulcéreux) ; 1996, trithérapies du sida.



Face à cette hécatombe, les auteurs du rapport "Pharma 2010" préconisent la mise au point de nouveaux médicaments issus de molécules non plus chimiques, mais biologiques (c'est-à-dire issues d'organismes vivants), et dédiées à des populations de patients bien plus ciblées que celles visées actuellement par les *blockbusters*. Frappant "moins fort", plus "naturels", ces traitements présenteraient beaucoup moins d'effets secondaires, n'auraient pas besoin d'être testés en essais cliniques de phase 3 (voir infographie, p. 50) et seraient donc mis sur le marché en deux ou trois ans, au lieu de dix ou douze ! Prescrits uniquement par des spécialistes, ils nécessiteraient aussi moins d'investissements en force de vente. Seul hic, ces médicaments n'existent pas encore. "*Ceux qui s'en rapprochent sont l'Herceptin ou le Glivec, deux anticancéreux qui ont pu prouver leur efficacité rapidement car ils étaient destinés à des patients en impasse thérapeutique : avant eux, aucun autre traitement n'existait*... explique Christophe Couturier. *Ainsi, il ne leur a fallu que trois-quatre ans pour accéder au marché. Mais il est vrai que ce ne sont pas des produits issus de la biologie.*"

Chez Novartis, inventeur du Glivec, on reste sceptique face à un scénario qui ferait la part un peu trop belle aux biotechnologies. "*Que l'assemblage du médicament soit réalisé dans le cadre d'un processus chimique ou biologique n'a en fait guère d'importance*, estime le Dr Patrice Bertaud, responsable du développement clinique en oncologie. *L'essentiel est de définir précisément la cible thérapeutique sur laquelle on souhaite agir, comme nous l'avons fait avec le Glivec.*" Mais pour Bruno Toussaint, directeur de la rédaction de la revue *Prescrire*, le défaut d'innovation tient en fait surtout au manque d'exigence des pouvoirs publics et des médecins, qui n'ont pas fait du progrès thérapeutique un critère de choix des médicaments. "*Par ailleurs, le système boursier n'encourage pas les investissements à long terme de cette industrie, seuls susceptibles de déboucher sur des produits vraiment innovants*", ajoute-t-il.

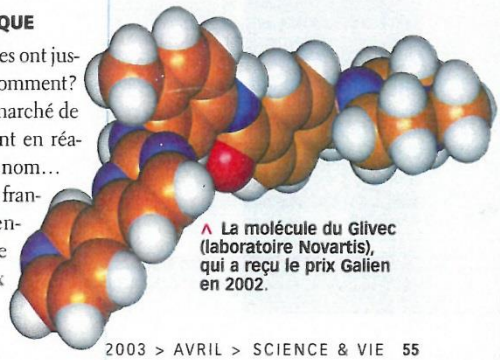
LES "ME TOO" À L'ATTAQUE

En tout cas, les laboratoires ont jusqu'ici fort bien survécu. Comment ? Simple : en inondant le marché de nouveaux produits n'ayant en réalité de nouveau que leur nom... de code : les "*me too*", en français "moi aussi", sous-entendu "moi aussi je sais faire la même chose"... et veux ma part du marché ! →

C. CHOULOT - NOVARTIS

LES PRIX DE L'INNOVATION

Pour récompenser les nouveaux médicaments qui apportent un réel progrès thérapeutique et mieux les faire connaître, les médecins ont créé des prix. Le plus ancien (1970) et le plus connu, le prix Galien récompense le caractère innovant et l'importance thérapeutique d'un ou deux médicaments récents. En 2002, il était attribué au Glivec, du laboratoire Novartis, prescrit dans le traitement de la leucémie myéloïde chronique. Alors qu'on ne disposait que de chimiothérapies qui "bombardaient" sans distinction cellules saines et cancéreuses, le Glivec cible la protéine responsable de la leucémie. Des rémissions spectaculaires ont ainsi été constatées dans des cas désespérés. Du coup, il a reçu une autorisation de mise sur le marché en 2001, soit trois ans seulement après le début du premier essai chez l'homme.
La revue *Prescrire*, elle, accorde chaque année une Pilule d'or à un médicament qui constitue un progrès décisif dans un domaine où les médecins étaient démunis. Enfin, les visiteurs du salon du Medec peuvent également élire le "médicament de l'année".



^ La molécule du Glivec (laboratoire Novartis), qui a reçu le prix Galien en 2002.

LE CAS D'ÉCOLE

MOPRAL : 10 ANS QU'IL EST UN "BLOCKBUSTER"

Le laboratoire Astra Zeneca mit sur le marché cet anti-ulcéreux il y a un peu plus de dix ans, inaugurant ainsi une nouvelle classe pharmacologique de médicaments agissant désormais directement sur le mécanisme de la sécrétion acide, à savoir une enzyme appelée "pompe à protons". Il accéda immédiatement au marché international et, en 2001, il était toujours le n° 5 mondial, avec près de 5,5 milliards de dollars de chiffre d'affaires. Le Mopral a ensuite été décliné sous toutes les formes galéniques possibles (gélules, injection, perfusion), offrant même une posologie adaptée pour les enfants de plus de 1 an.

→ Ainsi, un peu sur le mode du jeu des sept familles, un laboratoire met sur le marché le personnage d'une nouvelle famille de médicaments (pour le cholestérol, il y eut, par exemple, tour à tour la famille des fibrates, puis celle des statines). D'autres laboratoires commercialisent ensuite des médicaments de cette famille : ce ne sont pas des copies conformes (on parlerait alors de génériques), mais des structures moléculaires équivalentes, aboutissant à des médicaments ayant à peu près les mêmes indications et les mêmes effets. Le laboratoire peut ainsi occuper le marché *via* des produits brevetés, même s'ils n'apportent pas grand-chose de plus sur le plan thérapeutique.

FAIRE MIEUX QU'UN... PLACEBO

Pour reconnaître ces fameux *mee too*, rien de plus facile, il suffit souvent de dresser l'oreille : sumatriptan, zolmitriptan, naratriptan et élétriptan... tous ces produits sont des antimigraineux de la classe des triptans qui se valent à peu de choses près : selon les études de *Prescrire*, le risque de récurrence de la crise migraineuse est juste moins grand avec le naratriptan (mais il agit plus lentement), tandis que l'élétriptan engendre plus d'effets secondaires, etc. Autre exemple : dans le seul domaine de l'hypertension, il existe au moins douze inhibiteurs de l'enzyme de conversion. "*Mais le patient n'y trouve aucun supplément d'intérêt tangible : les plus récents de ces inhibiteurs ne sont pas plus efficaces les uns que les autres et n'entraînent pas moins d'effets indésirables*", explique Bruno Toussaint.

Plus un marché est large (l'hypertension, la ménopause, etc.), plus le nombre de firmes à vouloir se le partager est grand. Or, pour obtenir l'AMM, un médicament n'est pas contraint de faire mieux qu'un traitement existant : il doit simplement prouver qu'il fait aussi bien qu'un... placebo (voir "Jargon"), sans exposer à trop d'effets indésirables. Bref, il suffit qu'il ait été comparé à un placebo. "*On ne connaît donc pas toujours leur efficacité, ce qui est un problème majeur*, souligne le Pr Claude Béraud, conseiller médical du président de la Mutualité française. *Aucun laboratoire, ni aucune agence du médicament, même au niveau européen, ne veut entendre parler d'une mesure de la valeur ajoutée des produits, pourtant réclamée par les organismes payeurs (assurance maladie et mutuelles)*". D'où la profusion de *me too*...

Que doit-on faire de tous ces médicaments dont les "juges" de l'innovation eux-mêmes estiment qu'ils n'apportent, au mieux, qu'une amélioration mineure des traitements ? "*Si vous tuez les* me too, *vous tuez les laboratoires, qui ne peuvent pas vivre*

LE COUP DE POUCE DU MINISTRE AUX FIRMES



< Jean-François Mattei, ministre de la Santé.

Peu après avoir été nommé ministre de la Santé, Jean-François Mattei a prévu que les laboratoires fixent eux-mêmes le prix des médicaments innovants et, à moins d'un refus du Comité économique du médicament (voir infographie, p. 50), ce prix sera celui remboursé par la Sécurité sociale. Cette mesure devait entraîner une hausse des tarifs des médicaments innovants de 20 %, ce qui les alignerait de ce fait sur les tarifs les plus élevés pratiqués en Europe (Grande-Bretagne et Allemagne). La mesure est destinée à freiner les trafics liés à la différence des prix des médicaments en Europe, tout en permettant aux patients d'accéder plus rapidement aux nouveaux produits. Elle permet aussi de compenser le fait que le gouvernement a pris certaines mesures à l'automne 2002 pour favoriser les génériques et qu'il souhaite, par ailleurs, dérembourser les médicaments jugés d'intérêt thérapeutique "insuffisant" (voir article suivant). Pour les industriels, il s'agit donc que le critère d'innovation soit le plus large possible.
Si l'on s'en tient aux critères officiels, seuls seraient concernés



DANS NOTRE GUIDE, 33 MÉDICAMENTS ONT UNE "EFFICACITÉ NON DÉMONTRÉE"

Quand l'effet placebo creuse le trou de la Sécu

L'efficacité thérapeutique serait-elle une notion relative ? La question se pose quand nombre de produits aujourd'hui remboursés par l'Assurance maladie ne font pas plus d'effet qu'un... placebo. Un moindre mal pour le plus grand bien de l'industrie ?

Rien ne les distingue *a priori* des autres, et pourtant : si on compare leur effet thérapeutique avec celui d'un placebo, on ne voit pas vraiment de différence ! Ce qui n'empêche pas les patients de les consommer et de ne pas s'en porter plus mal, voire mieux. Autant dire qu'ils sont un véritable défi à la rationalité clinique. "Ils" ? Ce sont les médicaments dont le service médical rendu (SMR) est jugé officiellement "*insuffisant*" par les experts de la Commission de la transparence. Sa mission est de fournir, notamment aux ministres chargés de la Santé et de la Sécurité sociale, un avis sur l'intérêt d'un médicament en le comparant aux médicaments existants. Dans notre guide (voir fiches, p. 68), nous avons repéré 19 de ces SMR insuffisants. A commencer par les veinotoniques (contre les jambes lourdes et les hémorroïdes) et les vasodilatateurs (contre l'insuffisance cardiaque chronique ou aiguë, l'hypertension artérielle, etc.), mais aussi des traitements contre les troubles digestifs, oculaires, la toux, l'anxiété, les carences en magnésium, etc.

LE CAS D'ÉCOLE

SPASFON : REMBOURSÉ ET MÊME GÉNÉRIQUÉ !

Mis sur le marché il y a trente-huit ans, ce médicament du laboratoire Lafon censé soulager les douleurs intestinales n'est guère vendu qu'en France, au Mexique, en Italie et en Belgique. Il n'a pas d'effet thérapeutique scientifiquement démontré. Pourtant, son déremboursement n'est pas prévu, et il est même "génériqué" !

→ *"Une forte demande en consultation de ville, une offre importante du nombre de spécialités soutenue par une promotion active des industriels et un statut de médicament remboursable expliquent cette spécialité française."*

DE QUELLE EFFICACITÉ S'AGIT-IL ?

Le laboratoire Servier défend malgré tout un produit comme le Daflon, un veinotonique avec lequel il réalise 14 % de son chiffre d'affaires mondial. *"La plus haute autorité phlébologique nord-américaine, le Venous Forum, vient de montrer l'intérêt de tels produits en complément de la prise en charge thérapeutique classique"*, explique le responsable de la communication. Certes, l'auteur de la synthèse du Venous Forum (3) estime, à propos du Daflon, que *"plusieurs études rapportent son efficacité sur l'œdème"* ; mais il rappelle qu'*"aucun médicament n'a fait preuve de sa capacité à faire disparaître les varices"*. Et d'ajouter : *"Les traitements médicamenteux de l'insuffisance veineuse disponibles sont moins efficaces que les traitements par compression ou la chirurgie, et ils doivent toujours être utilisés en complément de la prise en charge thérapeutique et non comme traitement isolé"*. De quoi relativiser la notion d'efficacité thérapeutique…



Chez Servier, on se défend en laissant entendre que si les veinotoniques ne sont plus remboursés, *"les médecins risquent de transférer ces prescriptions vers des médicaments qui ne correspondent pas à la pathologie qu'ils doivent soulager"*. Mieux encore : *"Si les praticiens ne peuvent plus proposer un traitement contre les hémorroïdes, les symptômes de cette affection étant parfois les mêmes que ceux du cancer du colon, ces cancers ne seront plus dépistés."* Démontrer l'intérêt des veinotoniques ressemble parfois à un véritable exercice d'équilibriste.

Le scénario est à peu près le même avec les vasodilatateurs, dont l'Observatoire estime également que les *"effets ne sont pas démontrés"*. Mais ils sont aussi des spécialités françaises, avec 30 % des ventes mondiales réalisées dans l'Hexagone. Cela étant, parmi les médicaments dont le SMR est jugé insuffisant, ceux qui traitent des carences en magnésium font exception : leur efficacité a été démontrée pour les carences sévères, susceptibles d'entraîner des crises de tétanie, une pathologie rare en Europe. Toutefois, ce traitement est massivement prescrit à

LES MÉDICAMENTS HOMÉOPATHIQUES BÉNÉFICIENT D'UN RÉGIME "ALLÉGÉ"

Les 1 163 spécialités homéopathiques remboursées par la Sécurité sociale au taux de 65 % n'ont pas eu à faire la preuve de leur efficacité thérapeutique. En effet, pour être commercialisé et remboursé, le médicament homéopathique n'a besoin que d'une AMM (autorisation de mise sur le marché) "allégée" : le laboratoire est dispensé d'essais cliniques, le traitement devant juste avoir fait preuve de son innocuité, mais pas de son efficacité. *"Nous sommes cependant tenus de fournir des références bibliographiques de valeur scientifique*, explique le responsable de la communication des laboratoires Boiron. *Ce peut être, par exemple, l'article d'un médecin qui a pu empiriquement juger de l'efficacité du médicament."* Pourquoi un tel régime d'exception ? Il préserve les emplois dans une industrie homéopathique dominée au plan mondial, justement, par le laboratoire français Boiron. Et permet de soigner des patients qui s'en trouvent bien à des prix inférieurs à ceux des médicaments allopathiques.



^Pour promouvoir un médicament pour l'œil, un laboratoire demanda en 2001 à l'actrice Lauren Bacall de l'évoquer à la télévision.

TIB R. MECEA/AP/NOVARTIS OPHTALMICS

des personnes qui n'en ont pas besoin ! "*Selon l'étude SuViMax (4), 20 % des Français souffrent de carences chroniques marginales en magnésium*, explique le Pr Yves Raissiguier, directeur de recherche au centre de nutrition humaine de l'Inra de Clermont-Ferrand, *quasiment toutes dues à un défaut d'alimentation.*" Pour y remédier, il faut manger des céréales, du chocolat, des fruits secs… plus efficaces qu'un comprimé, dont l'effet est ponctuel, mais non remboursés…

Le confort psychologique doit-il être pris en compte par la Sécurité sociale ?

"SI CERTAINS SE SENTENT MIEUX"

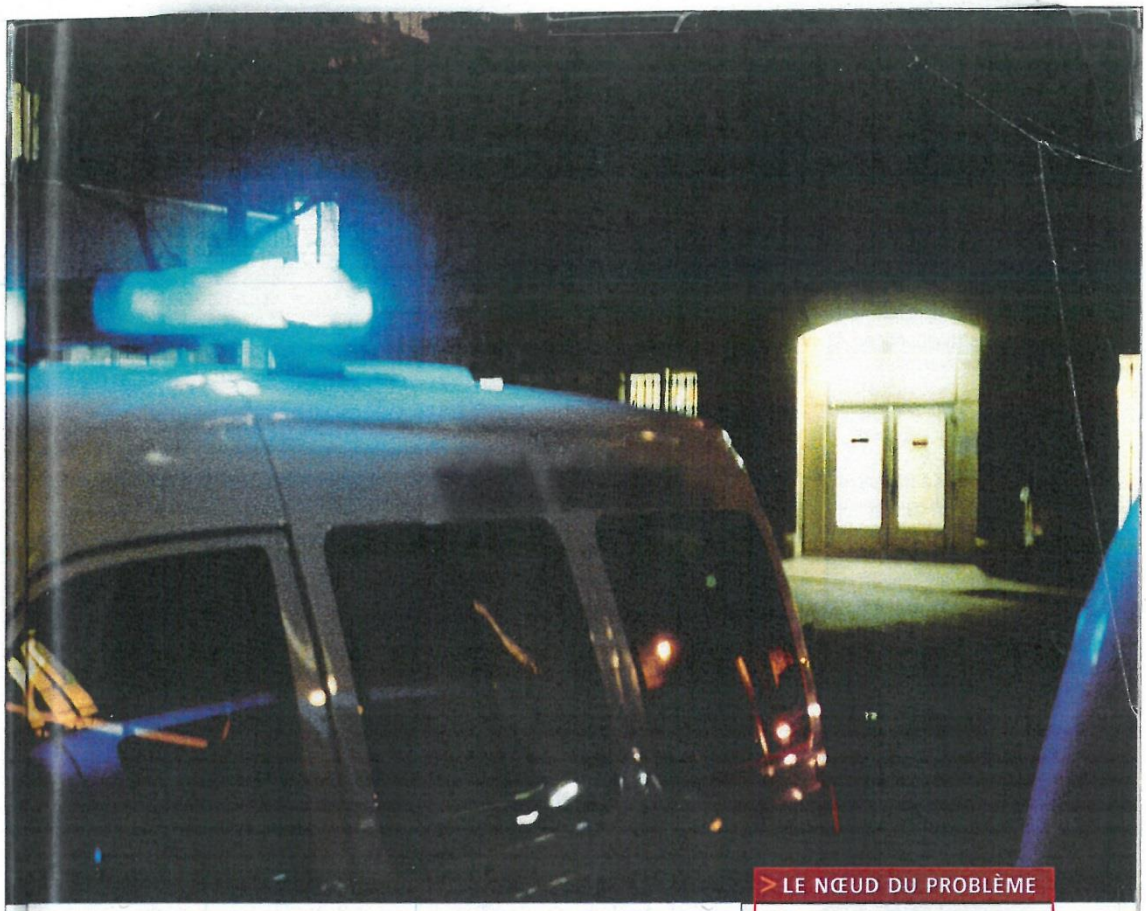
Il n'empêche ! Les médecins continuent de prescrire ces produits et les patients semblent se porter mieux. Par quel miracle ? La réponse tient sans doute à… l'effet placebo, justement, qui a cette vertu de guérir par la seule certitude que le traitement pris est efficace. Certes, d'une étude à l'autre, les chercheurs ne trouvent pas les mêmes taux de succès des placebos : de 46 % à 73 % pour les maux de tête, de 14 % à 84 % pour les rhumatismes ; mais il a été démontré que "*plus ça pique, plus c'est efficace*" (voir *Science & Vie* n° 1018, juillet 2002), que la couleur, le goût des gélules et même la relation avec le médecin comptent parfois autant que le principe actif du médicament. Mais, en toute logique, la Commission de la transparence ne considère pas suffisant le service médical rendu par ces placebos. D'où le forcing des laboratoires pour changer les critères pour obtenir un bon SMR ! "*Des critères comme l'utilité sociale d'un médicament doivent entrer en ligne de compte*, estime Bernard Lemoine, vice président délégué du Leem, le syndicat de l'industrie pharmaceutique. *Dans un pays développé comme la France, on ne prend pas un médicament seulement pour soigner une affection pathologique. Si certaines patientes se sentent mieux avec des veinotoniques, pourquoi ne pas leur rembourser ?*"

L'industrie pharmaceutique semble ici avoir été entendue par le gouvernement. A partir de juillet 2003, la Commission de la transparence doit évaluer une nouvelle fois la plus grande partie des médicaments d'abord jugés "insuffisants". Une commission entièrement recomposée puisqu'elle devrait dorénavant compter parmi ses membres plus de médecins de ville, "*mieux à même de comprendre l'intérêt de ces médicaments de confort*", explique Bernard Lemoine. De quoi susciter, chez les laboratoires, un dernier petit espoir d'échapper au déremboursement. ▮

(1) Réalisée par Rhone-Poulenc-Rorer et citée par l'Observatoire national des prescriptions et des consommations des médicaments en mars 1999.
(2) Idem.
(3) Philip Coleridge Smith, extrait de *American Venous Forum*, 2e édition, 2001.
(4) www.suvimax.org/fr.

DÉREMBOURSER ? PAS SI SIMPLE…

Le fait qu'un médicament soit remboursé par la Sécurité sociale n'est pas définitif. Il est en général demandé par les pouvoirs publics parce que son "service médical rendu" (SMR) est jugé insuffisant. Le gouvernement Jospin en avait décidé ainsi en juin 2001, après que l'Afssaps (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé) a infligé ce jugement à 835 médicaments. Mais, constatant que ces produits sont essentiellement des spécialités de laboratoires français, le gouvernement s'est contenté de baisser les prix et les taux de remboursement de certains d'entre eux. En septembre 2002, le ministre de la Santé, Jean-François Mattei, est revenu à la charge en annonçant une nouvelle vague de déremboursement devant être échelonnée pendant trois ans… avant de reculer, pour décider que le SMR d'une partie des médicaments visés serait soumis à un nouvel examen de la Commission de la transparence. En l'occurrence, tous ceux commercialisés avant 1999. Les laboratoires ont cependant la possibilité de contester le verdict de déremboursement. Ainsi, les vasodilatateurs cérébraux, spécificité des laboratoires français, ont obtenu un an de sursis avant de voir leur remboursement passer de 65 % à 35 % par décision ministérielle. A noter qu'un laboratoire peut demander le déremboursement, s'il souhaite faire de la publicité grand public sur ce produit, ce qui suppose qu'il ne soit plus soumis à prescription.



J. GOLDSTEIN/L'ŒIL PUBLIC HÔTEL-DIEU/ASSISTANCE PUBLIQUE-HÔPITAUX DE PARIS

nuer... Car c'est un fait, il ne se passe de mois sans qu'une "affaire" ne vienne rappeler aux médecins et aux patients que les médicaments sont conçus pour soigner, mais qu'ils peuvent également rendre malade, et même parfois tuer.

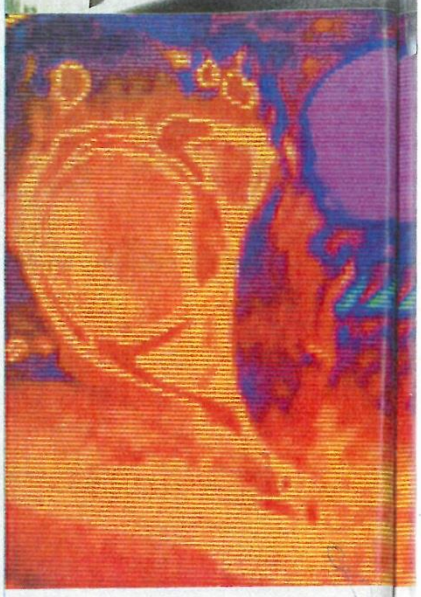
9 % N'Y SURVIVRAIENT PAS !

En France, le nombre de personnes hospitalisées pour un accident médicamenteux (on parle "d'effet iatrogène", c'est-à-dire lié à la substance active même du médicament) est estimé à 140 000 par an, dont 9 % n'y survivraient pas, selon une étude de Haramburu & Co (1). Une situation qui génère une véritable loi du silence, que n'hésite pas à transgresser le Pr Claude Béraud (2), conseiller médical du président de la Mutualité française et ancien vice-président de la Commission de la transparence, l'organisme chargé d'évaluer l'intérêt thérapeutique des médicaments en France: "*La mortalité liée aux effets indésirables des médicaments est très probablement supérieure à la mortalité due aux accidents de la route.*" Invraisemblable ? Nullement, si l'on additionne toutes les raisons pour lesquelles un médicament peut se révéler dangereux: effets indésirables, association néfaste avec un autre médicament, erreurs de prescription...

Ainsi, la première cause d'accident médicamenteux implique les effets indésirables, qui peuvent ou non avoir été rencontrés lors des essais cliniques, mais dont on ne peut savoir au moment d'administrer le traitement à un patient si celui ne risque pas de souffrir de cet effet. "*Nous avons étudié les motifs d'hospitalisation de 3 137 malades séjournant dans les services de* →

> LE NŒUD DU PROBLÈME

Il est des portes ouvertes que l'on ne doit pas s'empêcher d'enfoncer : on ne le répétera jamais assez, les médicaments ne sont pas des produits de consommation comme les autres. A la vérité, ils sont tous potentiellement "dangereux". Ainsi l'aspirine, par exemple. Médicament connu et reconnu s'il en est, d'une efficacité thérapeutique indiscutable, l'ingestion d'aspirine peut provoquer, dans certains cas, et auprès de certains sujets des effets secondaires d'une extrême gravité. Pour autant, nous ne l'avons pas classé parmi les médicaments "suspects, voire dangereux" de notre guide. Pourquoi ? Parce que les bénéfices thérapeutiques que l'on peut en attendre sont indiscutablement supérieurs aux risques liés à sa prescription. A la différence des quelques médicaments affublés d'une pastille rouge dans les pages qui suivent.



LE CAS D'ÉCOLE

THALIDOMIDE : UN DÉRAPAGE HISTORIQUE

Prescrite aux femmes enceintes à partir de 1957, en Allemagne de l'Ouest, puis commercialisée dans 46 pays, la Thalidomide, censée combattre les symptômes associés à la nausée, a causé des malformations congénitales terribles chez de 10 000 à 20 000 enfants à travers le monde. La malformation la plus souvent associée à la Thalidomide est la phacomélie : les mains ou les pieds, sinon les deux, prennent racine à l'articulation principale (épaule ou hanche), comme les palmes d'un phoque. Retiré du marché en 1961, ce médicament a été à nouveau autorisé sous conditions de surveillance très strictes, depuis 1998, aux Etats-Unis comme traitement de la lèpre et de certains cancers.

→ *médecine de 33 hôpitaux, services d'urgence exclus,* explique Françoise Haramburu, responsable du centre régional de pharmacovigilance de Bordeaux (3). *Cent malades avaient été hospitalisés pour une durée moyenne de 8 jours, à cause des médicaments qu'ils avaient pris. Dans tous les cas, l'hospitalisation faisait suite à un effet indésirable. Les résultats de cette enquête sont parfaitement cohérents avec d'autres études faites en France et dans le monde. Et l'on peut dire, sans grande marge d'erreur, que 3 % des malades hospitalisés le sont à cause d'un effet indésirable médicamenteux.*" Dans les traitements de nombreuses pathologies graves comme les cancers ou le sida, les praticiens savent que de tels effets risquent de survenir, mais ils n'ont guère le choix si le bénéfice escompté pour le patient est réellement supérieur au risque encouru.

INTERACTIONS DANGEREUSES

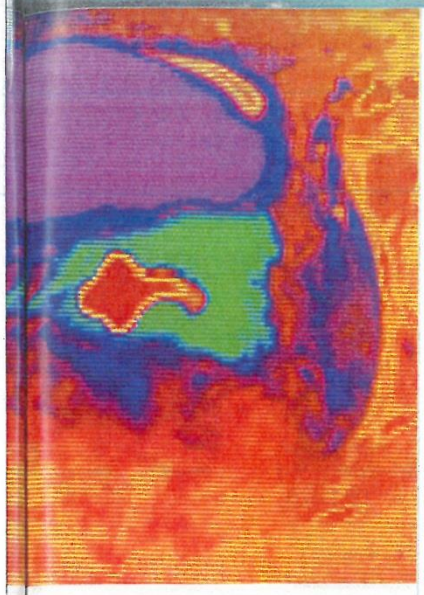
Reste que la situation peut, exceptionnellement, devenir dramatique : lorsque le bénéfice apporté par le médicament est nul, alors que les effets indésirables potentiels sont graves. Le cas du Distilbène est ici emblématique : censé prévenir les fausses couches, il fut prescrit dans les années 60-70 à des millions de femmes enceintes dans le monde et, en France, quelque 160 000 enfants furent ainsi exposés dans le ventre de leur mère à ce traitement dont, dès 1953, une étude montrait pourtant qu'il était inefficace. Or, le Distilbène entraîna, surtout chez les filles, cancers, stérilités et anomalies anatomiques, et ce, jusqu'à la deuxième génération, puisque les petits enfants des femmes traitées peuvent être atteints ! La nocivité du produit ne fut totalement admise qu'en 1971 et celui-ci fut aussitôt retiré de la vente aux Etats-Unis. En France, l'arrêt de commercialisation n'intervint qu'en 1976…



< Ces deux médicaments furent retirés de la vente en 2001.

UNE ASSOCIATION MÉDICAMENTEUSE

La récente affaire de l'anticholestérol de Bayer pose, de façon exemplaire, le problème des effets secondaires de nouveaux médicaments prescrits dans l'enthousiasme à des millions de personnes dans le monde, alors qu'on connaît encore mal leurs effets secondaires. Vendue sous les noms de Staltor et de Cholstat en France, cette cérivastatine (médicament de la famille des statines) a été retirée précipitamment du marché mondial le 8 août 2001. Bayer expliquait alors que 1 100 patients avaient souffert de rabdomyolyse (grave lésion musculaire) et que 52 personnes en étaient même décédées ! Depuis, 7 500 plaintes ont été déposées, et on estime le nombre de morts à une centaine… Dans un tiers des cas environ, ces accidents seraient survenus alors que les patients, outre la cérivastatine, prenaient un autre médicament contre le cholestérol,



M. KULYK/SPL/COSMOS - F. REGLAIN/GAMMA - T.I.B.

< A l'instar de ce cancer du col de l'utérus (en vert), les effets indésirables causés par le Distilbène furent catastrophiques.

L'association d'un médicament avec un autre apparaît la seconde grande cause des accidents médicamenteux. Par exemple, il est déconseillé de prendre de l'aspirine quand on suit déjà un traitement anticoagulant (risque d'hémorragie). Pourtant, de telles associations dangereuses semblent fréquentes, comme l'a démontré une étude menée dans le Nord-Pas-de-Calais : 3 145 "*associations médicamenteuses formellement contre-indiquées*" (AFCI) y furent repérées parmi 5 millions d'ordonnances établies (4). Elles concernaient 2 110 patients et 2 923 ordonnances… Il faut dire qu'au-delà de trois médicaments sur une prescription, il devient très difficile de prévoir les effets des interactions. De plus, les patients cumulent parfois des visites chez plusieurs praticiens, sans forcément notifier aux uns et aux autres les médicaments prescrits par ailleurs… Faute d'avoir accepté le principe du carnet de santé, destiné à suivre le patient et qui, seul, permet de veiller que des prescriptions n'interfèrent par entre elles, les malades s'exposent à ces interactions.

LES POSOLOGIES MAXIMALES LARGEMENT DÉPASSÉES !

Enfin, nombre d'accidents se produisent lorsque le médicament n'est pas prescrit à bon escient : par exemple à des doses trop fortes ou sur une trop longue durée. Eloquente est ici l'enquête menée par le Centre de recherche, d'étude et de documentation en économie de la santé (Credes) auprès de 33 000 patients prenant du Tranxène, du Nordaz ou du Rohypnol, des tranquillisants à base de benzodiazépines, dont 5 millions de boîtes se sont vendues en 2000 ! Résultat : plus de 36 % des patients avaient dépassé les posologies maximales, consommant

FATALE

le Lipur (gemfibrozil), dont l'association était pourtant fortement contre-indiquée. Mais quel était l'avantage de la cérivastatine sur les autres statines ? Aucun, si l'on en croit la revue *Prescrire* qui, dès 1998, déconseillait son usage au motif qu'elle faisait partie des statines sans efficacité démontrée en prévention des maladies cardiovasculaires, au contraire d'autres statines, comme la pravastatine (Elisor, Vasten) et la simvastatine (Lodalès et Zocor). *Prescrire* indiquait alors que le dossier d'évaluation clinique de ce médicament était limité et ne prouvait en rien que les effets indésirables n'étaient pas plus importants qu'avec les autres statines. Bref, un parfait exemple de *me too* (lire article p. 49) sans intérêt particulier démontré, souvent prescrit avec le Lipur, association fortement déconseillée et dont les effets secondaires se sont révélés extrêmement graves…

> QUE DIT LA LOI

Depuis la loi sur "les droits des malades et la qualité du système de santé" (loi Kouchner du 4 mars 2002), le patient peut avoir directement accès à son dossier médical et l'indemnisation des victimes de fautes ou d'accidents médicaux est facilitée : toute personne s'estimant victime d'un accident médical, d'une infection iatrogène (provoquée par le médecin ou par le traitement médical) ou d'une infection nosocomiale (contractée à l'hôpital) peut saisir l'une des 22 commissions régionales de conciliation et d'indemnisation. Ces commissions, qui disposent de leurs propres experts judiciaires, tentent de régler les litiges à l'amiable, évitant que le patient soit obligé de recourir à une procédure judiciaire longue et coûteuse. Si le dommage est d'une extrême gravité, directement imputable à un acte de prévention, de diagnostic ou de soins, le malade peut bénéficier d'une indemnisation prélevée sur un fonds spécifiquement créé, il y a quelques mois, à cet effet. Dans les faits, les commissions tardent à se mettre en place et l'application de la loi promet d'être difficile. Seules quatre commissions (Paris, Lille, Lyon et Marseille) sont actuellement en cours de création. Reste que différentes associations s'occupent d'aider dans leurs démarches les malades victimes d'accidents thérapeutiques. En voici deux : la Ligue de défense des droits des malades (Lidème : 01 40 34 25 37 ; asso.lideme.free.fr) et l'Association d'aide aux victimes des accidents des médicaments (AAAVAM, 01 41 10 87 00).

LE CAS D'ÉCOLE

CELEBREX : UNE "FRAUDE SCIENTIFIQUE"

Le Celebrex est un anti-inflammatoire d'une nouvelle classe appelée Cox2. Il a été mis sur le marché français en 2000. Le laboratoire fabricant Pharmacia avait axé sa campagne de promotion sur le fait que ce médicament présentait moins d'effets secondaires que les anti-inflammatoires classiques. Ce qui s'est révélé faux. Pharmacia a été accusé de "fraude scientifique" dans un article du BMJ (*British Medical Journal*), à la suite d'une analyse détaillée des données mises à disposition par l'Agence américaine du médicament, la FDA (Food and Drug Administration). La Commission de la transparence réexamine actuellement son dossier. Reste que le laboratoire MSD Chibret, qui met sur le marché au même moment un autre anti-inflammatoire équivalent, le Vioxx, n'est guère plus rigoureux. En décembre 2002, la revue *Prescrire* estimait en effet que les essais visant à comparer les effets indésirables du Vioxx à ceux des anti-inflammatoires classiques avaient été biaisés : les traitements de référence étaient toujours utilisés, dans l'essai, à leur dose maximale recommandée, avec donc plus de risques d'effets indésirables, alors que la fourchette posologique était plus large pour le Vioxx : à des doses moins élevées, il bénéficiait d'un avantage certain !

→ trois fois plus de produit que la dose recommandée par les médecins, tandis que les durées de traitement étaient dépassées dans près de la moitié des cas (5) ! En fait, ces patients étaient devenus dépendants à des produits non dénués d'effets secondaires : les benzodiazépines entraînent des somnolences parfois fatales, par exemple au volant, ou favorisent un passage à l'acte suicidaire. Si, depuis le 14 janvier 2000, ce risque figure sur la notice des benzodiazépines, c'est grâce à l'obstination d'une association de victimes (6) qui le dénonçait depuis… 1994.

Face à cette avalanche d'effets pathogènes, comment réagir ? En 1998, les autorités de santé publique se fixaient une priorité : réduire d'un tiers en cinq ans le risque iatrogène des médicaments. L'objectif est-il réaliste ? "*Pour l'atteindre, il faudrait d'abord que tout le monde soit conscient du problème*, estime le Pr Claude Béraud. *Or, assez bien connues en milieu hospitalier, les erreurs médicamenteuses sont encore largement ignorées en médecine de ville. Elles ne sont ni recherchées ni répertoriées. Il existe un contraste étonnant entre l'absence de rigueur dans les activités médicales et l'attention dont font preuve les employés des compagnies d'aviation ou de l'industrie nucléaire, par exemple.*"

VERS UN SUIVI DES PATIENTS ?

Certaines actions de prévention ont toutefois été mises en place. Ainsi, l'Afssaps a décidé de s'attaquer au problème des anticoagulants, ces médicaments très actifs qui, même aux doses habituelles, peuvent entraîner des hémorragies digestives parfois gravissimes. Le bénéfice qu'ils apportent est très réel, mais seulement s'ils sont bien pris et surveillés. "*Nous intervenons auprès des médecins et de leurs patients pour les sensibiliser aux risques de ces médicaments*, explique Françoise Haramburu. *Très prochainement, nous allons même remettre aux malades qui sont sous anticoagulant un carnet de surveillance pour mieux les suivre. Nous comptons ainsi faire reculer la morbidité et la mortalité liées à ces produits.*"



^ Les essais de médicaments sont effectués sur des volontaires qui ne présentent aucun risque de complications... *a priori*.

> Depuis 1994, grâce à une association de victimes, toutes les benzodiazépines affichent ce commentaire dans le *Vidal*.

Si, dans ce cas, les effets secondaires sont connus pour être anticipés, les choses se compliquent dès qu'il s'agit de traitements dont les mécanismes d'action demeurent mystérieux. Car malgré les nombreux essais cliniques sur l'homme, on ne connaît le pouvoir d'action et de nuisance d'un médicament que lorsqu'il est utilisé en condition réelle. C'est-à-dire sur des patients qui ne sont pas inclus dans les essais cliniques, soit qu'ils soient trop âgés, soit qu'ils souffrent de plusieurs pathologies, soit qu'il s'agisse de femmes risquant d'être enceintes. Voici qui repose le problème de l'innovation et du critère de progrès thérapeutique : un médicament nouveau ne devrait être prescrit que lorsqu'il apporte un bénéfice indiscutable par rapport aux produits

Le GUIDE de SCIENCE & VIE

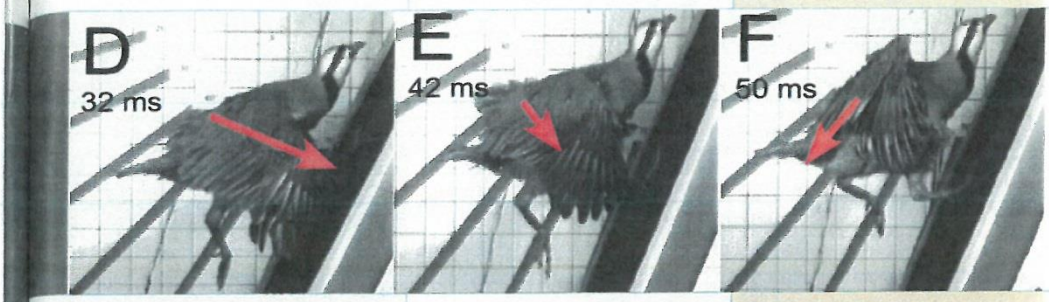
200 médicaments passés au crible

Ils ne représentent que 4,5 % des médicaments pris en charge par l'Assurance maladie, mais 60 % des demandes de remboursement. Très utilisés, donc, ils méritaient d'être mis à l'épreuve de la critique.

Les deux cents produits pharmaceutiques analysés dans ce guide sont les premiers médicaments remboursés par l'Assurance maladie. Concrètement, ils ne représentent que 4,5 % des 4490 médicaments pris en charge… mais 60 % du montant total des demandes de remboursement ! Cela étant, que valent-ils vraiment sur le plan thérapeutique ? Remplissent-ils les critères d'évaluation les plus rigoureux qu'on puisse exiger de produits de santé ? Apportent-ils un bénéfice notable par rapport à d'autres, plus anciens et souvent moins chers ? Pour répondre à ces questions, qui concernent aussi bien le patient que le médecin, nous avons mené une minutieuse enquête documentaire dont l'essentiel se trouve résumé dans les commentaires qui accompagnent chaque fiche de ce guide. Mais qu'on ne s'y trompe pas : ce guide n'est pas destiné à l'automédication. D'ailleurs, aucun classement par pathologies ou par symptômes n'est là pour l'encourager. Il s'agit simplement d'informer sur ces produits que chacun consomme sans pouvoir les choisir directement. Et d'informer hors de l'influence de ceux qui les vendent.

NOS PRINCIPALES SOURCES

Pour réaliser les commentaires des fiches de ce guide, nous nous sommes référés à l'Afssaps (Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé), à la Commission de la transparence, à la Cnam, au *Vidal* (dictionnaire des médicaments à l'usage des médecins rédigé avec les laboratoires), à *The Complete Drug Reference* (ouvrage britannique et référence mondiale en thérapeutique médicamenteuse) et aux articles parus dans le mensuel *Prescrire*, publié par des médecins et des pharmaciens soucieux d'une information fiable et indépendante des laboratoires (**www.prescrire.org**).



ayant perdu deux, il n'existe aucun exemple d'animaux à deux ailes gagnant une paire supplémentaire…" Plus prudent, Jeremy Rayner, professeur de zoologie et expert du vol des oiseaux à l'université de Leeds, au Royaume-Uni, fait observer que *"la révolution qu'apportèrent les plumes aux dromæosaures a pu encourager la multiplication de nouvelles espèces. De là à placer telle ou telle de ces 'expériences' évolutives avant une autre…"*

À L'ÉPREUVE DES ULTRAVIOLETS

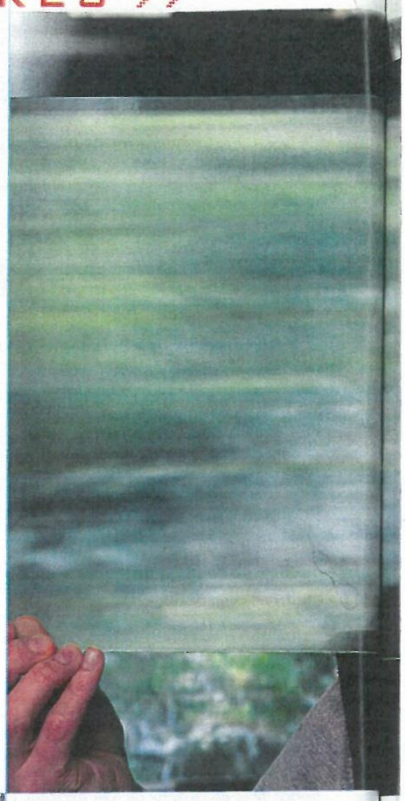
Archæopteryx permettrait-il de confirmer la thèse de Beebe? *"Dès l'annonce de la découverte de* Microraptor, *je me suis précipité pour revoir le fossile,* raconte David Unwin, paléontologue au Museum d'histoire naturelle de Berlin. *On voit bien des traces de plumes potentielles près des membres postérieurs. Mais les attaches sont invisibles et il est impossible de dire si ces plumes étaient fixées aux pattes ou aux ailes."* Beebe aurait-il rêvé? David Unwin ne le croit pas: *"Un dessin de la fin du XIXe siècle montre des plumes pelviennes plus visibles. Et d'autres écrits, cités par Beebe, les signalent aussi. Le fossile pourrait avoir souffert des multiples préparations qu'il a subies… Une photo sous éclairage ultraviolet devrait nous permettre d'en savoir plus d'ici à cet été."*

A supposer qu'*Archæopteryx* puisse encore livrer des secrets, le débat se poursuit sur un tout autre terrain: celui de la biomécanique. Car un animal à quatre ailes serait une première chez les vertébrés. Même si l'animal lui semble vraisemblable, Jeremy Rainer reste circonspect: *"Une aile arrière à angle droit avec le bassin, comme la dépeint Xing Xu, semble incompatible avec ce que nous savons des articulations chez les dromæosaures et les oiseaux."* Or, cette compatibilité est essentielle pour valider la thèse de la forme intermédiaire, insiste Kevin Padian, professeur de biologie, conservateur du Museum de paléontologie de l'université de Berkeley, en Californie: *"Si l'aile pelvienne ne peut se positionner parallèlement à l'aile avant, elle n'est d'aucune utilité aérodynamique. Dans ce cas, elle ne permettrait pas un vol plané et servirait au mieux de parachute. Et si l'articulation des membres inférieurs est différente de celle des dinosaures et des oiseaux, elle n'est d'aucune utilité pour l'évolution du vol, car aucun oiseau n'en a hérité ni n'emploie ses membres postérieurs pour voler!"* Avant toute conclusion formelle sur un animal à quatre ailes, Kevin Padian exige un examen approfondi des fossiles: *"Nous ne sommes même pas certains que les plumes observées entre les pattes du fossile y sont bien fixées: les attaches n'apparaissent pas sur les photos."* Pour lui, seule une reconstruction et une simulation aérodynamique complète de l'animal permettra de vérifier si celui-ci était effectivement le planeur présenté par les chercheurs chinois! Voilà qui pourrait prendre du temps. Mais après tout, *Microraptor gui* attendait déjà depuis 125 millions d'années. ▮

K. DIAL/UNIV. OF MONTANA

LE STADE DE LA COURSE INCLINÉE

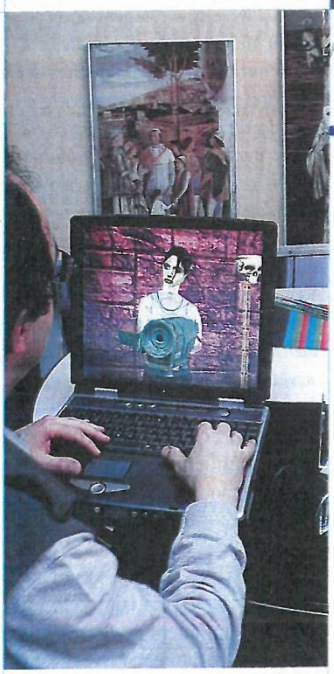
Quelques jours avant l'annonce de la découverte de *Microraptor gui*, l'ornithologue américain Kenneth Dial révélait comment il avait découvert une séquence de mouvements encore jamais observée chez les oiseaux. *"Pour courir sur des pentes très inclinées, les perdreaux que j'ai étudiés se servent de leurs ailerons non pas pour s'élever mais pour augmenter l'adhérence de leurs pattes, comme les ailerons d'une Formule 1 plaquent les roues au sol,* explique-t-il. *Les oiseaux escaladent ainsi des plans inclinés jusqu'à 105°!"* Après avoir vérifié que les performances des oisillons étaient proportionnelles à la longueur de leurs plumes alaires, Kenneth Dial a émis l'hypothèse que cette "course inclinée" aurait représenté un stade préliminaire vers le vol: en grimpant des obstacles quasi verticaux, de petits dinosaures amélioraient leurs chances face aux proies et aux chasseurs. Puis les moignons d'ailes auraient contrôlé des sauts de plus en plus prolongés… Cette hypothèse intermédiaire entre le "vol arboricole" et le "vol issu de la course" a éveillé un grand intérêt chez les paléontologues. *"Remarquable travail empirique aux implications théoriques importantes,* résume Richard Prum, professeur de biologie de l'évolution à l'université du Kansas. *Mais une théorie élaborée à partir d'animaux récents ne remplace pas les enseignements tirés des fossiles."*



La télé 3D n'est plus une utopie

Le rêve de voir en relief des programmes audiovisuels sans lunettes spéciales est en passe de devenir réalité. Car après des années d'efforts, un Parisien vient de rendre sa technologie, baptisée Alioscopy, compatible avec tous les films déjà tournés en relief.

Par Pierre Grumberg



> Il suffira d'un pilote destiné à la carte graphique du PC pour faire tourner des jeux en relief.

Grace Kelly décroche le combiné du téléphone. Derrière elle, Anthony Dawson s'avance à pas feutrés. Il se jette sur elle et on ne voit plus que la main de la jeune femme qui tâtonne désespérément sur le bureau, empoigne une paire de ciseaux posée au premier plan… L'effet de relief est saisissant : le spectateur a l'impression que son bras jaillit de l'écran pour brandir la paire de ciseaux ! Cette célèbre scène en trois dimensions, tirée du film *Le crime était presque parfait* d'Alfred Hitchcock, est impeccable. En plus, elle se regarde dans les meilleures conditions possibles. En effet, nul besoin de lunettes, comme au cinéma. Pour percevoir le relief, désormais, il suffit de placer devant un écran LCD (ou plasma) un réseau lenticulaire. "*Son principe s'inspire directement des cartes postales en relief bien connues*, explique Pierre Allio, inventeur parisien du procédé breveté,



1 Le volume se constitue par passes successives
Couche par couche, le capillaire sanguin se forme. Le gel, maintenu à 32 °C, est à l'état solide, ce qui empêche la structure cellulaire, encore liquide, de s'effondrer au fur et à mesure de son édification.



2 Le tissu est définitivement formé
Les cellules se lient entre elles et la structure se consolide. On abaisse la température de l'ensemble à 20 °C, ce qui provoque la liquéfaction du gel. Il libère alors le capillaire, qui a pris la forme souhaitée.

ILLUSTRATIONS : G. CIRADE - DR

Car dès lors, il suffirait de prélever des cellules de l'organe malade, de les multiplier en culture, puis de les utiliser pour "confectionner" l'organe en cause. L'opération se rapprocherait alors d'une autogreffe, éliminant ainsi le risque de rejet.

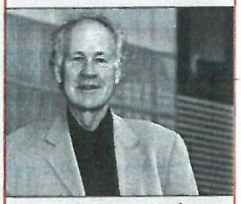
IL RESTE UN DERNIER DÉFI

Nous n'en sommes pas là. Car, par exemple, dès que l'on accroît la taille de l'organe à "imprimer", de nombreux problèmes surviennent. Le plus délicat semblant être de maintenir en vie les cellules logées au plus profond de sa masse. En effet, assemblage et, surtout, liaisons intercellulaires ne sont pas immédiats. Or, comment maintenir les cellules en vie sans système vasculaire ? Si l'imprimante est capable de créer ce dernier au fur et à mesure de l'"impression" de l'organe, ce système ne peut, en revanche, être opérationnel puisque "bouché" par le gel de maintien. Boland admet qu'il s'agit là d'un défi majeur. Mais il considère que parvenir à reconstituer des organes un jour n'est pas utopique. Il fonde ses propos sur deux arguments. D'une part, la phase d'impression devrait durer moins de deux heures, soit une durée suffisamment courte pour que les cellules survivent sans apport d'oxygène ni de nutriments. D'autre part, si la phase de consolidation de l'organe sera la plus longue, des solutions d'élimination progressive du gel sont déjà envisagées. Ainsi, en l'éliminant prioritairement des vaisseaux, il devrait être possible d'irriguer les cellules avant la constitution définitive de l'organe. Et cette phase délicate pourrait encore être améliorée par l'adjonction de substances telles que des collagènes, chargées de favoriser les liens intercellulaires.

Reste que cette étape ultime du projet, particulièrement ambitieuse, demandera sans doute plusieurs années de mise au point. Mais, s'il y parvient, Boland pourrait bien être à la transplantation d'organes ce que fut Gutenberg à la diffusion de l'écrit. ▮

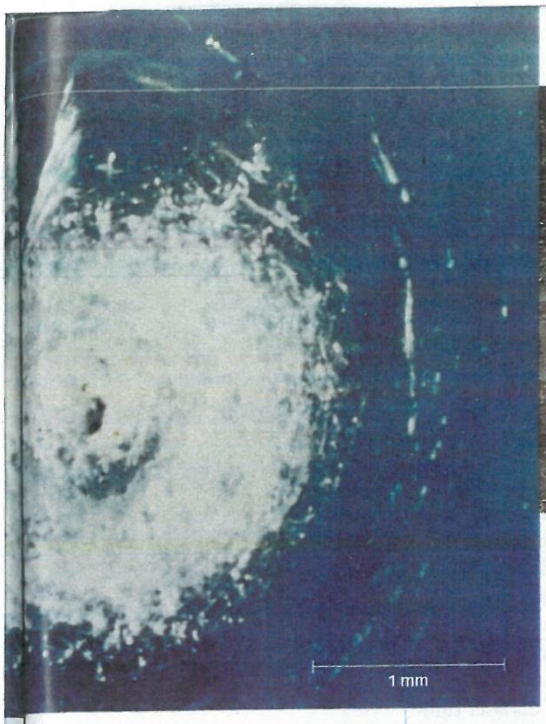
> IL EN PENSE

Dominique Stéhelin
DIRECTEUR DE L'INSTITUT DE BIOLOGIE DE LILLE

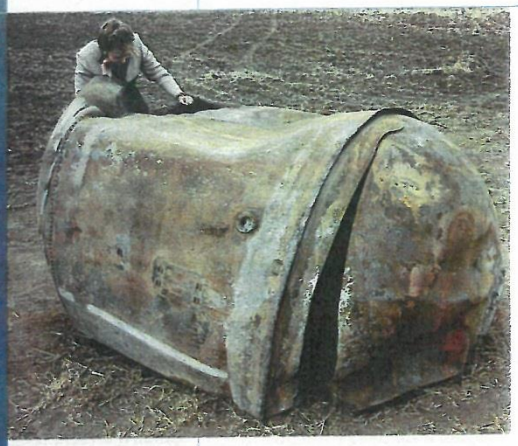


"Certains paramètres biologiques n'ont pas été pris en compte"

Ce procédé me semble particulièrement original et innovant pour ce qui est d'assembler en trois dimensions des éléments biologiques différents. Il n'existe pas, à ma connaissance, de dispositifs capables de le faire aussi simplement. Mais je suis beaucoup plus réservé dès que l'on parle de reconstruction d'un organe fonctionnel. Les cellules ne s'assemblent pas spontanément à des emplacements précis "parce qu'on les y a mises". D'autre part, une grande interrogation persiste en ce qui concerne l'obtention des masses cellulaires nécessaires. On sait cultiver certaines cellules *in vitro*, mais le temps de survie des cellules fonctionnelles normales est relativement court (quelques jours). De plus, leur potentiel de réplication est limité. Comment concilier courte durée de vie et production d'une masse cellulaire suffisante ? Il me semble que de nombreux paramètres biologiques fondamentaux n'ont pas été suffisamment pris en compte. Les obstacles à surmonter seront nombreux avant que le procédé soit médicalement exploitable, même s'il peut constituer un outil d'exploration intéressant.



NASA - SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES/UNI. OF SOUTHAMPTON



^En 1997, le réservoir d'un lanceur *Delta II* est retombé au Texas, près de Georgetown.

<Ce cratère au centre d'un hublot de la navette *Challenger* a été créé par un débris spatial en 1986.

stationnaire, une fine couronne d'une cinquantaine de kilomètres de large à 36 000 km d'altitude, sur laquelle gravitent la plupart des satellites de télécommunications. Et c'est bien sûr dans ces deux régions que sont concentrés les débris. Un réel danger pour les 540 engins spatiaux en service actuellement. Car aux vitesses auxquelles se déplacent les corps en orbite – entre 10 000 et 28 000 km/h selon leur altitude –, la moindre écaille de peinture peut avoir un effet catastrophique. Pour se faire une idée, il suffit de savoir qu'à ces vitesses, une bille d'aluminium de 1 mm a le même effet qu'une boule de billard lancée à 100 km/h ! Sans compter que chaque collision engendre une myriade de nouveaux débris, dont la masse totale peut être jusqu'à 100 fois plus grande que celle du débris initial. Autrement dit, même si l'on arrêtait aujourd'hui de lancer des satellites, le nombre de débris continuerait de croître, du seul fait des collisions.

Ironie du sort : les principales victimes de la pollution spatiale sont donc les pollueurs eux-mêmes. A savoir les agences spatiales et les opérateurs de satellites. Mais les astronautes sont, du même coup, menacés (voir encadré) et les navettes spatiales américaines doivent régulièrement manœuvrer pour éviter des objets suspects. En décembre 2001, la navette *Endeavour* a même dû faire remonter l'orbite de la station spatiale internationale de quelques kilomètres pour l'écarter de la trajectoire d'un vieux lanceur soviétique datant de 1971 ! Cela étant, les gros débris ne sont pas forcément les plus inquiétants : leur trajectoire étant suivie en permanence, on peut anticiper une éventuelle collision. A ce jour, un seul cas de télescopage entre l'un de ces objets errants et un satellite a d'ailleurs été constaté (voir Retour sur image). Quant aux tout petits débris (moins de 1 cm), on peut s'en protéger. La station spatiale internationale →



> RETOUR SUR IMAGE

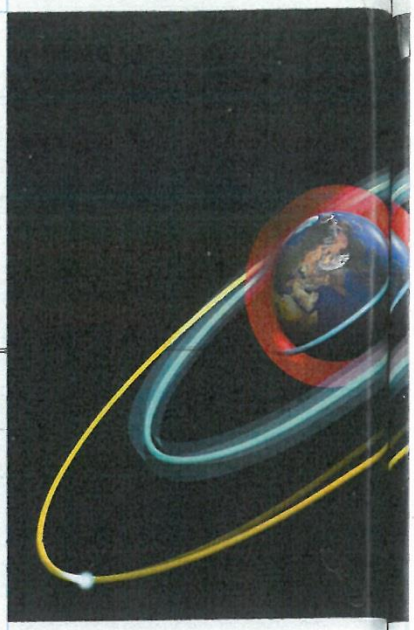
Le 24 juillet 1996, le satellite militaire français *Cerise* s'est soudainement mis à tourner sur lui-même. D'après les données radar fournies par la Défense américaine, son mât de stabilisation avait dû être heurté par un débris provenant de l'explosion d'un étage supérieur d'*Ariane* survenue dix ans plus tôt, en 1986. C'est à ce jour le seul cas connu de collision entre un satellite et un gros débris répertorié.

→ possède ainsi des boucliers sur ses zones les plus exposées. Composés de plusieurs couches d'aluminium, de kevlar et de céramiques, ils sont conçus pour fragmenter progressivement les débris. Toutefois, la masse de ces boucliers est non négligeable, puisqu'elle représente 10 % de celle de la station. Sur les satellites, en revanche, où aucune vie n'est mise en jeu, ce genre de blindage est jugé trop coûteux. Ce qui n'empêche pas le risque d'exister : statistiquement, un satellite d'observation comme *Spot*, en orbite à 800 km d'altitude, a une chance sur deux d'être percuté en un an par un objet de taille comprise entre 1 mm et 1 cm. Mais les débris les plus dangereux restent ceux de taille intermédiaire : entre 1 et 10 cm. Trop petits pour qu'on puisse les suivre depuis la Terre, ils sont suffisamment gros pour provoquer d'importants dégâts. "*On n'a aucun moyen de savoir où ils sont, et on ne sait absolument pas comment s'en prémunir*", explique Fernand Alby.

A l'heure actuelle, aucun nettoyage spatial n'est sérieusement envisagé, y compris pour les plus gros objets. Dans les années 90, le projet américain Orion envisageait bien de désintégrer les indésirables à l'aide d'un rayon laser... mais les scientifiques ont buté sur trois gros problèmes : comment fabriquer un laser suffisamment puissant ? Comment parvenir à viser une cible qui fonce à des dizaines de milliers de km/h ? Et surtout, que faire des nouveaux débris créés par la fragmentation du premier ? Pour l'instant, les déchets spatiaux sont donc condamnés à rester en orbite, jusqu'à ce qu'ils finissent par retomber sous l'effet du frottement de l'atmosphère.

QUAND UN RÉACTEUR NUCLÉAIRE RETOMBE AU CANADA

Quand ? Tout dépend de leur altitude. A 200 km, un objet met quelques jours pour revenir sur Terre ; à 800 km, il met deux siècles ; et à 36 000 km (en orbite géostationnaire), plusieurs millions d'années. Autant dire que le problème des déchets spatiaux, comme celui des déchets nucléaires, va se poser à très long terme... Mais une chose est sûre : tous les débris de l'espace connaîtront la même fin : lorsqu'ils pénétreront dans l'atmosphère, aux alentours de 120 km d'altitude, leur température dépassera progressivement le millier de degrés et la majorité d'entre eux se désintégreront. Seules les parties en titane ou en acier, conçues justement pour résister aux fortes chaleurs, atteindront le sol. A l'instar de ce réservoir de fusée américaine *Delta II* retombé en plein milieu du Texas en 1997... (voir photo page 117).

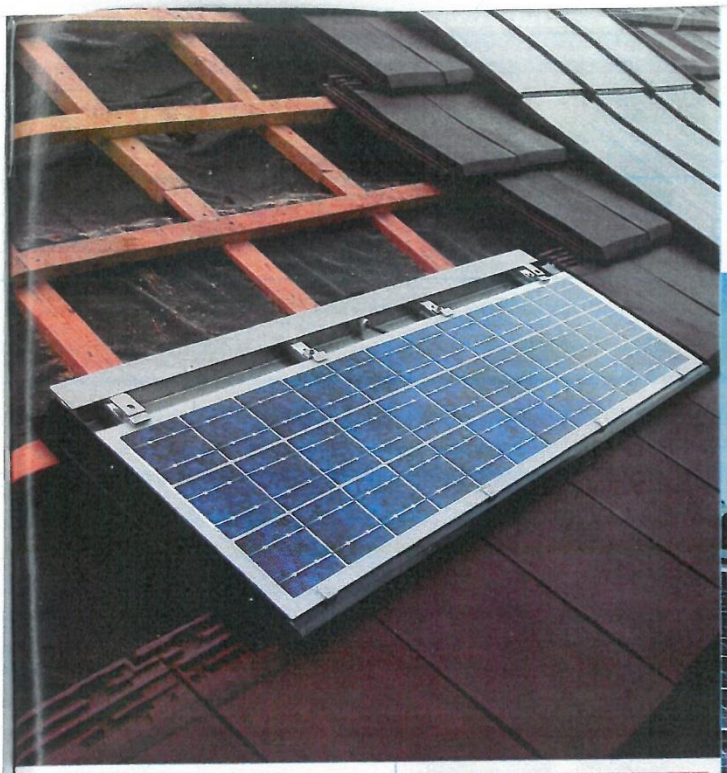


Jusqu'ici, aucune victime de ces poubelles de l'espace n'a été à déplorer. Heureusement que les océans, les déserts, les montagnes et les forêts sont beaucoup plus vastes que les zones habitées... Oui, mais ces déchets tombés du ciel répandent parfois une cargaison empoisonnée. En 1978, un satellite militaire soviétique *Rorsat* tombait dans le Nord-Ouest du Canada ; or, il était alimenté par un réacteur nucléaire et la zone dut être décontaminée. Actuellement, les 30 autres satellites de la même série tournent toujours, et il est prévu qu'ils le fassent pendant plusieurs centaines d'années, le temps que leur radioactivité décroisse...

On l'aura compris, le satellite biodégradable n'est pas prêt d'exister. En attendant, les agences spatiales commencent à prendre des mesures préventives. Au Cnes, on essaie de

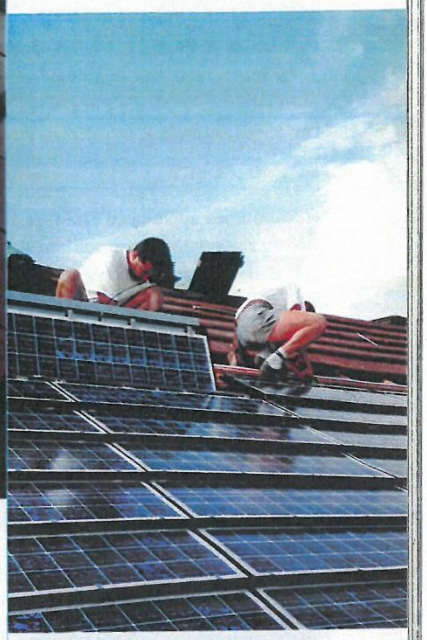
> QUE DIT LA LOI

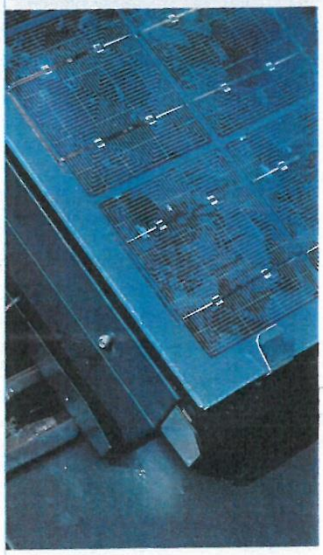
Rien, en l'occurrence ! Aujourd'hui, aucune loi internationale ne réglemente en effet le devenir des lanceurs et des satellites en fin de vie. La France, les Etats-Unis et le Japon ont mis en place des principes qu'ils tentent de respecter, comme par exemple empêcher l'explosion des vieux lanceurs. Mais ce n'est pas le cas de la Chine, de la Russie, ou de l'Inde. En revanche, en cas d'accident, le droit de l'espace engage la responsabilité de l'Etat lanceur, quelle que soit la nationalité du satellite ou du débris mis en cause. Mais pour enquêter sur un accident, encore faut-il disposer d'un système de surveillance du ciel. Ce qui n'est pas le cas de l'Europe, qui dépend pour cela entièrement des Etats-Unis, comme le déplore Fernand Alby, du Cnes : *"Quand les Américains nous ont dit que le satellite français Cerise avait été endommagé par un débris d'*Ariane, *nous n'avions aucun moyen de le vérifier. S'il y avait un accident plus grave, cela poserait un réel problème."*



< Ce panneau photovoltaïque remplace cinq tuiles classiques pour délivrer une puissance électrique de 50 watts crête.

v Les professionnels de la toiture n'ont pas à suivre de formation particulière pour poser les 10 mètres carrés de panneaux solaires fournis dans le kit de base.





∧ L'étanchéité entre les tuiles traditionnelles et les panneaux solaires est assurée par un profilé métallique (ci-dessus, à g.).

IMERYS TOITURES

mille, hormis le chauffage de l'habitation, déclare Stéphane Périn, directeur marketing d'Imerys. *Mais notre but n'est pas de se substituer au réseau habituel car, dans ce cas, des problèmes de stockage de l'électricité se poseraient."*

N'oublions pas, en effet, que la production photovoltaïque d'électricité, exclusivement diurne, ne correspond pas aux habitudes de consommation énergétique des occupants d'une maison : on s'éclaire plutôt de nuit qu'en plein jour. Mais alors, que faire de la production électrique puisqu'elle n'est pas immédiatement exploitée ?

Plutôt que de stocker l'électricité, le système la revend à EDF au fil de sa production. Judicieux. A condition de régler un petit problème technique : les tuiles solaires délivrent du courant continu, alors que le réseau électrique convoie de l'alternatif. La solution ? Les tuiles sont raccordées à un "onduleur". Ce boîtier électronique a pour mission de convertir le courant continu en 220 volts alternatifs, compa- →

> FAITS & CHIFFRES

La puissance des panneaux solaires photovoltaïques est standardisée dans une unité spécifique, le **watt crête (Wc)**. Elle exprime la puissance électrique, mesurée en watts, que fournissent les panneaux, lorsqu'ils sont soumis à une densité d'éclairement (énergie lumineuse) de 1 kilowatt par mètre carré. Cette mesure s'effectue en laboratoire à une température constante de 25 °C, car ce paramètre influe sur le rendement du panneau. A Lille, l'énergie solaire moyenne récupérée au sol s'élève à **1 000 kWh par mètre carré,** alors qu'à Nice, elle atteint **1 500 kWh par mètre carré**. Le rendement moyen d'un panneau solaire, c'est-à-dire son pouvoir de conversion de lumière en électricité est de **10 %**. Courant 2003, **300 maisons individuelles** devraient être équipées de tuiles Sunsat. L'an prochain, le parc photovoltaïque européen devrait atteindre une puissance de **410 MWc**. La France est aujourd'hui en quatrième position et l'Allemagne se détache en tête de peloton.

→ *ont toujours été un sujet négligé. Selon moi, Picasso et Einstein se sont posé la même question sur la nature de l'espace et du temps, une question centrale dans le débat scientifique de l'époque. Et, chacun dans leur domaine, ils ont apporté une réponse similaire.*"

Rapprocher *Sur l'électrodynamique des corps en mouvement* des *Demoiselles d'Avignon* est en effet tentant. Car si la principale leçon de l'article d'Einstein, en rupture avec les principes de Galilée ou de Newton, est qu'il n'existe plus d'"éther", cette substance immobile baignant tout l'Univers jusqu'alors utilisée par les physiciens comme référentiel privilégié pour définir le mouvement de tout corps de façon absolue, la principale leçon du tableau de Picasso, en rupture avec les principes de Raphaël ou Vermeer, est qu'il n'existe plus de perspective unique, plus de point de vue de référence, plus d'angle privilégié sous lequel représenter les corps : ils sont simultanément peints sous toutes leurs facettes. Pour l'un comme pour l'autre, la représentation des corps dans l'espace et le temps passe ainsi par l'abandon d'un référentiel absolu.

Une même représentation des corps qui se passe de tout référentiel absolu

MAIS QUI INFLUENCE QUI ?

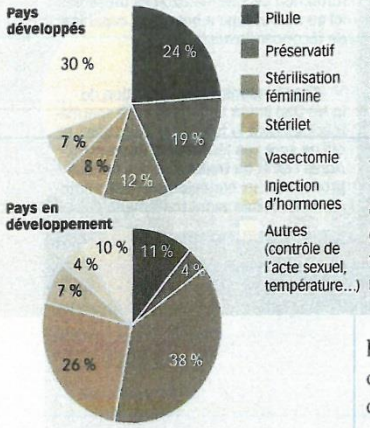
Picasso se serait-il directement inspiré des idées qu'Einstein avait publiées deux ans auparavant ? La question ne date pas d'hier puisque dans les années 40, deux Américains – l'architecte Siegfried Giedion et l'historien d'art Paul Laporte – défendaient déjà cette éventualité. Mais, en 1971, Linda Henderson, spécialiste d'histoire de l'art à l'université d'Austin, au Texas, mettait en avant la "*lenteur du développement de l'intérêt pour la relativité en France*", principalement en raison de "*l'absence de journaux scientifiques populaires du type de ceux publiés à l'époque aux Etats-Unis*". *Science & Vie*, par exemple, dont le premier numéro paraît en 1913, n'en a parlé en détail qu'en juillet 1922, lorsque Einstein devint une star mondiale ! Et Linda Henderson de conclure : "*Les théories d'Einstein n'ont eu aucun impact réel sur les artistes français avant les années 20.*"

Pour Arthur Miller, il existe pourtant bien un lien entre la relativité et le cubisme. Curieusement, les personnalités d'Einstein et de Picasso présentent de nombreux points communs : même capacité créative, même rejet de l'abstraction, même filiation avec les derniers grands classiques (le peintre français Paul Cézanne pour Picasso ; le physicien hollandais Hendrick Lorentz pour Einstein)… et même rapport conflictuel avec les femmes. Oui, mais ce genre d'analogies ne saurait tisser un lien qui ne soit tiré par les cheveux. En fait, l'historien indique une relation plus probante, mais indirecte, entre Picasso et Einstein : tous deux auraient été influencés par Henri Poincaré et son célèbre livre *La Science et l'hypothèse*, publié en 1902. L'influence de ce mathématicien français sur l'œuvre d'Einstein est historiquement connue. "*Dès 1904, Einstein a lu la traduction allemande de* La Science et l'hypothèse, souligne Arthur Miller. *Ce sont les deux seuls scientifiques de l'époque à se préoccuper de la notion de simultanéité. Le raisonnement d'Einstein en 1905 sur l'utilisation de signaux lumineux pour synchroniser les horloges est d'ailleurs incroyablement similaire à celui de Poincaré.*"

Il est toutefois plus difficile de trouver un lien unissant Picasso à Poincaré. Ici, Arthur Miller avance un nom : Maurice Princet, un assureur intéressé par les mathématiques avancées et membre de la bande à Picasso. "*Les deux hommes se sont rencontrés en 1905 par le biais d'Alice Géry, la maîtresse de Princet, qui eut une liaison avec Picasso*, explique-t-il. *On sait que Maurice Princet a visité l'atelier de Montmartre au printemps 1907, quand Picasso se débat avec* Les Demoiselles d'Avignon. *Mon hypothèse est que Picasso a alors*



LES DISPARITÉS DES MOYENS DE CONTRACEPTION



Au Nord comme au Sud, les moyens de contraception ne manquent pas. Dans les pays industrialisés, c'est la pilule pour femme, – efficace à près de 100 % – qui a la cote : elle représente 24 % des choix de contraception (masculin et féminin confondus). En revanche, dans les pays en voie de développement, la tendance est fortement à la stérilisation féminine, irréversible. Souvent, cette dernière technique fait office de "contraception d'arrêt", décidée dès que la famille désirée est constituée. C'est par exemple le cas en Inde où, avec près de 25 millions de naissances par an, la prise de conscience du problème démographique est réelle. Quant aux hommes, ils ont le choix entre le préservatif et la vasectomie, une intervention chirurgicale irréversible (voir encadré "Vasectomie").

→ Difficile, donc, d'intervenir sur l'un des processus sans perturber l'autre. Or, si chez la femme, le principe de la pilule – qui vise à éviter le "pic" d'œstradiol déclenchant l'ovulation – n'a pas de conséquences sur sa féminité, priver un homme de ses hormones mâles peut prendre des proportions catastrophiques. Car ces molécules influent sur toute une série d'organes et de fonctions, comme la pilosité, la voix ou la libido. La NB-DNJ évite précisément ces inconvénients, puisqu'elle ne bloque pas la synthèse de testostérone.

La pilule pour homme serait-elle enfin à portée de main ? En fait, rien n'est moins sûr. Certes, la découverte des biologistes d'Oxford ouvre bien une nouvelle piste de recherche. Mais

Toute la difficulté consiste à ne pas priver le sujet de ses hormones mâles

rien ne permet d'affirmer qu'elle sera plus simple que celles explorées jusqu'ici. Par exemple, la mise au point d'une pilule à base d'hormones. Le but, ici, est de bloquer la spermatogenèse, tout comme la pilule féminine supprime l'ovulation (voir *Science & Vie* n° 1025, p. 116). Cette expérimentation est actuellement la plus avancée, de nombreux tests chez l'homme étant même d'ores et déjà en cours. Un seul exemple : dans le cadre d'une grande étude menée sous l'égide de l'Organisation mondiale de la santé et du gouvernement chinois, qui fait depuis longtemps du contrôle des naissances une priorité, 1 000 hommes dans dix centres reçoivent aujourd'hui chaque mois une injection d'un dérivé de testostérone. En théorie, "*il s'agit d'inhiber la sécrétion de deux hormones fabriquées par l'hypophyse, une glande située à la base du cerveau, la LH (luteinizing hormone) et la FSH (folliculo-stimulating hormone), pour stopper la production de spermatozoïdes, tout en assurant une concentration normale en hormone mâle. Ceci en administrant de la testostérone ou un dérivé de cette molécule*", explique Sophie Christin-Maitre, endocrinologue à l'hôpital Saint-Antoine, à Paris.

Toutefois, la pilule hormonale est loin d'avoir fait ses preuves. Et pour cause : détruite par l'estomac et nocive pour le foie, la testostérone ne peut pas être ingérée. Aussi, ne peut-on faire autrement aujourd'hui que de l'injecter aux hommes recrutés pour les tests cliniques. "*Une piqûre toutes les semaines ou tous les mois, c'est vraiment trop*", reconnaît Roger Mieusset, endocrinologue au Centre hospitalier universitaire de Toulouse.

Lui-même a choisi de renoncer aux techniques chimiques et d'empêcher la spermatogenèse par une méthode physique : la chaleur. "*La fabrication de spermatozoïdes est en effet facilement perturbée par la chaleur*, explique-t-il. *Nous avons donc pensé à influer sur la température des testicules.*"

LA PISTE DU "SLIP CHAUFFANT"

Et d'imaginer un "slip chauffant" contraceptif. Il s'agit en fait d'un banal sous-vêtement comme on en trouve dans le commerce ; mais l'utilisateur l'adapte selon les conseils de son médecin de façon à rapprocher ses testicules de son ventre. Un procédé tout simple qui suffit à augmenter la température des bourses de 1 à 2 °C, induisant alors une infertilité rapidement réversible dès l'arrêt du port du slip. La solution idéale… sauf que pour une contraception efficace, il faut attendre pas moins de trois mois, le temps que l'augmentation de la température bloque la fabrication des spermatozoïdes !

En parallèle de la piste hormonale et de la contraception par la chaleur, une autre fait son chemin. Celle qui consiste à agir, non sur la production des spermatozoïdes, mais sur leur maturation, lorsqu'ils "apprennent" à se mouvoir et acquièrent leur capacité à féconder l'ovule. Le biologiste Trevor Cooper, à l'université de Muenster, en Allemagne, explore cette voie. "*Intervenir ainsi en bout de chaîne permet*

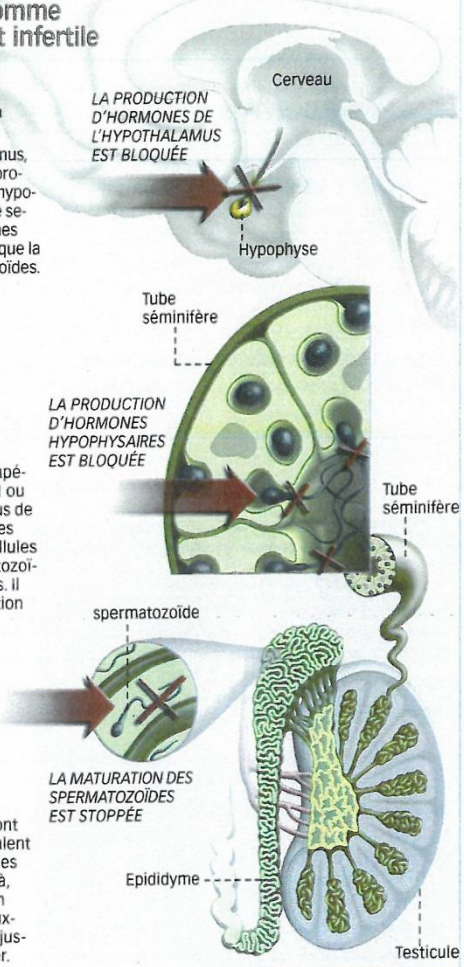
INFOGRAPHIE G. M.

Les trois grandes voies pour rendre l'homme temporairement infertile

1 Suspendre la spermatogenèse par injection de testostérone
Au niveau de l'hypothalamus, la testostérone inhibe la production d'hormones de l'hypothalamus. L'hypophyse ne sécrète alors plus d'hormones hypophysaires, ce qui bloque la production de spermatozoïdes.

2 Bloquer la spermatogenèse par la chaleur
L'augmentation de la température des testicules de 1 ou 2 °C perturbe le processus de division cellulaire. Dans les tubes séminifères, les cellules précurseurs des spermatozoïdes ne se multiplient plus. Il n'y a dès lors plus formation de spermatozoïdes.

3 Inhiber la mobilité des spermatozoïdes
Des composés chlorés sont administrés. Ils s'accumulent dans le canal à la sortie des testicules, l'épididyme. Là, ils bloquent la maturation des spermatozoïdes. Ceux-ci ne peuvent plus nager jusqu'à l'ovule et le féconder.



DR - ILLUSTRATION S. DESSERT

une contraception efficace en seulement deux semaines", assure-t-il. Le concept est séduisant. Mais pour bloquer la maturation des spermatozoïdes, le chercheur prévoit d'utiliser des substances de synthèse : des composés chlorés qui inhibent la mobilité des cellules reproductrices. Or, purifier ces produits et les obtenir en grande quantité n'est pas encore techniquement réalisable.

Et le chemin ouvert par Aaround van der Spoel et ses collègues dans tout cela ? "*Il s'agit de résultats très préliminaires. Difficile donc de statuer avec certitude sur l'avenir de cette méthode*, répond Sophie Christin-Maitre. *Néanmoins, on peut s'interroger sur le mode d'action de la ND-BDJ. En effet, cette molécule perturbe la fabrication des sphingolipides. Or, ces substances ne sont pas présentes uniquement sur les spermatozoïdes. On les trouve sur la plupart des cellules de l'organisme. Et si les doses nécessaires chez l'homme s'avèrent plus élevées que celles utilisées actuellement pour traiter la maladie de Gaucher, la molécule pourrait être toxique. Certes, cet effet n'a pas été observé chez les* →

> ELLE EN PENSE

Michèle Ferrand
SOCIOLOGUE AU CNRS, À PARIS



"Son acceptation suppose l'égalité des sexes"

En France, il n'est pas sûr que la pilule pour homme soit acceptée sans rencontrer quelques obstacles socioculturels. Car son utilisation implique une égalité des sexes... qui n'existe pas encore en pratique. Du côté des femmes, ce produit peut provoquer de réelles réticences. Pour beaucoup, appartenant notamment aux générations les plus âgées pour qui la pilule féminine représente une conquête, un droit acquis pour gérer leur procréation, la pilule pour homme risque d'apparaître comme une régression, un retour à une certaine forme de domination masculine. Quant aux hommes, il n'est pas certain qu'ils acceptent le produit. Car il soulève le problème du rapport entre fertilité et masculinité et peut sembler menacer leur virilité, symboliquement du moins. La pilule pour homme pourrait néanmoins être bien reçue par les fractions sociales les plus innovantes (intellectuels, enseignants, travailleurs sociaux), des milieux où il y a un partage effectif des tâches dans le couple et où les hommes pensent qu'ils ont tout à gagner en instaurant un rapport d'égalité avec les femmes.

→ *souris. Mais rien ne dit que les êtres humains sont aussi sensibles à la substance contraceptive que les animaux de laboratoire!"*

En fait, le seul moyen de savoir si la NB-DNJ est promise à un bel avenir en contraception, serait de passer aux tests chez l'homme. Mais voilà : ces expériences durent en moyenne une dizaine d'années. Et à ce jour, si elles sont envisagées par Aarnoud van der Spoel, elles ne sont même pas encore programmées !

ET LES EFFETS SECONDAIRES ?

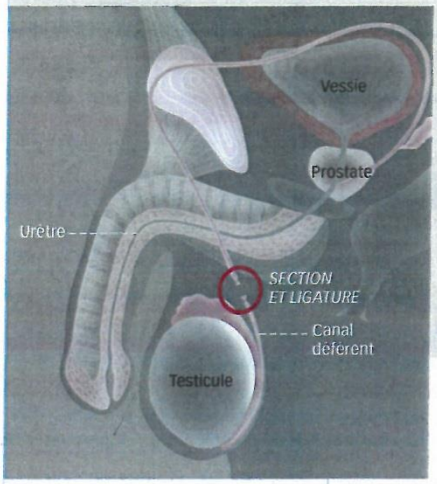
Roger Mieusset, lui, met aussi en avant le manque de données sur les effets secondaires à long terme de la molécule : *"Rien ne sera gagné tant que les effets secondaires ne seront pas connus. Par exemple,* rappelle-t-il non sans raison (voir notre guide des médicaments, p. 72), *la thalidomide, un sédatif commercialisé à partir de 1957 pour combattre bon nombre de symptômes liés à la nausée du matin chez la femme enceinte, a aussi été célébrée comme un médicament prometteur lors des tests chez l'animal. Mais ses effets secondaires chez l'homme se sont révélés catastrophiques : on s'est rendu compte trop tard que la molécule pouvait traverser la barrière placentaire et entraîner des malformations graves chez le bébé."* Conclusion : la NB-DNJ n'est pas encore la panacée.

Quand on a fait le tour de tout ce qui se fait en matière de contraception masculine, qu'on se rend compte des obstacles qui restent à franchir, une question se pose fatalement : peut-on raisonnablement espérer arriver à une pilule pour homme ? L'andrologue Pierre Jouannet, de l'hôpital Cochin à Paris, l'un des premiers à avoir travaillé sur le développement d'une pilule hormonale pour homme, en est persuadé : *"Nous sommes encore loin d'avoir compris toutes les subtilités de la spermatogenèse. Par exemple, on ne sait pas en détail comment la testostérone déclenche ce processus. Aussi, un jour peut-être, on trouvera une cible plus facile à manipuler."* Il n'en demeure pas moins que la pilule pour homme n'est pas une priorité de la recherche en France. Non seulement parce qu'il existe déjà nombre de moyens de contraception (voir encadré pages précédentes) ; mais aussi, et surtout, en raison d'obstacles socioculturels : les femmes sont-elles prêtes à une nouvelle révolution sexuelle et, du coup, à perdre le pouvoir sur la contraception acquis dans les années 60 ? Et le produit fera-t-il fureur auprès de la gent masculine sans être perçu comme une "atteinte à sa virilité" ? (voir "Elle en pense".) Ces questions restent en suspens. Une enquête menée il y a deux ans par Richard Anderson et ses collègues de l'université d'Edimbourg, en Ecosse, auprès de 1 000 personnes à Edimbourg, à Hongkong, à Shanghai et au Cap donne cependant une ébauche de réponse. Contre toute attente, cette étude a montré que de 44 à 83 % des hommes sont prêts à prendre la pilule.

V. ESTIOT/BSIP

LA VASECTOMIE RESTE PEU POPULAIRE EN FRANCE

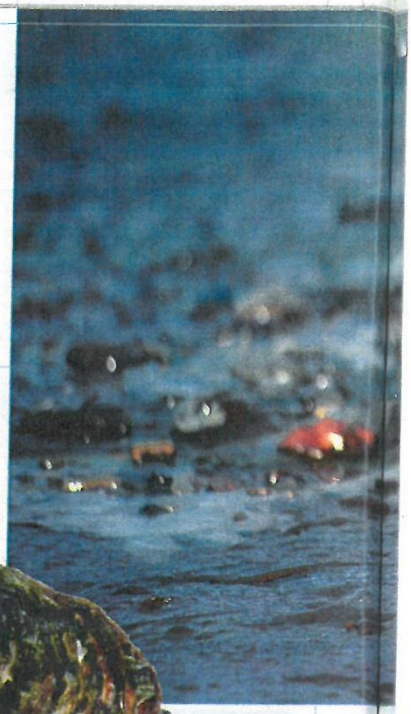
La vasectomie est une opération qui, avec le préservatif, est l'un des seuls moyens de contraception masculine actuels. Mais attention, cette intervention chirurgicale est irréversible, puisqu'elle consiste à ligaturer le canal déférent transportant les spermatozoïdes depuis les testicules jusqu'au canal éjaculateur (urètre). Conséquence : après l'opération, le sperme ne contient plus de spermatozoïdes. Simple et rapide – à peine une demi-heure –, la vasectomie est pratiquée en France depuis une trentaine d'années. Mais, faute d'une législation claire, certains médecins ont refusé de la pratiquer jusqu'en 2001, date à laquelle l'Assemblée nationale a voté un amendement la rendant officiellement licite. Ce qui n'a pas, pour autant, entraîné une envolée de la demande : presque 1 % des Français optent aujourd'hui pour cette solution radicale, alors que la moyenne dans les pays industrialisés est de 7 %. *"Compte tenu de son caractère irréversible, je conseille cette technique aux couples de plus de 40 ans, qui ne désirent plus d'enfants,* précise Alain Jardin, urologue à l'hôpital Bicêtre, à Paris. *Ceci étant dit, il faut savoir qu'avant intervention, les médecins proposent généralement de sauvegarder quelques spermatozoïdes en les congelant. Ce qui permet le recours éventuel à une fécondation* in vitro."



< La vasectomie consiste à sectionner, puis à ligaturer, le canal déférent qui transporte les spermatozoïdes des testicules au canal éjaculateur, l'urètre.

En dix ans, la nature reprend ses droits

Certes, les effets immédiats sur la faune et la flore d'une arrivée massive d'hydrocarbures sont dramatiques. Mais des études menées sur le terrain révèlent que les écosystèmes finissent malgré tout par se reconstituer à l'identique.



Depuis la catastrophe de l'*Amoco Cadiz*, en 1978, l'oiseau mazouté est devenu le symbole des ravages causés par les marées noires. Il est pourtant loin d'en être la seule victime : algues, crustacés, mollusques et autres huîtres ne sont pas moins touchés, selon l'ampleur de la marée noire, les conditions météo et la "qualité" du polluant. Car si le pétrole brut est biodégradable à 70 % environ, 90 % des composés des produits pétroliers distillés les plus lourds (fioul, bitume, goudron) ne le sont pas. Mais le brut léger est plus toxique que les produits lourds… Concrètement, les hydrocarbures déversés en mer restent d'abord à la surface. Si le produit est fluide, il s'étale et se disperse en gouttelettes. Quant aux produits visqueux, la plupart se fragmentent en nappes dérivant entre deux eaux, et donc difficiles à repérer. Commence alors le "vieillissement" du pétrole, initié par son évaporation, que favorisent le vent et la chaleur. La majorité des produits légers (benzène, essence, gazole…) disparaissent ainsi en 24 heures, ou bien par dissolution, mais de dix à cent fois plus lentement. Les composés aromatiques polycycliques, très toxiques ont également tendance à se dissoudre. Si la mer est brassée, on assiste alors à un phénomène d'émulsification, qui aboutit à la fameuse "mousse au chocolat", mélange de pétrole et d'eau, qui n'est plus dispersible : c'est elle qui souille les côtes et laisse sur les plages des boulettes. Les composés les plus lourds tombent par décantation dans les eaux peu profondes, où ils sédimentent au fil des années, alors que la biodégradation par la microfaune bactérienne élimine, lentement, certains composés, comme les alcanes (paraffines).



< LES EFFETS SUR L'HUÎTRE…
… diffèrent d'une marée noire à l'autre. Avec l'*Amoco*, ulcères et tumeurs. Avec l'*Erika*… aucune séquelle.

DES POCHES NATURELLES D'HYDROCARBURES

Cela dit, on ignore encore largement les conséquences à long terme de la présence de composés du pétrole dans l'environnement marin. Il semble, cependant, que le pétrole qui suinte naturellement des poches d'hydrocarbures enfouies sous la mer n'ait pas d'effets nocifs sur le milieu, qui se serait adapté depuis des millénaires à ces rejets. Les études des conséquences sur le littoral, véritable enjeu économique, sont beaucoup plus avancées. Si des essais en laboratoire laissent présager des mufations chez certaines espèces lors d'une exposition massive aux produits toxiques, les résultats de terrain sont plus encourageants : à moyen terme, la nature reprend quasiment tous ses droits. Car avec le recul, le cycle biologique d'une marée noire laisse apparaître trois phases. Tout d'abord, l'arrivée de la pollution provoque, pendant quelques jours, une mortalité massive des algues, des oiseaux et des organismes benthiques

La lutte contre la pollution reste un défi technique

Du Oil Sea Harvester, un projet de navire capable de pomper 20 000 t en une semaine, au "surf-washing", qui lave sable et galets *via* des vagues, la guerre aux hydrocarbures déversés ne cesse de se perfectionner.

Telles sont les marées noires : chacune est unique et, contre elles, il n'existe pas de remède universel. Composition du produit (plus ou moins visqueux ou volatil), quantité déversée, conditions météo, localisation de l'épave, type de littoral menacé (rochers, sable, frayères, etc.) : tous ces éléments jouent un rôle et il est nécessaire d'en faire l'expertise avant d'entreprendre la moindre action. Au risque que celle-ci soit inefficace, voire pire que le mal.

Sur le terrain, on distingue deux grandes étapes : la lutte en mer et la lutte à terre et devant le littoral. Décriée par le passé, la lutte en mer apparaît, aujourd'hui, bien fondée ; l'expérience tirée des marées noires des années 90 montre, en effet, que pour une tonne de produit pompé, on évitera de ramasser à terre plusieurs tonnes de déchets… Rien de simple cependant. Ainsi, les premières techniques utilisées à l'occasion du *Torrey Canyon* consistaient à épandre des produits chimiques visant



De la lutte en mer…

Avant que les hydrocarbures n'atteignent les côtes, un ou plusieurs de ces équipements sont envoyés en mer afin de confiner et de récupérer le pétrole

→ quille formée par la basse atmosphère, épaisse de 15 km, la magnétosphère, qui s'étend à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de notre planète, nous protège des atomes solaires qui nous bombardent ! Concrètement, lorsque le flux de particules solaires (quelques dizaines par cm^3) rencontre la magnétosphère, il est dévié de sa course et s'écoule tout autour de notre planète.

Reste que, pour la Terre, la résistance est rude. Car l'énergie véhiculée par le vent solaire est si considérable qu'elle comprime la magnétosphère et la déforme : si le Soleil n'existait pas, le champ magnétique terrestre aurait d'ailleurs une forme torique (il ressemblerait à une sorte de chambre à air centrée sur la Terre), alors que déformée par le souffle solaire, elle ressemble plutôt à une goutte d'eau dirigée vers le Soleil… Cela étant, la magnétosphère est perméable : au fil du temps, elle piège les particules du vent solaire, lesquelles sont dirigées et concentrées derrière la Terre, du côté nuit.

UN PIC TOUS LES ONZE ANS

Or, sous l'effet d'une tempête solaire particulièrement violente, la magnétosphère peut se retrouver trop chargée et, brutalement, céder, libérant alors les particules piégées qui se précipitent le long des lignes de flux du champ magnétique et fondent vers les pôles terrestres, où se trouve l'axe de la magnétosphère : c'est le seul point faible du bouclier magnétique terrestre. Conséquence : les atomes issus de l'atmosphère solaire rencontrent ceux qui constituent l'atmosphère terrestre et… c'est l'embrasement ! Les électrons et les protons solaires, en entrant en collision avec les atomes d'azote et d'oxygène de notre atmosphère, excitent ces derniers (leurs électrons changent de niveau d'énergie). Pour revenir dans leur état initial, les atomes excités n'ont d'autre moyen que de rendre l'énergie absorbée sous la forme d'un joli rayonnement coloré… et le ciel s'illumine d'une aurore polaire.

Ainsi, les voiles lumineux des aurores polaires, le plus souvent verts – car c'est à cette couleur que l'œil humain est le plus sensible la nuit – dessinent en fait dans le ciel les délicates et changeantes lignes du champ magnétique terrestre. Si les aurores les plus spectaculaires se situent en général entre 100 et 150 km d'altitude, le phénomène peut se produire bien au delà, vers 1 000 km. Comme les aurores se forment pratiquement dans l'alignement de l'axe du champ magnétique terrestre, qui passe non loin de l'axe de rotation de la planète, c'est dans les régions polaires que ces phénomènes sont le plus souvent visibles.



> Les aurores polaires sont dites boréales dans l'hémisphère nord (comme ici, en Alaska), mais australes dans le sud.

Et si l'on parle essentiellement d'aurores boréales plus que d'aurores australes, c'est simplement que, dans l'hémisphère nord, le phénomène apparaît au-dessus de territoires relativement peuplés (Alaska, Grand Nord canadien, Groenland, Islande, Norvège, Suède, Finlande, Russie…), alors que dans l'hémisphère sud, seuls la Patagonie et le continent Antarctique désertique sont concernés…

En principe, on peut observer ces magnifiques aurores dès que la nuit est suffisamment installée dans les régions polaires – de septembre à mars dans l'hémisphère nord, de mars à septembre dans l'hémisphère sud. Toutefois, c'est surtout lors du maximum d'activité magnétique solaire qu'elles



AURORES EXTRATERRESTRES

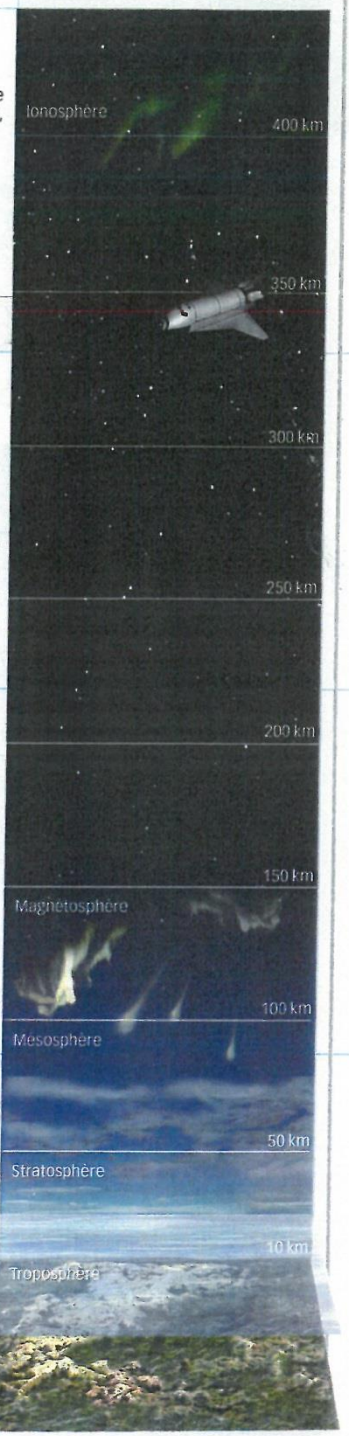
La Terre n'est pas la seule planète à voir des aurores polaires. Pour que le phénomène soit possible, il faut une magnétosphère et une atmosphère. Dans notre système solaire, ni Mercure, ni Vénus, ni Mars, ni Pluton ne connaissent d'aurores, ces planètes étant soit dénuées de champ (Vénus, Mars, Pluton), soit d'atmosphère (Mercure)… Mais avec les quatre planètes gazeuses géantes (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune) les astronomes ont découvert, en particulier sur Jupiter et Saturne, d'intenses champs magnétiques et… de spectaculaires aurores polaires. Elles ont les caractéristiques des aurores terrestres, à ceci près que si sur notre planète elles atteignent quelques dizaines de kilomètres de hauteur, sur Jupiter et Saturne elles se déploient sur plus de 2 000 km de haut…

< Aurores polaires sur Jupiter, photographiées par *Hubble*.



> ENTRE CIEL ET TERRE

Si la magnétosphère s'étend à plusieurs dizaines de milliers de kilomètres de la Terre, les aurores polaires les plus spectaculaires se produisent entre 100 et 150 km d'altitude, là où s'enflamment les étoiles filantes. Les satellites en orbite basse, la navette spatiale et la station spatiale circulent aux confins de l'atmosphère et de l'ionosphère, au-delà de 300 km d'altitude. Bien plus haut, des aurores polaires peuvent se former, jusqu'à 2 000 km de la surface terrestre...



apparaissent en grand nombre. Tous les onze ans, en effet, notre étoile connaît un regain d'activité, appelé "maximum solaire", durant lequel les éruptions se succèdent à un rythme effréné, faisant prendre un tour spectaculaire aux relations Soleil-Terre. Spectaculaire, mais également problématique, voire franchement dangereux pour l'activité humaine ! Il suffit de se rappeler de la grande tempête magnétique de mars 1989, survenue lors de l'avant-dernier maximum solaire : flamboyant à plus de 1 000 km d'altitude, des aurores boréales furent visibles jusqu'en France, par 40° de latitude nord, tandis que, dans le Grand Nord, leur intensité lumineuse dépassait même celle de la pleine lune ; or, le déchaînement de particules fondant dans la basse atmosphère a fait disjoncter tout le réseau électrique du Québec !

Plus communément, la fureur du Soleil provoque certains dégâts qui sont pris très au sérieux : pannes de satellites, perturbations des télécommunications, des systèmes de positionnement GPS, etc. Par ailleurs, le danger des particules cosmiques atteignant les avions à haute altitude commence à être étudié par les spécialistes en irradiation. Ainsi, les pilotes de Concorde, qui profitent parfois des jet-streams (courant d'ouest qui peut atteindre 500 km/h) pour faire surfer leur bel oiseau jusqu'à 18 000 m d'altitude, sont priés de descendre entre 12 000 et 14 000 m lorsque la magnétosphère cède au Soleil : le taux des radiations à haute altitude pourrait s'avérer dangereux à la longue pour le personnel... D'ailleurs, chaque avion est aujourd'hui équipé d'un compteur Geiger qui déclenche automatiquement les alertes. Et que dire des éruptions solaires qui, même si elles sont moins dangereuses que les salves de noyaux atomiques tirées par les explosions d'étoiles supergéantes lointaines, constituent toujours le frein principal au rêve de conquête des astronautes : si les équipages de la navette et de la station spatiale internationale sont encore faiblement protégés par la magnétosphère, on ignore encore comment mettre à l'abri les futurs candidats à d'hypothétiques voyages vers la Lune ou Mars. Par chance, la conquête de la Lune a eu lieu, entre 1969 et 1972, au moment du minimum d'activité solaire... ■

Serge Brunier

I. CLARKE AND NASA - A. FUJII/CIEL ET ESPACE - ILLUSTRATION : L. HINDRYKX

Histoire

Le mystère de l'expédition oubliée de "La Recherche"

Au milieu du XIXe siècle, une équipe de savants et illustrateurs embarqués à bord de *La Recherche* livrèrent un témoignage unique sur le Grand Nord. Etrangement oubliée, cette formidable expédition scientifique revit enfin aujourd'hui.

Par Vincent Tardieu



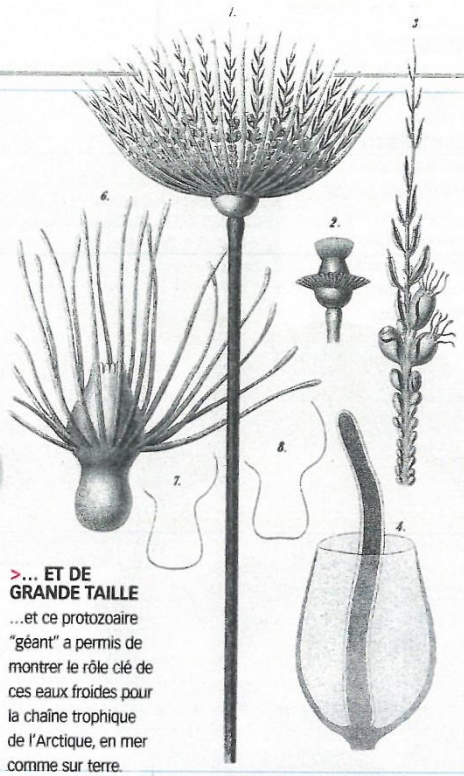
^ TROIS ANNÉES DANS L'ARCTIQUE
Les trois expéditions de *La Recherche*, entre 1838 et 1840, n'ont pas révélé des terres nouvelles, mais elles constituèrent une exploration scientifique internationale unique.

"Une multitude de pics serrés les uns contre les autres, hauts d'environs 500 mètres, et rendus si pointus par les érosions diverses, que l'on peut aisément s'asseoir à cheval sur leur crête : entre eux, des glaciers qui s'étendent parfois sur des dizaines de kilomètres. Voilà à quoi ressemble le Spitzberg, et cela, à perte de vue." Telles sont les impressions que confie à son journal le jeune physicien suédois Per Adam Siljeström en découvrant la baie de Bellsund, à mi-chemin entre le pôle Nord et la Scandinavie. Nous sommes le 25 juillet 1838. Avec une vingtaine d'autres chercheurs et de peintres venus de France, de Suède, de Norvège et du Danemark, il a embarqué cinq bonnes semaines plus tôt à bord de *La Recherche*, une corvette de plus de 30 mètres basée au Havre. Et les voilà enfin au Spitzberg. Impressionnés par le paysage à la fois glabre et tourmenté. Ignorant à cet instant qu'ils se préparent à écrire l'une des plus belles pages de la science arctique, au cours de trois campagnes d'été entre 1838 et 1840.

Pour l'heure, la terre gelée du Spitzberg les désole. *"La contrée autour de Hammerfest* [dans le Nord de la Norvège, d'où ils viennent, Ndlr] *m'était apparue comme un désert angoissant*, soupire le zoologiste suédois Carl Jacob Sundevall. *Mais maintenant, je me la représente comme une douce*



< DES ESPÈCES ABONDANTES...
Les scientifiques pensaient que l'Arctique était aussi vide que la banquise. La découverte d'espèces vivantes abondantes telle que cette raie...



>... ET DE GRANDE TAILLE
...et ce protozoaire "géant" a permis de montrer le rôle clé de ces eaux froides pour la chaîne trophique de l'Arctique, en mer comme sur terre.

MARI HILDUNG - MUSÉE DE LA VILLE DE TROMSO

tembre 1838, dans les villages norvégiens de Kautokeino, puis d'Enonteki, l'équipe se livre à d'inavouables "observations de phrénologie" : en grand secret, la nuit, les chercheurs n'hésitent pas à ouvrir plusieurs tombes dans les cimetières de ces villages et à en exhumer deux grands sacs plein d'ossements et de crânes lapons... Destination : la France et quelques médecins triés sur le volet, comme le professeur de la faculté de médecine de Paris, François Broussais. Médecin phrénologue, celui-ci est l'un de ceux qui, à l'époque, sont convaincus que la forme du crâne révèle les qualités morales et l'intelligence des individus et des races, voire prédit les futurs criminels ! Loin des idées romantiques selon lesquelles les comportements humains seraient liés au cœur, au sang ou au ventre... Dans l'imposante collection d'ossements du Musée de l'homme à Paris, on trouve ainsi quatre ou cinq crânes de Samis provenant de Kautokeino et deux bustes en plâtre d'un garçon et d'une fille, réalisés en 1838 d'après les moulages sur des vivants.

FINANCÉE PAR LOUIS-PHILIPPE

Autant d'aventures, riches et fécondes, auraient dû faire du bruit et, à tout le moins, passer à la postérité. Or, un mystère demeure : cent soixante ans après les aventures de *La Recherche*, qui a entendu parler de ses étonnantes découvertes et de celui qui fut le chef d'expédition, Paul Gaimard ? Certes, ce médecin militaire ne fut pas un guide scientifique de premier plan, quoiqu'il effectuât tout de même deux tours du monde (dont l'un vers l'Antarctique sur l'*Astrolabe* avec Dumont d'Urville), plusieurs voyages en Russie et deux expéditions en Islande. Mais l'œuvre monumentale que tirèrent de →

DÉCOUVERTE MAJEURE

Révolutionnaire ! Lorsque, minutieusement, le physicien et astronome français Auguste Bravais, (1811-1863) membre de l'expédition *La Recherche*, relève en 1838 les niveaux marins anciens et actuels sur le flanc de la bande côtière du nord de la Norvège, il demeure intrigué : pourquoi d'anciennes marques du niveau de la mer apparaissent-elles quelque 20 à 80 mètres au-dessus de celui d'aujourd'hui ? Parce que l'océan a baissé au cours des âges, assurent les géologues de son temps. Mais dans ce cas, pourquoi ces lignes d'érosion anciennes ne sont ni régulières au cours de la même période, ni parallèles au niveau de la mer actuelle, remarque Bravais ? Et d'avancer une nouvelle théorie : ce n'est pas le niveau de la mer qui a baissé, mais celui de la terre qui s'est soulevé à la fin de l'ère glaciaire, lorsque la couche de glace épaisse de 1 km et pesant des milliards de tonnes a fondu. Mieux, là où la glace a été plus épaisse et plus lourde, par exemple à l'intérieur des fjords, le sol s'est enfoncé plus bas. Ainsi, cette partie de la terre s'est surélevée davantage que les zones du littoral... Absurde ! rétorqueront ses collègues géologues. Et pourtant : les études ultérieures montreront que Bravais avait raison cinquante ans avant la science de son temps.



< PRÉCIEUSES OBSERVATIONS
Bien que courte – à peine onze jours – l'exploration du Spitzberg a fourni de précieuses données scientifiques. Ce lancer de ballon, pour connaître la vitesse et la direction des vents, est l'un des nombreux relevés météorologiques.

ARNAUDET - RMN/D. DESTABLE - COLL. MUSÉE DE L'HOMME - MARI HILDUNG - MUSÉE DE LA VILLE DE TROMSØ - DR

présente soudain à Paul Gaimard : c'est Léonie d'Aunet, 19 ans, compagne du peintre François Biard, qui demande à embarquer. Embarras : aucune femme n'est autorisée à voyager à bord des vaisseaux de la marine française. Mais Léonie insiste. Explique qu'au bout du monde, on peut bien faire une entorse au règlement. Gaimard craque. Comme tout le reste de l'équipage d'ailleurs, qui tombe sous le charme de cette jeune femme intrépide, cultivée, à l'humour caustique… et si délicieuse. L'homme de quart ne peut la saluer sans rougir. Gaimard lui cède sa cabine. L'astronome l'appelle "étoile polaire". L'écrivain Marmier la compare à une sirène. Tandis que les matelots gravent son nom sur une pierre du Spitzberg…

Première femme au monde à se rendre sur cette île polaire, Léonie d'Aunet va braver le froid glacial et la tempête, traverser péniblement à pied la Laponie suédoise et tirer de ses aventures un récit picaresque : *Voyage d'une femme au Spitzberg* (2). Publié en 1854, l'ouvrage rencontre aussitôt un vif succès. Reléguant aux oubliettes les 26 tomes des comptes rendus scientifiques de l'expédition… Mais l'histoire ne s'arrête pas là. Car, rencontrant l'illustre Victor Hugo, Léonie d'Aunet va connaître avec lui une passion ravageuse qui la conduit finalement en prison pour adultère. Avant d'être la muse du Grand Nord, puis celle du grand homme, elle avait en effet épousé en justes noces le sieur François Biard, peintre officiel de la deuxième expédition *La Recherche*… Et c'est ainsi que des trois campagnes vers l'Arctique de *La Recherche*, l'époque ne retint ni l'exploration de cette *Terra incognita* si précieuse pour la science, ni la découverte d'espèces exotiques. Seulement le soufre d'une épopée extravagante. Presque un feuilleton d'été. ■

(1) *La Recherche, une expédition vers le Nord*, par Nils M. Knutsen et Per Posti, 240 pages richement illustrées, éd. Angelica, Tromsø, 2002. Disponible à la Librairie du voyageur - l'Astrolabe (01 42 85 42 95).
(2) *Voyage d'une femme au Spitzberg*, par Léonie d'Aunet (1854), réédité en 1995 aux éditions Actes Sud/Babel, Paris.

"ON A BESOIN DE COLLECTIONS DE DONNÉES HISTORIQUES"

Gérard Jugie est directeur de l'Institut polaire Paul-Émile Victor (Brest). Il partage son temps entre les deux pôles du globe.

S&V : En quoi les travaux de cette expédition peuvent-ils être utiles à la science d'aujourd'hui ?
Gérard Jugie : A l'heure de la science globale, sur les changements climatiques, de la biodiversité et de l'océan, on a besoin de collections de données historiques. Et les relevés réalisés par ces chercheurs en 1838-1840 peuvent être comparés aux données actuelles. Pour le reste, leurs observations et leurs conclusions, très novatrices pour l'époque, sont aujourd'hui dépassées.
S&V : Est-ce qu'elles peuvent servir de modèle aux expéditions polaires actuelles ?
Gérard Jugie : Certainement pour ce qui est du caractère pluridisciplinaire et international de celles-ci. Cette double dimension est devenue une nécessité sous ces contrées extrêmes, et en tout cas c'est notre approche. Mais depuis le XIXe siècle, on est passé de l'exploit à la surveillance et aux recherches permanentes. Les conditions de ces missions ont beaucoup changé, avec l'apparition de nombreux équipements perfectionnés (comme les doubles coques de navires parfois équipés de moteur nucléaire pour briser la glace sur 7 ou 8 m, le satellite de positionnement géographique GPS ou celui de téléphonie par iridium). Plusieurs bases sont permanentes, confortables et à quelques heures d'avion de nos instituts français, comme c'est le cas pour le Spitzberg.



Comment ça marche

Le microscope à balayage

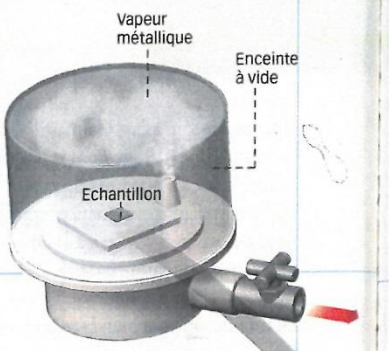
Du monde médical à celui de l'électronique, le microscope à balayage recule les limites imposées par la lumière visible. Son secret? Un faisceau d'électrons qui scrute la matière.

Par Henri-Pierre Penel

Pour explorer l'infiniment petit, la lumière fixe une limite infranchissable. De fait, notre œil ne perçoit que des longueurs d'ondes comprises entre 800 et 400 nanomètres environ (10^{-9} mètre) : c'est le spectre visible. Autrement dit, avec un microscope fonctionnant en lumière visible (microscope optique), on ne peut observer des éléments d'une taille inférieure à 200 nanomètres, soit environ la demi-longueur d'onde de la limite du visible. Pour aller plus loin dans le détail, il fallait donc trouver un substitut à la lumière.

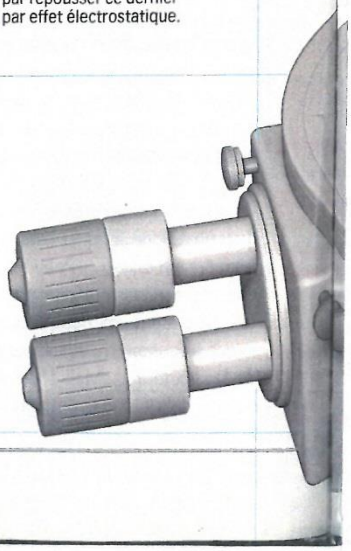
Or, dès le début du XX^{e} siècle, on sait que le comportement de l'électron s'apparente, dans certains cas, à celui du photon (particule de lumière). L'idée germe alors de créer, comme en optique, des lentilles électroniques capables de focaliser un faisceau d'électrons. Et pourquoi ne pas tenter d'utiliser des électrons pour remplacer carrément la lumière ? Il suffirait seulement qu'ils se propagent dans un vide quasi parfait, pour éviter toute collision avec des molécules d'air.

C'est en 1931 que les Allemands Max Knoll et Ernst Ruska s'attellent à la tâche, au Technische Hochschule de Berlin. Et dès 1932, ils obtiennent des images dont la résolution atteint 10 nanomètres. Il ne s'agit toutefois pas encore d'un microscope à balayage : l'instrument s'inspire d'un microscope optique, mais muni de lentilles électromagnétiques concentrant un faisceau d'électrons sur l'échantillon. Le problème, c'est que l'échantillon doit être suffisamment mince pour être transparent aux électrons. Le procédé interdit donc toute observation de la surface d'objets →



1 Préparation

Pour que l'observation soit possible, il faut d'abord rendre l'échantillon conducteur par métallisation sous vide. S'il est isolant, en effet, il se charge négativement sous le bombardement électronique du faisceau et finit par repousser ce dernier par effet électrostatique.



SCIENCE & VIE
N° 1063

SCIENCE & VIE
N° 1063
AVRIL 2006

SCIENCE & VIE

> 106

Tchernobyl

LE VRAI BILAN
RESTE À FAIRE

Big Bang

Il n'a peut-être jamais eu lieu

> L'observation d'une vieille **GALAXIE** sème le trouble
> Et si les **ASTRONOMES** s'étaient trompés...
> **L'UNIVERS** pourrait exister depuis toujours

> 94 CO_2
ON PEUT L'ENTERRER !

> 90 H5N1
POURQUOI EST-IL SI VIRULENT ?

>102 HVD
IL VAUT 350 DVD

> 78 Cancer
LA NOUVELLE STRATÉGIE

FRANCE METRO 3,90€-DOM surf 4,50€-REU avion 6,50€-BEL 4,40€-CH 8FS-CAN 5,95$ CAN-D 6,50€-AND 3,90€-A 4,90€-ESP 5,20€-FIN 5,80€-GR 4€-ITA 3,70€-LUX 4,40€-MAR 30DH-MAY 6€-PORT.CONT 3,80€-SPM 4,50€-TUN 3,5DTU

T 02578 - 1063 - F: 3,90 €

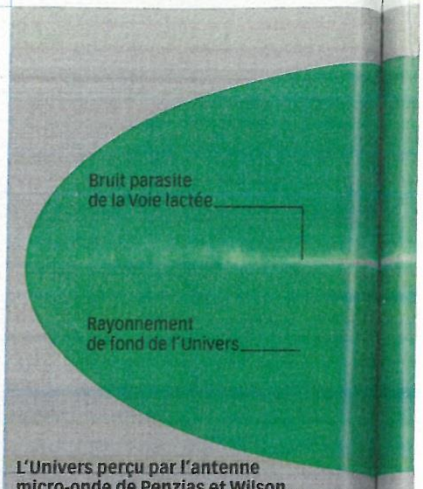
→ réalisés dans l'observation : la cosmologie est menacée de devenir schizophrène. Insensible aux critiques, l'équipe américaine de *Wmap* affirme ainsi avec un humour bien involontaire que *"nous sommes entrés dans l'ère de la cosmologie de précision"*, et fournit des chiffres d'une précision surréaliste à l'appui de sa thèse. Des chiffres qui font sourire les sceptiques : selon l'équipe de *Wmap*, 5 % du "contenu" en énergie et en matière de l'Univers sont représentés par les étoiles, nébuleuses, galaxies, planètes, etc., 25 % seraient représentés par de la "matière noire" de nature inconnue et enfin, cerise sur le gâteau, 70 % seraient représentés par une mystérieuse "énergie sombre". En clair, 95 % de l'Univers prédit par la théorie est donc de nature parfaitement... inconnue ! Voilà une troisième fissure qui, lorsqu'on s'en approche, donne le vertige... puisque le scénario du big bang ne concernerait donc finalement que 5 % de l'Univers.

"Les théoriciens ne paniquent pas encore, mais ça va finir par arriver"

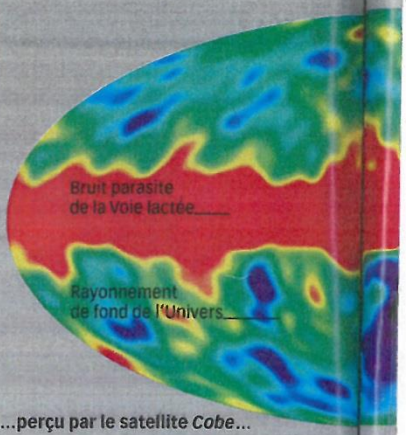
UNE MATIÈRE NOIRE INCONNUE

Mais qu'est-ce donc que cette "matière noire" et cette "énergie sombre", dont les noms mêmes trahissent l'embarras des cosmologistes ? Commençons par la matière noire, dont l'existence a été proposée pour la première fois en 1938 par Fritz Zwicky. L'astronome américain d'origine suisse avait constaté que les galaxies proches s'attiraient les unes les autres avec une force gravitationnelle bien supérieure à celle qu'il pouvait calculer à partir de l'observation des seules étoiles qui les constituent... d'où la présence, supposée, d'une grande quantité de matière non visible. Sans elle, la force de gravitation n'aurait pas eu suffisamment de prise sur la matière visible pour former les galaxies qui peuplent notre univers, du moins dans le temps imparti par le scénario du big bang. L'équation est simple : sans matière noire, pas de galaxie. Aujourd'hui, l'immense majorité des astronomes postulent l'existence de cette matière dite "noire", qui ne se signale que par ses perturbations gravitationnelles. L'ennui c'est qu'aucun télescope dans l'infiniment grand, ni aucun accélérateur de particules dans l'infiniment petit, n'a jamais réussi à découvrir sa véritable nature. S'agit-il de mini-étoiles trop petites ? De trous noirs ? De nuages de gaz invisibles ? Non : trente ans d'observations acharnées auraient permis de le savoir... Un flux de particules à la fois massives et... invisibles ? Pourquoi pas, puisqu'aucun accélérateur n'est capable de les reproduire... Mais alors, comme les identifier ? Quoi qu'il en soit, cette incertitude est d'autant plus problématique que l'influence de la "matière noire" est énorme : elle multiplie par cent la masse d'une galaxie par rapport à sa partie visible ! C'est beaucoup. A tel point que certains chercheurs se demandent aujourd'hui si la matière noire n'est pas un "faux problème" et, pour s'en débarrasser, envisagent de revoir, par exemple, les lois de la gravitation... soit l'un des piliers théoriques du big bang.

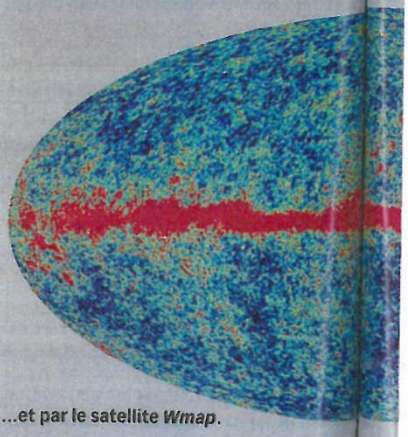
Quant à l'énergie sombre, elle est encore plus exotique que la matière noire. Il s'agirait d'une force de nature inconnue qui accélérerait l'expansion de l'Univers. Comme la matière sombre, son existence tout hypothétique a été imposée par certaines incohérences entre les observations et la théorie : c'est en 1998 que plusieurs équipes internationales se sont aperçues, en observant des supernovæ



L'Univers perçu par l'antenne micro-onde de Penzias et Wilson...



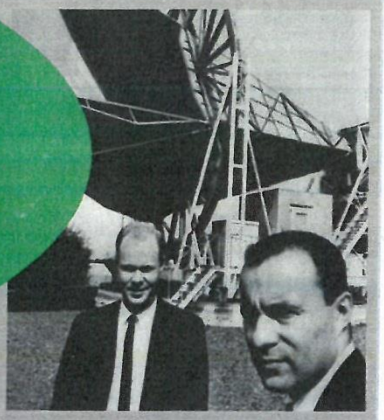
...perçu par le satellite *Cobe*...



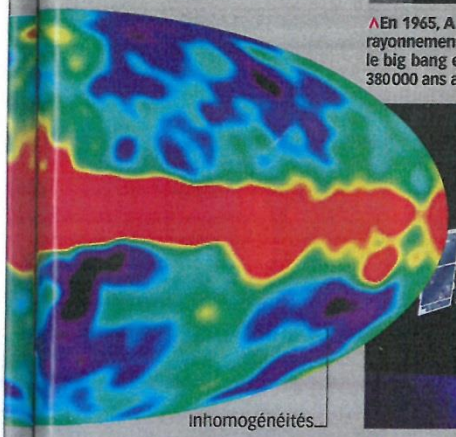
...et par le satellite *Wmap*.

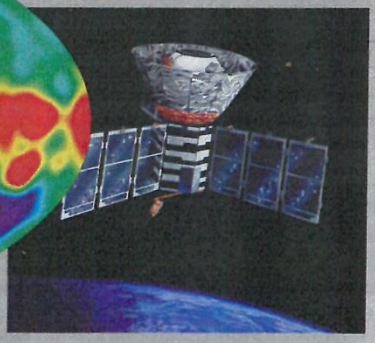
NASA/WMAP SCIENCE TEAM - AT&T BELL LAB/CIEL ET ESPACE - NASA

Rayonnement de fond : il pose de plus en plus question

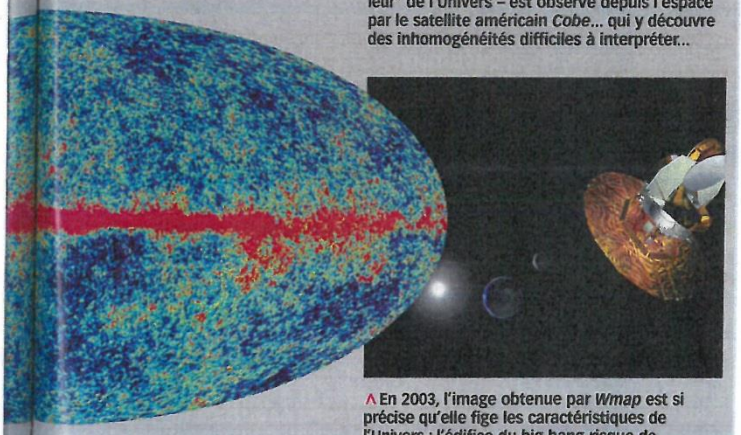


^En 1965, A. Penzias et R. Wilson observent le rayonnement de fond cosmologique, qui consacre le big bang en montrant l'Univers tel qu'il était 380 000 ans après : un gaz brûlant en expansion.





^En 1992, ce rayonnement de fond – la "chaleur" de l'Univers – est observé depuis l'espace par le satellite américain *Cobe*... qui y découvre des inhomogénéités difficiles à interpréter...



^En 2003, l'image obtenue par *Wmap* est si précise qu'elle fige les caractéristiques de l'Univers : l'édifice du big bang risque de s'écrouler à la première observation discordante.

vae (des explosions d'étoiles) très lointaines, que l'expansion de l'Univers était en train de s'accélérer avec une "fougue" que la théorie du big bang n'était pas du tout en mesure d'expliquer. D'où l'idée qu'il y aurait une énergie de nature inconnue qui viendrait s'ajouter à l'expansion naturelle de l'Univers pour l'accélérer.

L'ÉNERGIE SOMBRE EN DOUTE

Aujourd'hui, personne n'a la moindre idée de ce dont il pourrait s'agir, et pourtant son intensité est réglée au pour cent près par les théoriciens pour qu'elle colle aux données de *Wmap* ! Pour réaliser à quel point l'hypothèse de l'énergie sombre est solide, il suffit de savoir qu'Edward Kolb, directeur de l'un des plus célèbres centres de recherche en physique au monde, le Fermilab, à Chicago... n'y croit pas ! L'ennui, c'est que désormais, on ne peut plus faire l'économie de la matière sombre et de l'énergie sombre si l'on veut que le big bang tienne debout.

Avec autant de fissures, on comprend que certains n'hésitent plus à douter d'une théorie qui ne parvient pas à expliquer la formation des galaxies, dont le pilier le plus solide, le rayonnement cosmologique de fond, pourrait ne pas être aussi fiable qu'on le croit, et qui, finalement, n'expliquerait que 5 % de l'Univers, nous laissant nous débrouiller avec 95 % d'inconnu. Roberto Abraham, qui a découvert avec son équipe de chercheurs américains et canadiens, après un grand sondage de galaxies en 2004, que l'Univers, moins de trois milliards d'années après sa supposée naissance, était déjà peuplé aux trois quarts de galaxies vieilles, elles-mêmes constituées d'étoiles âgées de plusieurs milliards d'années, résume assez bien l'état d'esprit des cosmologistes : *"Les théoriciens ne paniquent pas encore, mais ça va finir par arriver..."* S.B.

SCIENCE & VIE

N° 1075

SCIENCE & VIE
N° 1075 AVRIL 2007
MONDADORI FRANCE

James Lovelock



"LA TERRE EST VIVANTE"

> 100



Vers la fin des saisons ?

- Leur **CYCLE** est profondément **MODIFIÉ**
- **FAUNE** et **FLORE** peinent à s'adapter
- Notre **SANTÉ** sera affectée

> 90 Arsenic
BIENFAITEUR DE L'IMMUNITÉ

> 80 Hess
LE TÉLESCOPE VRAIMENT COSMIQUE

> 54 DPI
DES BÉBÉS SUR MESURE ?

FRANCE METRO 3,90€-DOM surf 4,50€ - REU avion 6,50€-BEL 4,40€-CH 8FS-CAN 5,95$ CAN-D 6,50€-AND 3,90€-A 4,90€- ESP 5,20€- FIN 5,80€-GR 4€-ITA 3,70€-LUX 4,40€-MAR 30DHMAY 6€-PORT.CONT 3,80€-SPM 4,50€-TUN 3,6DTU

T 02578 - 1075 - F: 3,90 €

ARCHÉOLOGIE

Des vestiges d'habitations ont été découverts près de Stonehenge. On va peut-être mieux comprendre à quoi servait ce fameux monument mégalithique circulaire érigé au Néolithique et à l'âge du bronze dans le comté du Wiltshire, en Grande-Bretagne. Des vestiges découverts à Durrington Walls, à 4 km de là, témoignent en effet de l'existence d'un village où auraient vécu les bâtisseurs du site il y a 4 500 ans. Les fouilles, commencées en 2003, ont mis au jour les restes de huit habitations faisant vraisemblablement partie d'un complexe d'une centaine de logements. Situées de chaque côté d'une avenue conduisant à une rivière, elles abritent d'innombrables fragments d'objets, et même des empreintes de socles de lit, de commodes et de placard en bois. Selon l'archéologue Mike Parker Pearson, ces découvertes apportent un nouvel éclairage sur la fonction du site : Durrington Walls servait pour célébrer la vie. On y venait pour déposer les morts sur la rivière, point de départ pour leur voyage dans l'au-delà. Tandis que Stonehenge était un lieu de recueillement et de sépulture pour certains des décédés. **E.N.**



Les habitations exhumées près de Stonehenge éclaireraient la fonction du site.

J. HAWKES/CORBIS - A. SAVITSKY/OLD DOMINION UNIVERSITY - SAGEL & KRANEFELD/ZEFA/CORBIS



En recyclant le poison des crapauds dont il se nourrit, ce serpent inoffensif devient venimeux !

ÉCOLOGIE

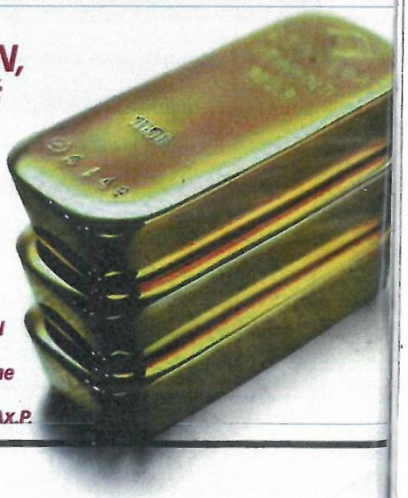
Une couleuvre recycle à son profit le venin de ses proies

Incapable de sécréter son propre poison, *Rhabdophis tigrinus*, une couleuvre japonaise, n'en est pas moins venimeuse ! Comment ? En recyclant la bufadiénolide, un poison sécrété par les crapauds dont elle se nourrit. C'est ce qu'a découvert Deborah Hutchinson, de la Old Dominion University, en Virginie (Etats-Unis). Cette faculté a même modifié son comportement : sur les îles où les crapauds abondent, le serpent devenu venimeux arque le cou à l'approche d'un prédateur, présentant ses glandes nucales remplies de poison. *A contrario*, sur les îles dépourvues de crapauds, le serpent attaqué se contente de fuir. On observe également que la femelle transmet du poison à ses petits afin qu'ils soient protégés dès leur éclosion. **C.H.**

PHYSIQUE

A TRÈS HAUTE PRESSION, L'OR PERD SA STABILITÉ

L'or n'est pas aussi stable qu'on peut le croire ! Une équipe vient d'observer, au synchrotron de Grenoble, qu'à des pressions supérieures à 240 GPa (2 400 000 atmosphères), ses atomes passent d'une structure cubique à hexagonale. Il faudra en tenir compte lorsqu'il est utilisé comme témoin dans les expériences à haute pression. Ax.P.



BACTÉRIOLOGIE

On sait ce qui rend la peste si virulente

Si la bactérie *Y. pestis* est si dangereuse, c'est qu'elle a elle-même été infectée par un autre virus ! Une découverte française prometteuse.

La virulence extrême de la bactérie responsable de la peste, *Yersinia pestis*, serait due à sa propre infection par un virus il y a près de 8 000 ans ! C'est ce qu'a découvert l'équipe d'Elisabeth Carniel en comparant son génome avec celui de *Yersinia pseudotuberculosis*, une cousine bien moins dangereuse. Elle y a en effet retrouvé des bouts d'ADN appartenant à un virus de bactéries. Un "phage" baptisé *Yersinia pestis filamentous* qui l'aurait contaminée. Or, non seulement le rôle des phages dans la pathogénicité de certaines bactéries est connu, mais des tests en laboratoire ont permis de montrer que *Y. pestis* est moins virulente en son absence. Particulièrement vicieux, ce virus de bactérie peut être sécrété par son hôte pour infecter ses voisines. Voilà de quoi relancer la lutte contre la peste, l'une des maladies bactériennes les plus dangereuses au monde, en tentant de cibler plus particulièrement cet ADN de la virulence. A l'origine de dizaines de millions de morts au Moyen Age, la peste continue ses ravages, principalement en Afrique, en Asie et en Amérique. Le développement des traitements antibiotiques a permis de la juguler mais jamais de la faire disparaître. Avec 40 000 cas ces quinze dernières années, elle est même considérée comme une maladie réémergente par l'OMS. **E.Ra**



C'est le phage *Yersinia pestis filamentous* qui rend la bactérie de la peste (ci-contre) dangereuse.



IMMUNOLOGIE

Les donneurs de moelle à risque seront identifiés

Dix-sept gènes identifiés chez des donneurs seraient responsables de l'échec des greffes de moelle osseuse. Pourquoi chercher l'origine du rejet chez le donneur ? Comme c'est la moelle qui produit les cellules immunitaires, en la greffant chez un patient, on introduit un loup dans la bergerie qui va attaquer ce nouvel environnement qu'il ne reconnaît pas. Le Canadien Claude Perreault a donc analysé le génome de 50 donneurs, et a expliqué le rejet par la sous ou surproduction de certaines protéines codées par ces 17 gènes et associées aux cellules immunitaires. La greffe de moelle osseuse est l'une des armes contre les cancers ganglionnaires et les leucémies. Cette découverte devrait permettre d'identifier les donneurs "dangereux". **E.Ra**

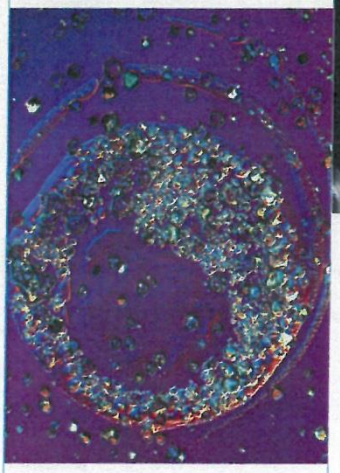
17 gènes identifiés chez des donneurs font échouer la greffe.

MÉDICAMENT DEPUIS L'ANTIQUITÉ

Poison violent, l'arsenic était déjà utilisé dans l'Antiquité comme... médicament. Les Grecs, par exemple, soignaient certaines maladies du sang avec du trioxyde d'arsenic. De même, au Moyen Age, le médecin arabe Abu Bekrer Razi décrit l'effet bénéfique du trioxyde d'arsenic en cas d'anémie, d'affections cutanées et nerveuses. On l'utilise alors aussi contre la peste. Au début du XX^{e} siècle, ce sont des dérivés organométalliques de l'arsenic, tels l'arsphénamine et la néoarsphénamine, qui sont utilisés dans le traitement de la syphilis. A partir des années 50, le poison entre même dans la composition d'un "remède de cheval" contre la maladie du sommeil, qui tue de 3 à 10 % des patients : le mélarsoprol. Comme le disait le célèbre médecin d'origine allemande Paracelse (1493-1541) : "*Tout est poison, rien n'est poison, seule la dose fait le poison.*"



^ Spécialistes des molécules anti-tumorales et des maladies auto-immunes, Mounira Chelbi-Alix et Pierre Bobé ont trouvé dans l'arsenic un sujet de recherche commun.



< L'arsenic est un métalloïde proche du silicium. Injecté à très faibles doses, le trioxyde d'arsenic (AS_2O_3) a des propriétés curatives.

→ *affections très similaires à celles que l'on observe chez l'homme*". Plus précisément, ces mutantes MRL/lpr sont des souris chez lesquelles un gène, appelé Fas, est inactivé et dont les lymphocytes T présentent donc un déficit de mort programmée, ou apoptose. Du coup, ces cellules du système immunitaire ne sont plus éliminées après le passage d'une infection et, au fil du temps, s'accumulent dans les ganglions et la rate, qui finissent par s'hypertrophier. Simultanément, on observe chez ces souris une production massive d'auto-anticorps (des anticorps qui se retournent contre l'organisme qui les a produits) et de cytokines inflammatoires (des molécules du système immunitaire). Ce qui engendre de multiples maladies auto-immunes caractérisées par l'inflammation de la quasi-totalité des tissus et organes, entraînant leur détérioration et la mort prématurée.

Au bout de 35 jours d'injections, les lésions des souris ont toutes disparu !

De son côté, Mounira Chelbi-Alix est une spécialiste de l'interféron, une cytokine utilisée comme molécule antivirale et antitumorale. Au milieu des années 90, elle s'intéresse aux travaux de l'équipe du professeur Zhu Chen qui, à l'Institut d'hématologie de Shanghai, cherche un traitement contre une forme rare de cancer du sang, la leucémie aiguë promyélocytaire. A l'époque, on sait que celle-ci est associée à un remaniement chromosomique qui engendre la synthèse d'une protéine anormale oncogène, la PML/RAR. Et que l'expression de celle-ci entraîne une prolifération de globules blancs. Mounira Chelbi-Alix se souvient : "*Après une série d'essais plus ou moins fructueux, les médecins chinois, peut-être en désespoir de cause, ont décidé d'administrer de l'arsenic à leurs patients. Contre toute attente, ils ont observé de spectaculaires rémissions !*" L'explication du phénomène ne tardera pas : en 1996, l'équipe de Shanghai montre que l'arsenic induit une rémission de la maladie par apoptose des cellules leucémiques. Et l'année suivante, avec l'équipe française, elle montre que l'arsenic détruit la protéine anormale.

Nos deux chercheurs n'avaient plus qu'à se rencontrer. En 2002, Mounira Chelbi-Alix s'installe avec son équipe à l'Institut André-Lwoff à Villejuif, où travaille, justement, Pierre Bobé. Entre "voisins", le contact se noue, les informations s'échangent, les discussions se précisent. Bientôt, une



"*Tout a commencé en 1980. Je sors de l'université d'Oxford, mon master de zoologie en poche. Je crois tout savoir sur l'écologie marine. Je sais que je vais faire de grandes découvertes. J'arrive en Afrique du Sud pour commencer mon doctorat sur les manchots. Et là, tout va bien, jusqu'à ce que mon objet d'étude plonge sous l'eau et disparaisse. D'un seul coup, je ne vois plus rien…*" Les manchots sont la première passion de Rory Wilson. Juste avant… la bricole. Laquelle nourrit la première. Qu'on en juge : avec un bouchon qui monte et descend dans une seringue en fonction de l'accélération et dans lequel il coince un fragment de phosphore radioactif, une bande de film radiosensible plaquée dans le réservoir de la seringue qui imprime le Yo-Yo du bouchon, notre jeune zoologue met au point avec les moyens du bord un appareil qui lui permet d'enregistrer la vitesse des manchots qui plongent en quête de nourriture. Coût : moins d'un dollar. Ce sera le début d'une longue série d'inventions : 24 engins en 25 ans !

UNE VUE IMPRENABLE SUR LES ESPÈCES SAUVAGES

Sa dernière trouvaille est la plus aboutie. Rory Wilson l'appelle sobrement "la boîte noire". Ou "l'agenda quotidien". Il s'agit d'un boîtier en plastique de la taille d'une boîte d'allumettes bourré d'électronique, dont il suffit d'équiper un animal – pourvu qu'il pèse plus de 1 kg – pour enregistrer ses moindres mouvements. Résultat : une vue imprenable sur le comportement des espèces sauvages dans leur milieu naturel. Pour la première fois, les scientifiques peuvent suivre leurs pérégrinations les plus secrètes, sous l'eau, dans les airs ou sous terre. Une révolution ! Et ça marche. Le boîtier a déjà fait ses preuves sur un requin citron dans les Caraïbes, des blaireaux de l'Oxfordshire, des manchots sud-africains, des cormorans en Argentine, et même des chiens de compagnie. Cela méritait bien le prix Rolex, qui récompense des projets dans les domaines de l'environnement, de la culture ou de la médecine, que Rory Wilson a reçu fin 2006 pour son génial bricolage. Pourtant, ce chercheur passionné de 50 ans ne se voit pas comme un Géo Trouvetou. Si ses yeux clairs pétillent quand il décrit sa fameuse boîte noire, c'est plus pour les découvertes qu'elle promet que pour la technique elle-même. Ce que confirme Charles-André Bost, du Centre d'études biologiques de Chizé : "*C'est un chercheur extraordinairement inventif, qui met ses découvertes au service de sa discipline. La grande originalité de la boîte noire, c'est qu'elle enregistre le mouvement et les accélérations dans les trois dimensions de l'espace.*"

Une aubaine pour les spécialistes des oiseaux marins comme lui qui, avec les balises Argos ou le GPS, n'en voyaient que les mouvements horizontaux : "*On va enfin savoir si les cormorans ou les manchots plongent en U ou en V, s'ils tournent en cercle autour des bancs de proies…*" Autre avantage par rapport aux techniques par satellite : alors que leur signal ne passe pas à travers les nuages, ni sous l'eau, ni à travers les forêts denses, ni sous terre, l'agenda animalier fonctionne par tous les temps, sur tous les terrains. Sans compter qu'il ne pèse qu'entre 30 et 50 g et coûte aux alentours de 1 700 € à la fabrication, soit 10 fois moins que les balises qui envoient leurs données par satellite. Qui dit mieux ? Concrètement, la boîte noire enregistre treize paramètres de base : l'accélération

Quelle est votre conduite au volant ?

Dix mille vies épargnées sur les routes en cinq ans ! Les Français se conduisent de mieux en mieux au volant. A tel point que le bilan 2006 s'avère être le plus bas de l'histoire de la sécurité routière : 4 703 tués, soit 11,6 % de moins qu'en 2005. L'explication ? D'une part, le succès des politiques de prévention et de sanction, face à la consommation d'alcool au volant et la vitesse excessive. D'autre part, les travaux des spécialistes en neurosciences qui viennent éclairer nos comportements à risque. En effet, la fatigue et la distraction provoquent près d'un tiers des accidents. Car notre état émotionnel aussi bien que le fonctionnement inconscient de notre système visuel peuvent induire un mauvais réflexe ou produire une perception erronée de la situation. Un exemple : lorsque la route disparaît dans le brouillard, il semble évident que rouler moins vite s'impose. Il n'en est rien : des études menées au Pays de Galles montrent que l'on a alors tendance à augmenter sa vitesse d'environ 30 km par heure. Car l'automobiliste est victime d'une illusion d'optique : les objets rendus flous par le brouillard sont interprétés par l'œil comme se déplaçant plus lentement. En conséquence, le conducteur accélère, croyant maintenir son allure. Si une tâche ou une pensée l'absorbe, les mêmes objets iront jusqu'à disparaître de son champ de vision. Un phénomène que les spécialistes appellent la "cécité inattentionnelle". Alors, êtes-vous bien concentré au volant ? En route pour une série de tests pour évaluer votre bonne conduite. **Betty Mamane**



G.RIVIÈRE/ODESSA

■ P. 150 : interview de Céline Lemercier, membre du projet "Défauts d'attention et conduite automobile".

1 ÊTES-VOUS BIEN ATTENTIF ?

Prenez une feuille, un stylo, et un chrono pour évaluer une faculté vitale au volant : votre capacité d'attention.

1) Un peu de concentration

Barrez le plus de panneaux en 10 secondes ! *(figure 1 ci-contre)*



2) Etes-vous multitâche ?

Ce test, conçu par le psychologue américain John Ridley Stroop, illustre un effet qui se manifeste quand le contenu et la forme d'un message entrent en contradiction.

Suivez les consignes suivantes et chronométrez-vous à chaque étape :

a) Lisez les noms de couleur suivants :

ROUGE BLEU VERT JAUNE VERT BLEU
ROUGE VERT BLEU JAUNE

b) Enoncez la couleur de chaque séquence :

XXX XXX XXX XXX XXX XXX XXX
XXX XXX XXX

c) Lisez les noms de couleur suivants :

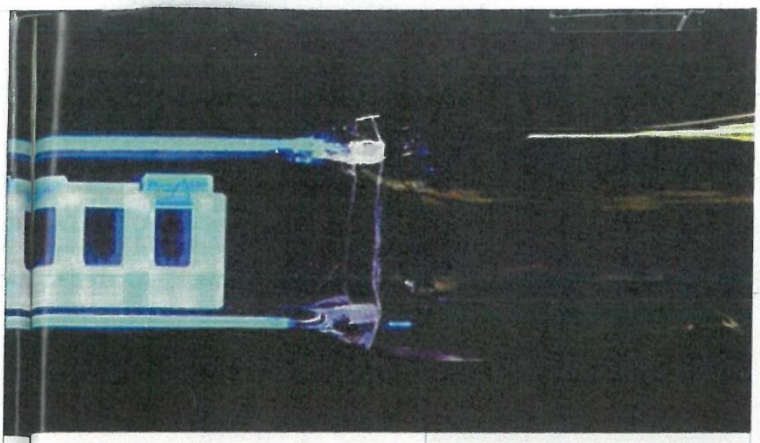
ROUGE BLEU VERT JAUNE ROUGE
BLEU ROUGE JAUNE BLEU VERT

d) Enoncez la couleur de chaque mot :

BLEU VERT ROUGE JAUNE VERT
BLEU ROUGE VERT JAUNE BLEU

RÉSULTATS QUESTION 1 :

- **Vous avez barré moins de 4 panneaux** : vous avez des difficultés à ignorer les informations distractives dans votre environnement quand vous vous consacrez à une tâche prioritaire. Ne comptez aucun point.
- **Vous avez barré entre 5 et 7 panneaux** : une bonne moyenne, comme une majorité de la population de moins de 70 ans. Sachant que cette capacité à sélectionner les informations pertinentes décline avec l'âge.



< Grâce aux condensats (dans les cases sombres), l'effet Casimir-Polder a pu être mesuré avec une précision inédite.

surface, donc serrés les uns contre les autres, et dont la position et l'impulsion sont connues avec une grande précision –, on se rend compte qu'un condensat est le meilleur candidat".

Les physiciens ont aussi découvert pour ces condensats une application plus étonnante. Qu'on en juge : plusieurs équipes dans le monde les utilisent désormais pour résoudre des calculs de physique théorique, au point de faire de ces minuscules tas d'atomes des concurrents très sérieux des plus puissants ordinateurs du monde. Pour comprendre, il faut savoir que les modèles inventés par les théoriciens sont souvent d'une telle complexité mathématique qu'il est impossible de les résoudre avec un papier et un crayon, ni même avec un ordinateur. Or, de l'avis de Martin Zwierlein, du Massachusetts Institute of Technology (MIT), *"avec des condensats, on peut en principe créer des situations expérimentales qui réalisent exactement les équations auxquelles obéissent de nombreux modèles théoriques décrivant aussi bien des systèmes de matière condensée, un plasma de quarks et de gluon qu'une étoile à neutrons."* Dans ces conditions, résoudre le problème mathématique revient à construire et à observer la situation expérimentale correspondante. Une idée qui n'est pas nouvelle : dès les années 50, des calculateurs dits analogiques ne résolvaient-ils pas des équations grâce à la réalisation de circuits électriques leur obéissant ? Inconvénient : chaque problème nécessitait un appareillage différent… Or les gaz d'atomes refroidis, dont on contrôle aujourd'hui tous les paramètres avec une grande précision, sont bien plus flexibles. De quoi espérer faire du condensat de Bose-Einstein une super-calculatrice ? Un pas important dans cette direction a été franchi il y a quatre ans lorsque Immanuel Bloch, à l'Institut de physique de Mayence, en Allemagne, piégea des atomes de rubidium dans une matrice optique réalisant un potentiel périodique en forme de boîte d'œufs. En jouant sur la profondeur des puits de potentiel, il réussit à observer une transition entre un régime supraconducteur, dans lequel les atomes sautent comme un seul homme d'un puits de potentiel dans un autre, à un régime isolant, dans lequel chaque atome reste figé au fond d'un trou. Or, si les spécialistes de la matière condensée sont normalement peu férus de physique atomique, cette expérience leur

En un an, le condensat s'est imposé dans la métrologie de haute précision

fit "tilt". Car ils sont coutumiers des potentiels en forme de boîte d'œufs, dont ils se servent pour modéliser le potentiel vu par les électrons évoluant dans le réseau cristallin d'un solide. Pour peu que l'on remplace alors mentalement les atomes de rubidium par des électrons, le système mis au point par Immanuel Bloch n'était autre qu'un solide d'atomes et de lumière. Pas un solide →

DR - AP/SIPA - HERBER





< …À LA PRATIQUE

En 1995, Carl Wieman et Eric Cornell parviennent à observer durant une poignée de secondes le fameux condensat. Des travaux qui leur vaudront de partager le Nobel avec le physicien Wolfgang Ketterle.

> JARGON

Condensat de Bose-Einstein : ensemble de quelques millions d'atomes qui, lorsqu'ils atteignent une température approchant le zéro absolu, se mettent dans leur état de plus basse énergie et deviennent indissociables les uns des autres.



GUILLAUME RIVIÈRE/ODESSA

"Au volant, on fait plusieurs choses à la fois, souvent au détriment de la conduite"

Vous savez maintenant quel conducteur vous êtes. Céline Lemercier, chercheuse en psychologie cognitive et ergonomie à Toulouse, éclaire les mécanismes qui sous-tendent ce type d'activité.

Science & Vie : Quelles fonctions cognitives sont impliquées dans la conduite ?

Céline Lemercier : Il s'agit d'une activité principalement visuo-attentionnelle : elle repose sur la fiabilité de notre système visuel et de notre capacité attentionnelle. Cependant, plus notre attention est focalisée sur une activité, moins elle est disponible pour une autre. Quand notre cerveau se consacre à deux tâches simultanées, il divise ses ressources et nous sommes moins performants. Or, très souvent le conducteur est en situation "multitâche" : il conduit tout en écoutant la radio, discute avec les passagers, etc. Le danger est alors de reléguer l'activité de conduite en une tâche secondaire.

S&V : Quel est le profil d'un bon conducteur ?

C.L. : Un conducteur "optimal" est âgé de 25 à 35 ans, a au moins cinq ans d'expérience de conduite et effectue plus de 10 000 km par an. C'est sur ces critères que nous sélectionnons les sujets qui participent à nos expériences. Sachant que la capacité attentionnelle est à son plus haut niveau jusqu'à 45 ans ; ensuite, elle baisse progressivement. De même, les problèmes de vision augmentent avec l'âge alors que le temps de réaction diminue. Par ailleurs, le fait d'être un conducteur expérimenté peut aussi inciter à prendre des risques. En devenant expert dans une tâche donnée, le cerveau a tendance à l'automatiser et à lui accorder moins d'attention.

S&V : Comment notre état émotionnel influence-t-il notre conduite ?

C.L. : Le principal facteur de risque au volant est la vitesse… qui est souvent associée à l'état de stress du conducteur. Il a aussi été mis en évidence que les personnes ayant subi le décès d'un proche ou en cours de divorce ont un risque plus important d'accident. J'ai, par ailleurs, réalisé une étude avec mon équipe sur l'effet de la musique sur le comportement du conducteur. Les résultats montrent que l'écoute d'une musique à valence émotionnelle positive (comme *Everybody Needs Somebody*) augmente les comportements à risque, notamment du fait d'une dégradation du contrôle du positionnement latéral : le conducteur passe d'un côté à l'autre de sa voie au risque de déborder. A l'inverse, l'écoute d'une musique à valence émotionnelle négative (comme *Streets of Philadelphia*) conduit à une réduction de la vitesse.

S&V : L'emploi du kit mains-libres réduit-il significativement les risques d'accident ?

C.L. : Dans tous les cas, le téléphone au volant garde un caractère accidentogène. Et contrairement à ce que suggère la législation, le kit mains-libres s'avère à plus haut risque que le téléphone portable. Sans doute parce qu'il est plus souvent utilisé par des conducteurs conduisant peu ou se sentant incapables de manipuler le volant d'une main et le téléphone de l'autre. De plus, les conversations avec kit mains-libres se déroulant dans un certain confort, le conducteur allonge le temps de sa conversation. Or, plus celle-ci s'étend, et plus il s'implique dedans… au risque de réduire l'attention qu'il porte à la route.

tent par dizaines seulement. Aucune ne montre de signes d'extinction imminente : elles exploseront effectivement "demain", mais ce demain est à l'échelle astronomique ; il adviendra dans 10 000 ou 100 000 ans.

VOIR PLUS LOIN DANS LE PASSÉ

Pourtant, pourriez-vous objecter ici, les astronomes observent parfois des explosions d'étoiles bien visibles à l'œil nu ; c'est arrivé en 1006, en 1572, en 1604 ou en 1987. Des astres ont donc bel et bien brillé dans notre ciel alors qu'ils étaient déjà morts... Certes, mais c'est l'extraordinaire puissance de ces explosions qui les ont rendus visibles. Les étoiles supergéantes qui sont mortes lors de ces explosions historiques étaient bien trop lointaines pour être visibles à l'œil nu.

En fait, pour voir à coup sûr une étoile briller alors qu'elle est déjà morte, il faut changer d'échelle spatio-temporelle : voir plus loin, afin de remonter plus loin dans le passé... A 2,5 millions d'années-lumière, les étoiles de la galaxie d'Andromède sont invisibles à l'œil nu, mais peuvent être photographiées avec un petit télescope équipé d'un appareil photo numérique. Or, nombre de ces étoiles les plus lumineuses sont effectivement déjà mortes... Bien sûr, plus on s'éloigne dans l'espace et dans le temps, plus le pourcentage d'étoiles déjà éteintes augmente. Ainsi, sur les images de *Hubble*, montrant des myriades d'étoiles brillantes et bleutées dans des galaxies situées à une centaine de millions d'années-lumière, votre question peut même être inversée : "Parmi les étoiles que l'on contemple sur ces images, combien existent encore ?" La réponse sera la même : probablement aucune. Quant à celles qui sont nées entre-temps, elles ne sont pas encore visibles... **S.B.**

HUBBLE SPACE TELESCOPE - AFP



Question

Y a-t-il un moyen de lutter contre les spams ?

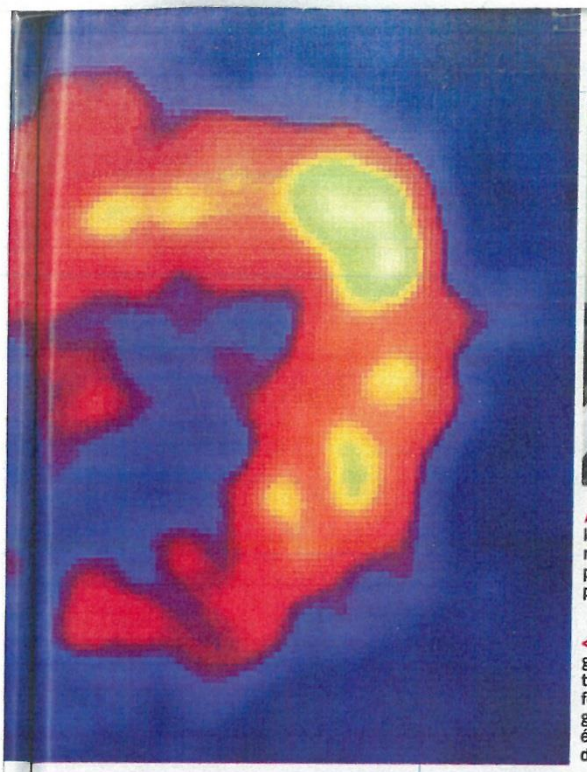
Question d'Adam Tolkien, Marseille (13)

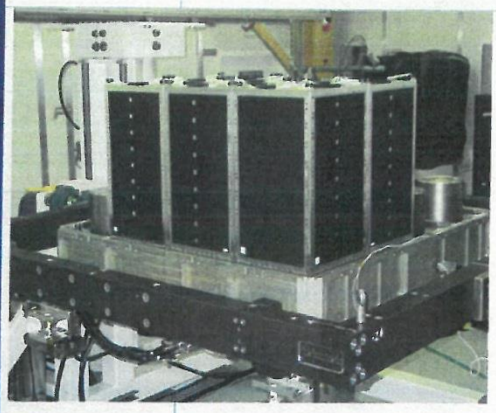
Réponse

Votre question concerne énormément de monde, quand nous sommes de plus en plus nombreux à souffrir de l'afflux de spams dans nos boîtes aux lettres électroniques. Hélas, il n'existe pas de parade infaillible contre ces messages indésirables, qui représentent 50 à 80 % du trafic mondial de courriels ! Le spam, ou "pourriel", est un courrier non-sollicité, envoyé en masse par un expéditeur inconnu à des destinataires dont l'adresse a été captée de façon irrégulière. Pour diffuser des annonces publicitaires sauvages, des contenus illégaux, des arnaques, voire des virus, les "spammeurs" ou "pollu-posteurs" constituent des listes d'adresses à l'aide d'"aspirateurs de mails", soit des ordinateurs qui parcourent Internet à la recherche de coordonnées électroniques. La première précaution à prendre est de ne pas laisser son adresse principale sur les forums, les sites d'achats en ligne, les blogs... Il est donc préférable de créer, en plus de son mail privé et professionnel, une adresse "publique" qui peut être supprimée en cas de besoin. D'autre part, lors d'envois groupés, mieux vaut inscrire la liste des destinataires dans la ligne Cci ("copie carbone invisible") afin de masquer les coordonnées des destinataires aux autres membres de la liste. Si votre mail est "aspiré", ces adresses ne le seront pas... Mais si vous avez identifié un pourriel, ne l'ouvrez pas et n'y répondez surtout pas ! Cela validerait votre adresse e-mail auprès du spammeur et exposerait votre ordinateur à des logiciels espions capables de l'utiliser comme serveur pour envoyer des spams à votre insu... Mais le moyen le plus efficace est le filtrage. En plus des filtres gérés par le service qui vous fournit votre adresse ou des logiciels antispams installés sur votre ordinateur, vous pouvez personnaliser le système de filtrage de votre messagerie, que vous possédiez un logiciel client (Outlook, Thunderbird...) ou une messagerie en ligne (Hotmail, Yahoo...). Il vous suffit d'indiquer le nom de l'expéditeur, l'objet ou le contenu du message. Ainsi, à l'avenir, les messages présentant ces caractéristiques seront mis en quarantaine avant d'être détruits. De plus, la plupart des messageries sont désormais équipées de filtres basés sur l'apprentissage qui vous permettent, en notant comme spam un message indésirable, de classer automatiquement comme tel tous ceux qui lui ressemblent. Enfin, la pratique du pollupostage étant illégale, vous pouvez le signaler auprès du fournisseur d'adresse (Hotmail, Yahoo...) qui fermera le compte du contrevenant, ou auprès du fournisseur d'accès Internet (identifié par l'adresse IP du spammeur ou par le serveur utilisé) qui pourra le priver de connexion Internet. **C.B.**

EN SAVOIR PLUS

"www.signal-spam.fr" ou "www.arobase.org", ou encore "www.cnil.fr/index.php?id=1266".





^ Le satellite GLAST, lancé fin 2007, fournira à HESS des sources potentielles à étudier plus précisément.

< Cette carte, établie grâce à HESS, montre pour la première fois une émission gamma "de haute énergie" des restes d'une supernova.

W.DANIELS - COLLABORATION HESS - NASA, GLAST MISSION

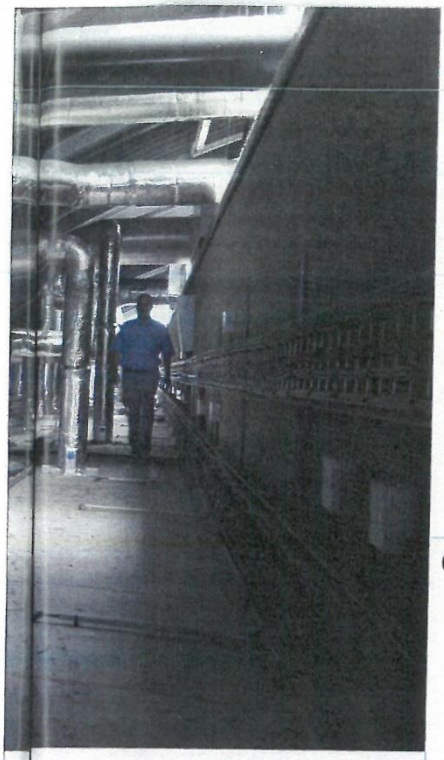
des photons gamma de 10^{13} eV. Or, en raison des mécanismes de production en jeu, des photons gamma de cette énergie proviennent d'électrons ou de protons qui ont été accélérés jusqu'à une énergie de 10^{14} eV. La corrélation entre les cartes gamma obtenues par HESS et l'émission en rayons X a plaidé en faveur des protons. Une observation qui corrobore l'hypothèse que les chocs des restes de supernovae accélèrent les rayons cosmiques.

Des résultats récents vont même plus loin, puisque des astronomes de la collaboration HESS ont annoncé en février dernier la découverte d'une source gamma associée à un amas stellaire d'étoiles jeunes, un ensemble d'étoiles enfouies dans un nuage d'hydrogène. Les plus massives d'entre elles émettent des vents supersoniques qui forment des chocs analogues aux chocs de supernovae. La présence d'une émission gamma de haute énergie dans cette région indique que les vents rapides sont également de bons candidats pour l'accélération des rayons cosmiques…

Mais les résultats de HESS ne concernent pas uniquement la Voie lactée : dès que le quatuor de télescopes a été pointé vers les autres galaxies, la moisson ne s'est pas fait attendre. Durant l'été 2006, HESS a notamment détecté un quasar – une galaxie très compacte qui abriterait un trou noir – au moment où il entrait en éruption, devenant brièvement l'astre le plus brillant du ciel dans le domaine gamma. L'émission gamma des quasars lointains permet d'évaluer la quantité de fond diffus infrarouge, rayonnement qui émane des premières étoiles et galaxies de l'Univers. Ce rayonnement infrarouge, qui baigne tout l'Univers, agit en effet comme un voile sur le rayonnement gamma. S'il est intense, on ne voit pas l'émission des quasars très lointains. Les astronomes ont ainsi sondé l'univers lointain dans le domaine gamma, et ont pu en déduire une limite supérieure sur l'intensité de ce rayonnement de fond. Un résultat qui permet d'éliminer la théorie selon laquelle une population d'étoiles extrêmement massives (supérieures à 100 masses solaires) aurait précédé les premières galaxies.

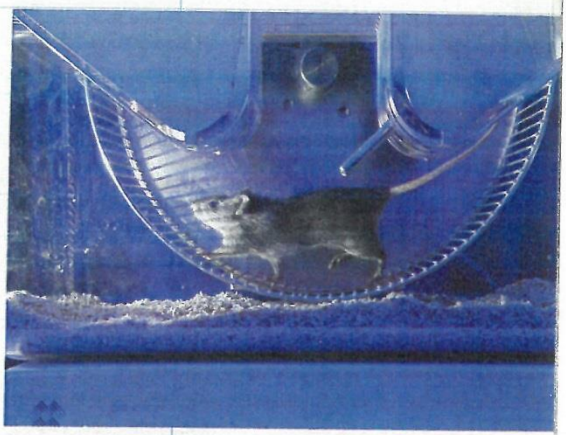
Au final, le tableau de chasse de HESS est éloquent : *"En trois ans, HESS a découvert 38 sources célestes de rayons cosmiques, dont 31 inédites, parmi lesquelles 10 sources extragalactiques et 28 galactiques"* énumère Michael Punch avec fierté. Non sans raison lorsqu'on sait que les concurrents sont loin d'avoir des résultats équivalents (voir encadré). Reste une étroite gamme d'énergie encore non-couverte, entre 10^{10} et 10^{11} eV. Pour combler cette lacune, il faudra attendre t l'envoi de GLAST (Gamma ray Large Area Space Telescope, "télescope spatial à grande surface collectrice pour le rayonnement gamma"), un satellite de la Nasa qui devrait être lancé fin 2007, et HESS 2, l'extension de HESS à plus basse énergie en 2009. Quant à la compréhension des phénomènes qui se cachent derrière les sources gamma, elle nécessite d'autres observations, dans toutes les longueurs d'onde… ■

Les chocs des restes de supernovae accélèrent bien les rayons cosmiques !

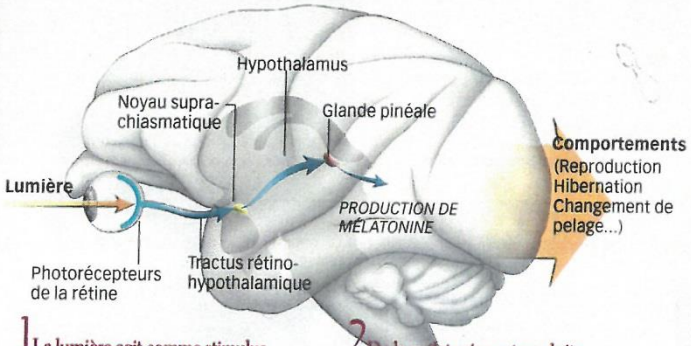


< Au chronobiotron de Strasbourg, les chercheurs recréent l'alternance jour/nuit, les températures et l'humidité des différentes saisons...

>...Et analysent l'impact de ces facteurs sur les rythmes biologiques des mammifères.



C'est d'abord la lumière qui régule l'horloge des animaux



1 La lumière agit comme stimulus
La rétine détecte la durée d'exposition à la lumière et à l'obscurité (photopériode). L'information est transmise au noyau suprachiasmatique, siège de l'horloge interne.

2 De la mélatonine est produite
L'hormone est synthétisée pendant la nuit. Libérée dans l'organisme, elle contrôle les comportements de l'animal en fonction de la saison.

que le décalage entre le bourgeonnement du chêne, l'éclosion de la chenille et l'arrivée de la mésange.

Sans compter qu'un autre élément intervient : "*On néglige souvent le fait que le changement climatique global n'affecte pas les températures avec la même intensité selon le moment de l'année ou selon les régions*", rappelle Christiaan Both, de l'université de Groningen (Pays-Bas).

VERS UNE HÉCATOMBE ?

Le biologiste se fonde sur l'évolution des températures au printemps sur la période 1980-2005 aux Pays-Bas : "*On constate que les trois premières semaines d'avril ne sont pas plus chaudes qu'avant. Or, c'est le moment où l'horloge interne des mésanges, calée sur la photopériode, les engage à pondre leurs œufs. Il n'est donc pas étonnant qu'elles n'aient pas modifié leur comportement. En revanche, la dernière semaine d'avril et les deux premières semaines de mai sont plus chaudes qu'avant. Et les arbres comme les chenilles y ont réagi directement en se développant plus tôt et plus vite. Mais, la mésange ayant déjà pondu et la durée d'incubation étant fixe, elle ne peut réagir à cet emballement de la croissance des chenilles*".

Telle serait donc la leçon à tirer de la fable. Un véritable cas d'école, dont il reste à savoir s'il s'agit d'un cas isolé, ou s'il préfigure une future norme. "A priori, *de nombreux systèmes sont susceptibles d'être perturbés de la même manière par le dérèglement des saisons*, indique Camille Parmesan, biologiste à l'université d'Austin (Texas). *Par exemple, les relations entre prédateurs et proies, insectes herbivores et plantes, parasites et insectes hôtes, ou insectes pollinisateurs et plantes à fleurs.*" Mais les études manquent encore pour le confirmer. A preuve : en 2005, Marcel Visser, de l'Institut néerlandais d'écologie, n'a relevé dans la littérature existante qu'une douzaine de situations suffisamment documentées, portant surtout sur des oiseaux, des insectes et quelques organismes aquatiques. Verdict ? "*Le plus souvent, les changements de calendrier des saisons entre deux espèces dépendant l'une de l'autre ne se font pas au même rythme.*" Ce qui en met certaines en difficulté, mais pas d'autres... (voir encadré p. 75). →

G.RIVIERE/ODESSA - H.RAGNET/PHOTOTHEQUE CNRS

SCIENCE & VIE

N° 1076

SCIENCE & VIE

N°1076 MAI 2007

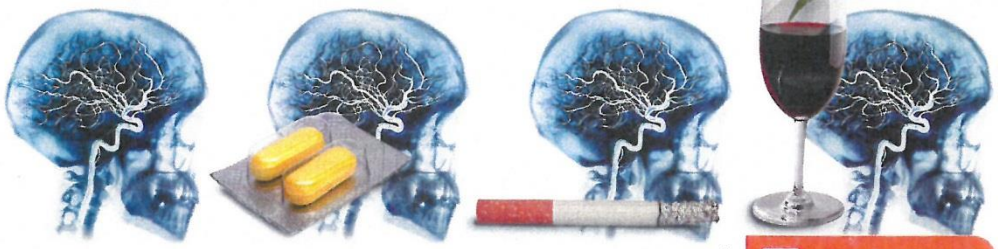
MONDADORI FRANCE



TABAC, ALCOOL, CANNABIS, MÉDICAMENTS, JEUX VIDÉO, NET...

Dépendance

Pourquoi nous ne sommes pas tous égaux



> 96 Galaxies
LA MATIÈRE NOIRE SORT DE L'OMBRE

> 114 Moteurs
VERS LA FIN DES FROTTEMENTS

Test > 158
QUEL "ACCRO" ÊTES-VOUS ?

FRANCE METRO 3,90€-DOM Surf 4,50€-DOM avion 6,50€-BEL 4,40€-CH 8FS-CAN 5,95$ CAN-D 6,50€-AND 3,90€-A 4,90€-ESP 5,20€-FIN 5,80€-GR 4€-ITA 4€-LUX 4,40€-MAR 30DH-Mad 6€-Fun/Lon/Mil 7,80€-SPM 4,50€-TOM surface 700CFP -TOM avion 1300CFP -TUN 3,6DTU

T 02578 - 1076 - F: 3,90 €



ASTROPHYSIQUE

Deux exoplanètes ont révélé le secret de leur atmosphère

Pour la première fois, des astronomes américains ont analysé l'atmosphère de deux planètes géantes situées à près de 200 années-lumière du système solaire ! Leurs compositions ont été déterminées en observant la lumière reçue par le télescope *Spitzer* au moment du passage des planètes devant leurs étoiles respectives. La composition des étoiles étant connue, il a suffi de lui "soustraire" la composition donnée par la lumière des éclipses. Des nuages de sable flottant dans les couches supérieures des atmosphères ont été mis en évidence ! L'espoir de découvrir une exoplanète dont l'atmosphère serait semblable à la nôtre grandit… **A.P.**

ENTOMOLOGIE

La vitellogénine est la clé de l'organisation sociale des abeilles. Pourquoi cette protéine principale des réserves énergétiques de l'embryon se retrouve chez les abeilles ouvrières, qui sont stériles ? Selon une équipe américaine, c'est qu'elle serait la clé de la sociabilité de ces insectes. Les chercheurs ont ainsi noté que la diminution brutale de concentration de vitellogénine détermine la transition entre le stade premier d'ouvrière et celui de butineuse ! Ce qui se confirme lorsque l'on supprime le gène codant pour la vitellogénine : la production d'hormone juvénile, nécessaire au butinage, se met alors en place. La vitellogénine explique aussi la préférence pour le nectar ou le pollen, et l'allongement de la durée de vie des abeilles. **Em.H.**

ÉTHOLOGIE

LES ESCARGOTS AVANCENT SUR LA TRACE DES AUTRES

Lorsqu'ils le peuvent, les escargots réempruntent le chemin tracé par leurs congénères pour restreindre leur propre production de mucus. Soupçonné depuis longtemps, ce comportement vient d'être scientifiquement prouvé par des biologistes britanniques de l'université de Sunderland. Presque un tiers des dépenses énergétiques des escargots passent dans la production de mucus, indispensable à leur déplacement. Tout moyen est donc bon pour en économiser ! E.H.



© DE NOOYER/FOTONATURA/MINDEN/H. EDITORIAL - NASA, JPL-CALTECH

On en reparle

La limite de diffraction a pu être dépassée

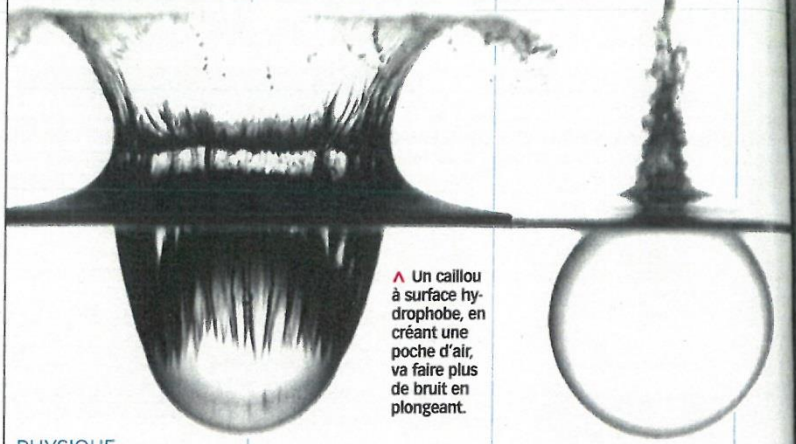
En février 2005, *S&V* rapportait comment, en inversant le sens de propagation d'ultrasons, des physiciens parvenaient à cibler les tumeurs pour les détruire. La même équipe a réussi cette fois l'exploit de "dépasser la limite de diffraction" ! Il faut savoir que la technique de retournement temporel consiste à enregistrer un train d'ondes et à le renvoyer inversé vers son lieu d'émission. Du coup, l'onde se focalise précisément à sa source, mais cette focalisation est limitée par la longueur d'onde utilisée (limite de diffraction). Pour réussir la superfocalisation – l'onde se concentre dans une zone plus petite que la longueur d'onde – il faut utiliser les ondes "évanescentes", qui transportent l'information sur les petites longueurs d'onde. Habituellement, ces ondes disparaissent vite, mais les chercheurs ont réussi à les régénérer en faisant passer le train d'ondes par un enchevêtrement de fils de cuivre. Application : l'amélioration du Wifi, car la méthode permet d'envoyer des infos différentes à plusieurs antennes proches, même si leur distance est inférieure à la longueur d'onde. **Ph.P.**

ASTROPHYSIQUE

Le Soleil accélère la rotation des petits astéroïdes

Pour la première fois, une équipe internationale d'astronomes a pu observer l'augmentation de la vitesse de rotation de deux astéroïdes sous l'effet du rayonnement solaire. Ce phénomène, prédit par la théorie et baptisé effet YORP, concerne les astéroïdes de forme irrégulière et de longueur inférieure à 10 kilomètres. Eclairés par le Soleil, ils absorbent le rayonnement avant de le réémettre, ce qui provoque un léger effet de recul, et, du fait de leur asymétrie, une modification de leur rotation. Ainsi, la période de rotation de l'astéroïde (54509) 2000 PH5 diminue d'une milliseconde par an. Une valeur qui semble infime aujourd'hui, mais les chercheurs estiment que, dans 35 millions d'années, il pourrait faire un tour sur lui-même en 20 secondes, contre 12 minutes aujourd'hui ! Une vitesse de rotation si élevée qu'elle pourrait entraîner un remodelage de sa forme, voire sa rupture, donnant naissance à un système double. L'effet est aussi susceptible de changer la trajectoire des astéroïdes. Il faut donc bien l'évaluer pour anticiper une éventuelle mauvaise rencontre avec notre planète ! **A.P.**

< Dans 35 millions d'années, cet astéroïde pourrait faire un tour sur lui-même en 20 sec, au lieu de 12 min aujourd'hui.



^ Un caillou à surface hydrophobe, en créant une poche d'air, va faire plus de bruit en plongeant.

PHYSIQUE

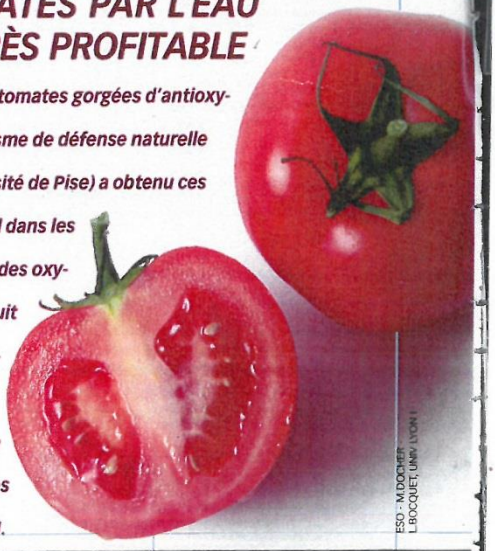
Selon sa surface, un objet fait "plouf" ou "plop" dans l'eau

Le bruit de l'impact d'une pierre dans l'eau répond à une physique plus complexe que prévu. On savait déjà qu'à grande vitesse, la pierre produit un "plouf" assorti d'éclaboussures, alors que lancée doucement, elle n'émet qu'un petit "plop" sans remous. Mais cette différence de bruit est aussi liée aux propriétés microscopiques de sa surface ! Selon une étude menée par des physiciens lyonnais, la vitesse critique séparant un "plouf" d'un "plop" est plus élevée pour un caillou à surface hydrophile que pour une pierre à surface hydrophobe. Cette dernière crée une poche d'air derrière elle en pénétrant dans l'eau, et produit des effets plus importants. De quoi rendre peut-être les sous-marins militaires plus discrets. **A.P.**

AGRONOMIE

IRRIGUER LES TOMATES PAR L'EAU DE MER S'AVÈRE TRÈS PROFITABLE

L'irrigation par eau de mer donne des tomates gorgées d'antioxydants ! C'est en exploitant un mécanisme de défense naturelle des plantes que Riccardo Izzo (université de Pise) a obtenu ces fruits améliorés. L'accumulation de sel dans les tissus détruit les cellules, qui libèrent des oxydants nocifs. En réaction, le fruit produit davantage d'antioxydants, et le mécanisme s'accélère quand la tomate mûrit. Ces fruits sont meilleurs pour le cœur, et plus faciles à cultiver dans des régions arides en bord de mer ! Em.H.

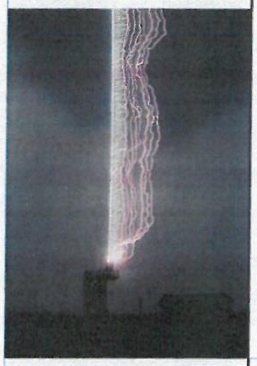


ESO - M.DOCHER L.BOCQUET, UNIV LYON I

GÉOCHIMIE

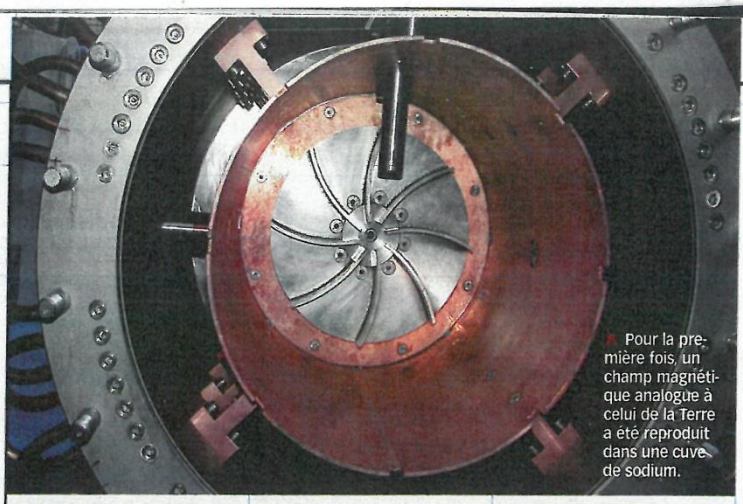
Les gaz NOx émis par la foudre ont été mesurés

Les oxydes d'azote (NOx) ne sont pas uniquement émis par nos voitures, mais également par... la foudre ! Si les chercheurs le savaient déjà, aucun n'avait jusqu'alors pu déterminer en quelle quantité. C'est désormais chose faite grâce à des physiciens des universités de Floride et de Uppsala (Suède), qui ont engendré des éclairs artificiels en lançant dans les nuages des fusées traînant derrière elles un long fil de cuivre. Après avoir parcouru 300 mètres dans les airs, la fusée provoque une décharge électrique qui se propage le long du fil jusqu'à une chambre close. Là, l'éclair transite entre deux électrodes et ionise l'azote et l'oxygène de l'air produisant des oxydes d'azote. Résultat : chaque éclair produit entre 2 et 3 x 10^{20} molécules d'oxyde d'azote par mètre et par coulomb. Une mesure qui devrait permettre de déduire la contribution de l'homme dans la production globale d'oxydes d'azote dans l'atmosphère. **C.H.**



^ Grâce à un éclair artificiel, la quantité d'oxyde d'azote produite a été mesurée.

V.RAKOV, UNIV. FLORIDA - VKS COLLABORATION - GL PRODUCTION/SUNSET



^ Pour la première fois, un champ magnétique analogue à celui de la Terre a été reproduit dans une cuve de sodium.

GÉOPHYSIQUE

On a simulé l'effet dynamo !

Pour la première fois, des géophysiciens ont reproduit en laboratoire la création d'un champ magnétique analogue à celui de la Terre ! De quoi tester l'hypothèse de la géodynamo, qui explique l'existence du champ magnétique terrestre. Celui-ci prendrait sa source entre 2 900 et 5 100 km de profondeur, dans les mouvements de convection qui animent le mélange de fer et de nickel en fusion du noyau externe de la Terre. Ces mouvements de métal liquide généreraient des courants électriques qui induisent à leur tour un champ magnétique. Un phénomène mal compris, que les modèles numériques ne parviennent à simuler que grossièrement. D'où l'idée de le recréer à petite échelle en labo ! Chose faite, après dix ans de tentatives infructueuses, par les chercheurs de la collaboration VKS (CEA, CNRS, ENS-Lyon et ENS-Paris), qui ont réussi à reproduire l'effet dynamo dans une cuve de sodium liquide, mis en mouvement par deux moteurs tournant en sens inverse. Ils ont aussi observé que ce champ magnétique pouvait s'inverser de manière aléatoire, à l'image de ce qui s'est passé sur Terre. Cette première observation de l'effet dynamo devrait améliorer la compréhension de la genèse du champ magnétique de la Terre, mais aussi du Soleil ou d'autres astres magnétiques. **P.P.**

OCÉANOGRAPHIE

LE CO_2 MENACE LES COQUILLAGES

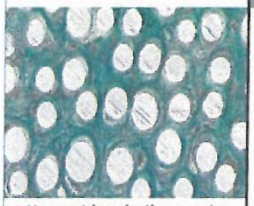
Avec l'augmentation de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère, moules et huîtres vont avoir de plus en plus de mal à se développer. Des chercheurs du CNRS et de l'Institut néerlandais d'écologie ont estimé que l'acidification des eaux de mer (voir S&V n°1054), consécutive à la dissolution du gaz carbonique dans les océans, devrait en effet réduire de 10 à 25 % la vitesse de croissance de leur coquille calcaire d'ici à la fin du siècle. S.M.



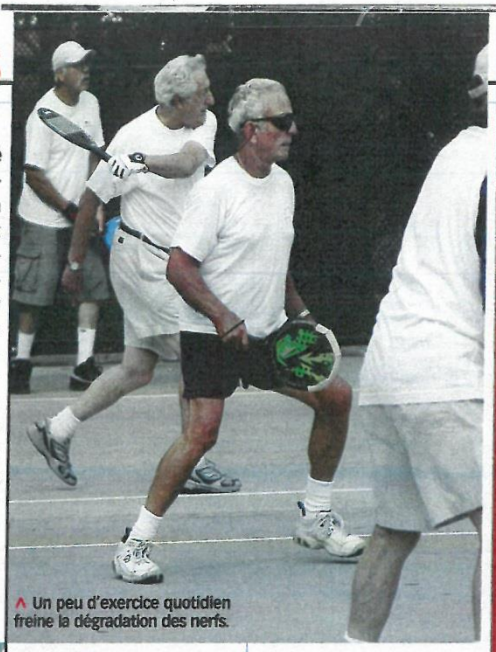
^ La vitesse de croissance de leur coquille devrait diminuer de 10 à 25 %.

ORTHOPÉDIE

Rupture du ligament croisé antérieur : l'espoir des biomatériaux. Reconstruire un ligament du genou en greffant un biomatériau, tel est l'objectif des chercheurs de l'universités de Virginie (Drexel) et de l'hôpital de New York. Les premiers tests menés sur l'animal font naître un espoir pour les sportifs victimes d'une des formes les plus graves d'entorse du genou. En effet, avec les opérations de chirurgie actuelles, la cicatrisation difficile de ligament donne lieu à une rééducation longue et à des séquelles souvent durables. La nouvelle approche est fondée sur l'utilisation d'une matrice de plastique qui se résorbe seule en quelques semaines. Ensemencée de cellules prélevées sur un ligament sain, elle est greffée sur la zone de rupture. Les résultats obtenus sont excellents : en 4 à 12 semaines, un nouveau tissu ligamentaire se développe. Il présente des qualités histologiques et mécaniques identiques à celles des ligaments naturels. **Em.H.**



^ Une matrice plastique porteuse de cellules ligamentaires est greffée sur la zone de rupture.



^ Un peu d'exercice quotidien freine la dégradation des nerfs.

NEUROLOGIE

Enrayer la perte du tonus musculaire n'est pas compliqué

En vieillissant, il devient de plus en plus difficile de contrôler la précision de nos mouvements. "*Mais la bonne nouvelle, c'est que l'on peut ralentir cette dégradation en maintenant un exercice musculaire quotidien*", souligne le Dr Christopher Knight, de l'université du Delaware (Etats-Unis). Pourquoi ? Avec l'âge, les fibres musculaires se contractent de moins en moins bien, mais il suffit au cerveau de "crier" plus fort pour se faire obéir des muscles. En étudiant les capacités de contraction d'un muscle situé entre l'index et le pouce, sur un échantillon de 33 personnes âgées de 18 à 88 ans, le chercheur américain vient de montrer que la perte de tonus musculaire peut ainsi être compensée par des stimulations nerveuses de plus en plus fortes avec l'âge. **E.N.**

Ils ont dit

- ***"SI ON VEUT UN BON SYSTÈME DE SOINS, IL FAUT SE PRÉOCCUPER AUSSI DE LA SANTÉ DES MÉDECINS"***, Max-André Doppia, secrétaire général du Syndicat national des praticiens hospitaliers anesthésistes-réanimateurs.

- ***"LA CIRCONCISION, QUI PERMET DE RÉDUIRE LA TRANSMISSION SEXUELLE DU VIRUS DU SIDA (VIH) DE LA FEMME À L'HOMME, DOIT DÉSORMAIS FAIRE PARTIE DES STRATÉGIES DE PRÉVENTION"***, Organisation mondiale de la santé (OMS).

- ***"AU NOM DE L'INTÉGRATION DES ENFANTS HANDICAPÉS DANS LES CLASSES ORDINAIRES, LES MOYENS [CONSACRÉS À LEUR PRISE EN CHARGE] NE CESSENT EN FAIT DE DIMINUER"***, Dr Pierre Rivière, pédopsychiatre, leader d'un collectif corps médical-enseignants qui proteste contre la mise en œuvre de la loi sur le handicap de février 2005.

- ***"ON SAIT AUJOURD'HUI QU'AU TOTAL, CE SONT PLUS DE 70 000 DÉCÈS SUPPLÉMENTAIRES QUI SE SONT PRODUITS EN EUROPE AU COURS DE LA CANICULE DE L'ÉTÉ 2003"***, Jean-Marie Robine, directeur de recherche à l'Inserm.



PNAS - I.LUTZ/REDUX-REA

Au nom de la loi

Des organes seront prélevés à cœur arrêté

L'agence de biomédecine a lancé un programme expérimental de prélèvement des reins et du foie chez des personnes qui n'ont pu être réanimées après un arrêt cardiaque. Ceci pour faire appliquer un décret d'août 2005 autorisant le prélèvement d'organes "à cœur arrêté" pour pallier la pénurie : en 2006, 226 personnes sont mortes par manque de donneurs. La phase expérimentale devrait durer plusieurs années. Jusque-là, seuls les prélèvements sur patients en état de mort cérébrale, mais dont le cœur battait toujours, étaient autorisés. L'étude expérimentale de l'agence devra démontrer qu'il est possible de s'assurer de la sécurité du greffon pendant les premières heures qui suivent l'arrêt du cœur. La réanimation doit être conduite par le Samu ou par une équipe médicale, dès l'arrêt cardiaque. **M.Cy.**



SANTÉ PUBLIQUE

ALLERGIES : VERS UN FLÉAU DU XXIe SIÈCLE ?

En 2015, un Européen sur deux sera atteint d'allergies ! Autant dire qu'elles sont vouées à devenir un véritable enjeu de santé publique. Les causes de cette "explosion" ? Elles sont tout autour de nous...

Par Marielle Mayo

"Rhume des foins", eczéma, asthme... Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les allergies représentent désormais la 4e maladie la plus fréquente. Et elles ne cessent de gagner du terrain dans les pays développés : selon le réseau européen de recherche GA2LEN, Global Allergy and Asthma European Network, une personne sur deux pourrait être affectée en Europe d'ici à 2015 (**clé n° 1**). *"Leur progression dans les pays développés a été très importante entre les années 70 et 90*, explique Françoise Neukirch, épidémiologiste à l'Inserm. *Les études récentes montrent un plafonnement à un niveau très élevé de l'asthme de l'adulte, tandis que la rhinite allergique (le fameux "rhume des foins") continuerait d'augmenter. Et les allergies des plus jeunes sont globalement en expansion."*

Concrètement, les allergies sont une réaction de défense paradoxale de l'organisme à des substances dites allergènes : acariens, squames de chats et chiens, pollens, protéines de l'œuf, médicaments... Paradoxale parce que ces substances *a priori* inoffensives sont identifiées, à tort, comme des "ennemis" par le système immunitaire, qui déclenche alors une réaction inflammatoire exagérée et inappropriée (**clés n° 2 et n° 3**).

DES MILIEUX TROP ASEPTISÉS

Aujourd'hui, on sait que l'âge est un facteur clé : le nourrisson souffre surtout de dermatite atopique (une forme d'eczéma), l'enfant d'asthme puis, en grandissant, de rhinite allergique. Les allergies alimentaires sont plus fréquentes chez l'enfant que chez l'adulte. L'atopie – la prédisposition héréditaire à développer une hypersensibilité à des allergènes – jouerait un rôle majeur dans cette "marche allergique".

Reste que l'hérédité n'explique pas l'explosion allergique dans les pays développés. Il faut donc chercher ailleurs. *"Dans ces pays, l'exposition aux allergènes a augmenté, notamment dans les appartements isolés et mal aérés, mais aussi à cause d'une diver-* →

H.GARCIA/MAIRIE DE PARIS

3

La montée des addictions sans drogue

Ils sont de plus en plus à être "accros" au casino, au Net, au sexe... Car il s'agit bien de toxicomanies quand les mêmes zones cérébrales sont activées que lors de la prise de drogue. Ce qui éclaire d'un nouveau jour les arcanes de l'addiction.



De 1 à 3 % de la population serait victime de "jeu pathologique", soit une dépendance à l'espérance de gain.

Nous sommes dans un petit casino de la côte normande. Dans la salle des machines à sous, des hommes, des femmes, de tous âges, les yeux rivés sur l'écran de leurs appareils, n'en finissent plus de miser. Leurs gestes sont précis, vifs, mécaniques. Nombre d'entre eux resteront jusque tard dans la nuit, indifférents à ce qui se passe autour d'eux... Sur la totalité de ces joueurs, de 2 à 6 %, au moins sont victimes de ce que les psychiatres nomment le "jeu pathologique". Soit une dépendance d'un genre très particulier puisqu'elle n'implique aucune substance telle qu'alcool, cocaïne ou autres (voir p. 68): *"Ces individus sont dépendants du plaisir que l'espérance du gain leur procure*, explique le psychiatre Marc Valleur, directeur de l'hôpital Marmottan (Paris) et spécialiste du sujet. *Et il s'agit bien d'une dépendance en ce sens qu'ils consacrent à cette activité de plus en plus de temps, au point qu'elle échappe complètement à leur contrôle"*.

Dans ce type de dépendance, on trouve à chaque fois la même perte de contrôle

En d'autres termes, ces accros sont de véritables toxicomanes... sans drogue. Si le jeu est la forme la plus répandue de ce comportement pathologique – il concerne entre 1 et 3 % de la population totale –, il n'est pas la seule de ces "addictions sans drogue". Loin s'en faut. Les psychiatres estiment en effet qu'il existe des formes de dépendance à Internet (ils parlent de cyberdépendance quand l'individu ne parvient plus à limiter le temps qu'il passe sur la Toile), au travail (ces *workaholics* qui ne peuvent s'empêcher de consacrer la quasi-totalité de leur temps à leur activité professionnelle), ou aux achats compulsifs, qui voit ses victimes procéder à des dépenses inconsidérées, sans rapport avec le budget dont elles disposent réellement.

"On connaît aussi des personnes dépendantes à une relation amoureuse pathogène, comme dans le cas d'une femme attachée contre sa volonté à son conjoint alcoolique et violent", remarque Marc Valleur. Sans oublier les dépendants au sexe, une véritable pathologie caractérisée par le besoin compulsif d'avoir une activité sexuelle extrêmement soutenue. Ni, plus répandue, l'addiction au sport, qui pousse le joggeur à préférer l'effort physique à sa vie familiale et sociale. Cette multitude d'addictions sans drogue ne doit pas tromper : toutes ont en commun une même perte de contrôle du comportement. Et Marc Valleur d'expliquer : *"Comme pour les toxicomanies classiques, ce type de dépendance se caractérise par la 'perte de la liberté de s'abstenir', pour reprendre l'expression forgée en 1955 par le médecin français Pierre Fouquet. C'est-à-dire que le sujet est conscient de son comportement, reconnaît qu'il lui pose des problèmes, mais ne parvient pas à y mettre un terme, même lorsqu'il s'y évertue"*. Un peu comme si une force obscure, plus forte que la volonté, contraignait à s'adonner indéfiniment



▼ Ce sont les poussoirs (ci-dessous) actionnés par les cames, contrôlant les soupapes d'admission de l'essence et d'évacuation des gaz, qui ont bénéficié de cette technologie. D'autres pièces du moteur de Nissan devraient recevoir le même traitement.

veau atomique, les atomes (et les forces qu'ils exercent dans leur voisinage) forment une rugosité "élémentaire", intrinsèque, que le plus parfait des polissages n'arrivera jamais à gommer. Dans les applications qui mettent en jeu des surfaces lisses, toute la question est donc de savoir comment empêcher les dernières couches atomiques d'interagir fortement entre elles. Or, en 1991, les chercheurs avaient cru tenir enfin le Graal lorsque le Japonais Motohisa Hirano démontra que deux surfaces cristallines glissaient l'une sur l'autre presque sans frottement si on les orientait l'une par rapport à l'autre sous un certain angle dit "magique" : les premières couches atomiques de chacune ne s'interpénétreraient pas et, donc, ne frotteraient pas. L'idée de "suprafriction" était née. Et les promesses de ces revêtements cristallins étaient sidérantes : un coefficient de frottement (voir "Jargon") cent fois moindre que n'importe quel matériau à sec et dix fois moindre que les procédés à base de lubrifiant.

Las, si des chercheurs réussirent à mettre en application les idées de Hirano, ce fut avec des matériaux d'une pureté exemplaire... sous vide : des exigences difficiles à répliquer par l'industrie et qui rendent le procédé inexploitable, à part dans l'espace. *Exit* alors la suprafriction ? La découverte du couple ta-C/glycérol a tout changé.

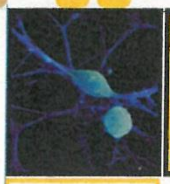
Tout a démarré en 2006 grâce à la collaboration de l'Ecole centrale de Lyon, le "California Institute of Technology" (Caltech) américain et Nissan Motors au Japon, associés pour mener une →

NISSAN

> ENJEUX

Selon Nannaji Saka, chercheur-mécanicien au Massachusetts Institute of Technology (MIT), le coût du frottement (usure, maintenance, pertes d'énergie...) aux Etats-Unis dépasse 6 % du produit intérieur brut (PIB), soit 794 milliards de dollars ! Ce chiffre incroyable est corroboré en France par une étude du Centre technique des industries mécaniques (Cetim) réalisée en 1994 : le frottement représenterait près de 3 % du PIB de l'Hexagone, soit environ 25 milliards d'euros, dont près de 50 % en frais d'entretien-maintenance. Réduire ces coûts faramineux n'est pas le seul enjeu. Le remplacement des huiles minérales par un dérivé du glycérol soulagerait la France d'une partie des plus de 240 000 tonnes d'huiles produites chaque année, selon l'Ademe. Outre que le retraitement de ces déchets est coûteux, 15 % échappent encore à la collecte.

N'utilise-t-on vraiment que 10% de notre cerveau ?



Question de Marc Henkel, Marseille (13)

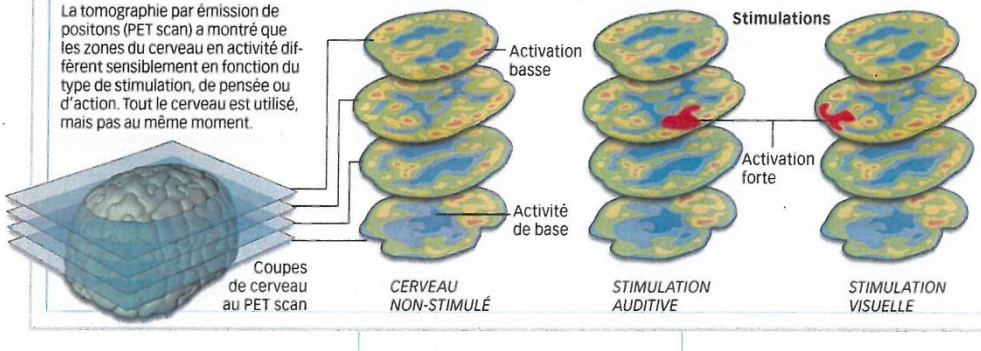
Votre question fait allusion à une idée aussi largement répandue qu'elle est... fausse. Car il s'agit là d'un mythe, dont l'origine apparaît floue. Est-ce une erreur d'interprétation des travaux de Karl Lashley qui, en 1930, observa que des rats dont une grande partie du cerveau était détruite continuaient à apprendre certaines tâches ? Ou bien le fait que les neurones ne représentent que 10% des cellules nerveuses du cerveau a-t-il semé le trouble (90% étant les cellules gliales, réputées n'être que des assistantes des neurones) ? Toujours est-il que l'idée selon laquelle nous n'utilisons que 10% des capacités de notre cerveau est largement admise.

Or, il n'en est rien. Certes, nous avons souvent l'impression de ne pas utiliser toutes les capacités de notre cerveau. Un peu comme notre ordinateur que nous employons uniquement comme traitement de texte ou pour surfer sur Internet. Cependant, toutes les régions de notre cerveau ont une fonction. C'est juste que selon les tâches à accomplir, certaines sont plus actives, alors que d'autres le sont moins.

Les techniques d'imagerie qui permettent de suivre l'activité du cerveau en temps réel montrent bien depuis une vingtaine d'années que la thèse des 10% ne tient pas la route. La résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et la tomographie par émission de positons (PET scan) indiquent que les régions activées lorsque nous parlons, lisons, bougeons, pensons... sont réparties dans tout le cerveau (voir infographie), preuve que toute l'activité cérébrale n'est ni restreinte à un domaine qui représenterait 10% du volume total du cerveau, ni à 10% des neurones. De même, les lésions lors d'acci-

Toutes les zones du cerveau travaillent, mais pas en même temps

La tomographie par émission de positons (PET scan) a montré que les zones du cerveau en activité diffèrent sensiblement en fonction du type de stimulation, de pensée ou d'action. Tout le cerveau est utilisé, mais pas au même moment.





"L'addiction est souvent un moyen d'assurer notre équilibre psychique"

Vous connaissez désormais votre degré de dépendance... Mais savez-vous ce qui la motive ? Les éclairages de Dan Velea, psychiatre-addictologue au centre médical Marmottan à Paris.

Science & Vie : Comment évalue-t-on la gravité d'une addiction ?

Dan Velea : L'évaluation est d'abord clinique. Il s'agit de comprendre comment le patient est passé d'un usage contrôlé dans un but de plaisir ou de loisir à un usage imposé par la souffrance en cas de manque. Déterminer aussi à quel point il est prisonnier de ce comportement et, surtout, l'état de souffrance psychique dans lequel il se trouve. Des tests peuvent permettre d'analyser et d'informer le patient du degré et de la pertinence de son addiction, soit du rôle qu'elle joue dans son mode de fonctionnement psychologique.

S&V : Quel est précisément ce rôle ?

D.V. : L'addiction se présente souvent comme le moyen d'assurer son équilibre psychique dans des situations difficiles. Un moyen de détente et de gestion des émotions négatives. Elle peut ainsi être un mode de réponse face à une mauvaise adaptation psychosociale (problèmes d'intégration, marginalité). Ou encore, comme chez certains adolescents, être perçue comme un moyen de transgression et d'initiation, susceptible de résoudre des difficultés existentielles, de répondre à un besoin de sensations fortes. Dans tous les cas, le processus reste le même : au bout d'un certain temps, l'addiction ne joue plus son rôle adaptatif et les symptômes qu'elle masquait apparaissent de plus en plus difficilement maîtrisables.

S&V : Le fait d'avoir été sujet à une addiction augmente-t-il le risque d'adopter un autre comportement addictif ?

D.V. : L'existence d'une addiction traduit un dysfonctionnement psychique. Un processus qui consiste à trouver une compensation temporaire à une situation de souffrance. On reste fragile, ou fragilisé, même si l'on en "guérit". Il arrive que, même après avoir réussi à contrôler son rapport au produit ou comportement, des circonstances difficiles provoquent une rechute. Dans ce cas, le sujet, à défaut de replonger, déplace ses désirs vers d'autres "objets", quand il n'associe pas plusieurs conduites addictives. Le risque de récidive est d'autant plus élevé que l'addiction remplissait un rôle important dans la vie de l'individu et que le travail de sevrage a été mené trop vite, sans lui laisser le temps nécessaire pour trouver une véritable solution de remplacement.

S&V : Quelles passerelles sont les plus fréquentes entre addictions sans substance (jeu, travail...) et avec substance (alcool, drogues...) ?

On trouve souvent une association entre le jeu pathologique et la consommation régulière de tabac et d'alcool. Sans doute, d'abord, parce que les cafés, tabacs, casinos... où se pratiquent les jeux d'argent favorisent l'accès à ces substances. Un réconfort à portée de main pour un joueur en phase de déprime. On observe aussi l'habitude de consommation de cocaïne, ecstasy ou autres amphétamines chez des addicts de jeux vidéo, l'enjeu étant la recherche d'une aide à la performance. Dans tous les cas de polyaddictions, l'une de ces dépendances est dominante. Cependant, après un sevrage mal vécu, une habitude de consommation ou une addiction secondaire peut se transformer en forte dépendance.

B.MARTINEZ

SCIENCE & VIE
N° 1088

SCIENCE & VIE

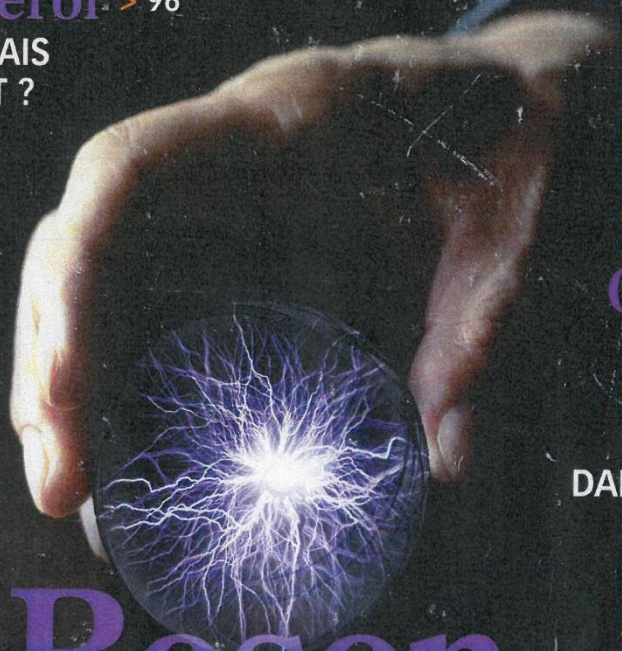
SCIENCE & VIE
N° 1088
MAI 2008

MONDADORI FRANCE

Cholestérol > 96

AUSSI MAUVAIS QU'ON LE DIT ?





> 112

Objectif Mars

TROIS ANS D'ANGOISSE DANS L'ESPACE

Boson de Higgs

La "particule de Dieu" à portée de main

> 80 **Eau salée**

IL A RÉUSSI À L'ENFLAMMER

> 48 **Alimentation**

DES ANIMAUX CLONÉS DANS NOS ASSIETTES ?

> 104 **Surtsey**

L'ÎLE PARADIS DU VIVANT

FRANCE METRO 3,95€ - DOM surface 5,60€ - DOM avion 6,60€ - BEL 4,80€ - CH 8,10FS - CAN 6S CAN-D 6,60€ - ANG 4,95£ - A 5,60€ - ESP 5,25€ - FIN 5,90€ - GR 4,10€ - ITA 4,10€ - LUX 4,50€ - MAR 32DH MAY 6,10€ - PORT CONT 3,95€ - SPM 4,60€ - TOM surface 710CFP - TOM avion 1520CFP - TUN 3,8DTU

T 02578 - 1088 - F: 3,95 €



Toutes nos bactéries vont être recensées

Par Renaud Persiaux

Elles sont des milliards à peupler notre corps, pour le meilleur et pour le pire. En décryptant notre profil bactérien, les chercheurs espèrent dessiner une nouvelle carte d'identité biologique de l'humanité.

Qui sommes-nous ? Face à cette question, tout le monde a sa petite idée. Et la science n'est pas en reste puisque, grâce au décryptage du génome humain, elle dote désormais chacun d'un profil génétique qui lui est propre. A première vue, difficile d'aller plus loin... Et pourtant si ! Car notre corps héberge des centaines de milliards de bactéries qui pourraient aboutir à une carte d'identité attribuant cette fois à chacun d'entre nous un profil génétique bactérien. Les bactéries ? Si ces minuscules organismes vivants unicellulaires ne représentent que 1 à 2 % de notre masse totale, ils sont cinq à dix fois plus nombreux que nos cellules, jouent un rôle majeur dans notre bien-être et notre santé, et sont répartis un peu partout : la peau, la bouche, le nez, la gorge, les poumons, l'appareil génital... le plus grand réservoir étant toutefois le tube digestif. Et cette flore abondante pourrait fortement varier d'un individu à un autre. "Pourrait", car malgré leur nombre et leur importance pour notre organisme, ces bactéries demeurent largement méconnues, étant les grandes oubliées de la biologie moléculaire et de la médecine de ces dernières années.

Mais les choses vont changer. A travers le monde, un grand mouvement s'enclenche actuellement pour mieux connaître cet univers mystérieux →

CORBIS - VU - SPL/COSMOS

SCIENCE & VIE

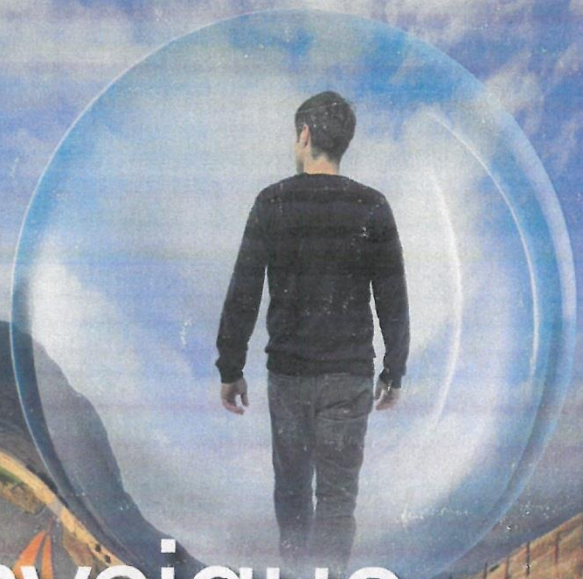
N° 1097

SCIENCE & VIE

FÉVRIER 2009 N° 1097

DINOSAURES
VRAIMENT SI GROS ?

JUSTICE
LES NEUROSCIENCES À LA BARRE



La physique quantique rend-elle fou ?

T 02578 - 1097 - F: 4,20 €

HYPERNOVA
SON FLASH ÉCLAIRE L'UNIVERS

MIGRATIONS FORCÉES
L'HOMME AU CHEVET DES ESPÈCES



A Genève, une équipe a calculé la vitesse minimale de "télépathie" entre deux particules

Le phénomène d'intrication (voir infographie ci-contre) revient à dire que deux particules arrivent à communiquer "instantanément", c'est-à-dire plus vite que la vitesse de la lumière! Comme si l'information était "téléportée". Prédit par la théorie depuis les années 1930, ce phénomène semblait impossible. Et pourtant... il est testé avec succès depuis les années 1980! Pour s'assurer que le phénomène fonctionne dans chaque direction de l'espace, l'équipe de Nicolas Gisin (ci-contre), à l'université de Genève, a répété l'expérience sur 24 heures – donc pendant toute une rotation terrestre – entre deux villages suisses. Avec succès: si la téléportation a une vitesse, elle est, d'après cette expérience, d'au moins 100000 fois celle de la lumière. Pour Nicolas Gisin, c'est donc comme si la corrélation entre les deux particules *"surgissait depuis l'extérieur de l'espace-temps"*.



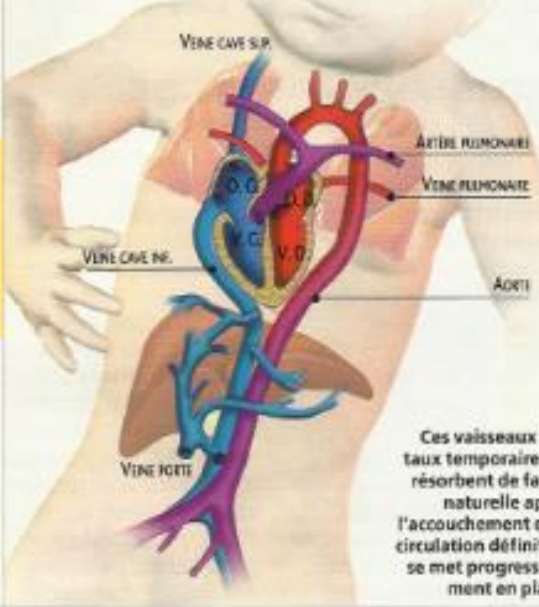
→ leur. C'est pourquoi ils répètent de manière quasi obsessionnelle ces expériences dont ils connaissent déjà les résultats... mais qui ont de quoi rendre fou! Certes, ils espèrent toujours en faire jaillir quelque chose d'inattendu, ils rêvent de constater un écart entre la théorie et la réalité expérimentale – car c'est ainsi que se jouent les plus grands progrès en sciences physiques. Et puis, maîtriser ces expériences extrêmement délicates permet souvent, à terme, de les faire déboucher sur des applications intéressantes. On sait ainsi que le laser, dont on ne pourrait plus se passer aujourd'hui, a émergé d'une expérience purement "gratuite"! Des arguments qui justifient la raison d'être de ces programmes de recherche.

Mais la principale raison qui amène les physiciens à répéter à l'envi ces expériences est ailleurs. Compulsivement, ils s'acharnent à tester la quantique parce que leur intuition ne parvient pas à admettre ses résultats. Comme le reconnaît Jean-Michel Raimond, de l'ENS: *"Les expériences nous aident à nous familiariser, à réaliser l'irréalisable, à dompter notre intuition."*

"Dompter notre intuition: voilà à quoi nous servent aussi les expériences"

Pour mieux comprendre la situation des physiciens confrontés à la folie quantique, une petite fable peut ici servir de métaphore. Les sages indiens adeptes du jaïnisme racontent que dans un village où vivaient six hommes aveugles, un éléphant vint un jour s'égarer. Ignorant ce qu'était un éléphant, les six aveugles allèrent à sa rencontre pour s'en faire une idée. *"Un éléphant, c'est une colonne"*, constata le premier, qui en tâtait une patte. *"Non, c'est une corde"*, dit celui qui manipulait sa queue. *"Vous vous trompez, c'est un tuyau rigide"*, dit celui qui empoignait une défense. *"Vous êtes fous,* s'énerva le quatrième aveugle qui palpait une oreille, *c'est un gros éventail."* *"Mais non!* explosa celui qui touchait le ventre, *c'est un énorme mur mou". "C'est plutôt un long tube élastique"*, hasarda, déstabilisé, le sixième qui caressait la trompe de l'animal... Une dispute éclata, si violente que les cris parvinrent aux oreilles d'un promeneur passant par là. Lequel, comprenant leur méprise, leur dit: *"Vous avez tous raison: un éléphant, c'est tout ça en même temps."* Les aveugles cessèrent alors de se chamailler, satisfaits de savoir désormais qu'un éléphant était la somme d'une colonne, d'une corde, d'un tuyau rigide, d'un

Circulation définitive



Ces vaisseaux fœtaux temporaires se résorbent de façon naturelle après l'accouchement et la circulation définitive se met progressivement en place.

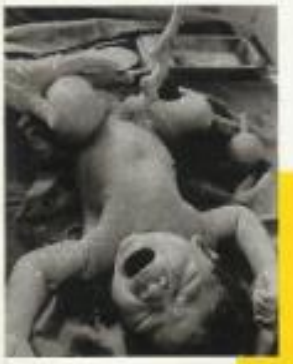
s'écoule cependant dans le ventricule droit. C'est là que débouche également le sang en provenance du cerveau. Du ventricule droit, le sang ressort aussi vite par une autre porte dérobée du cœur fœtal, le canal artériel, et rejoint ainsi l'aorte véhiculant le sang éjecté du ventricule gauche.

Lorsque tous les organes ont été oxygénés, le sang riche en déchets repart par les artères ombilicales vers le placenta où il se refera une petite santé. Ainsi le fœtus possède-t-il trois canaux sanguins bien spécifiques : le canal d'Arantius, le foramen ovale ainsi que le canal artériel, qui lui permettent de vivre sans « respirer ».

« *À la première respiration, le nouveau-né attire le sang dans les alvéoles pulmonaires*, montre Mostafa Mokhtari en gonflant lui-même les poumons. *Ce qui a pour effet de diminuer leur forte résistance. Cet obstacle envolé, le sang va changer de trajectoire : au lieu de passer par le foramen ovale, il va se déverser dans le ventricule droit puis dans les artères pulmonaires.* » Jusqu'ici, le placenta, par sa faible résistance, attirait le sang à lui. Mais ce rôle d'aimant du placenta diminue de façon naturelle avec son expulsion, qui suit de près la naissance. Et si la sage-femme a clampé le cordon, le passage par le foramen ovale se réduit d'autant plus vite. « *Passé dans les poumons*, poursuit le pédiatre, *le sang oxygéné entre dans l'oreillette gauche du cœur grâce aux veines pulmonaires, puis dans le ventricule gauche d'où il sera propulsé pour aller nourrir les organes.* » C'est donc tout naturellement que les pressions sanguines chutent dans les artères pulmonaires et le ventricule droit et qu'elles augmentent dans l'oreillette et le ventricule gauche. Ce qui contribue à la fermeture du foramen ovale. 10 à 15 % des adultes, cependant, n'auront jamais leur porte dérobée fœtale refermée. Ils vivront avec tout le reste de leur vie.

Résorber les « portes dérobées » fœtales

Que devient l'autre porte dérobée, celle qui permettait au sang de s'échapper du ventricule droit par un raccourci ? « *Le canal artériel va lui aussi se rétracter et se refermer*, explique le pédiatre, *parce qu'il possède deux particularités, qui lors de la naissance, vont aider sa fermeture progressive.* » Il présente en premier lieu une forte sensibilité à l'oxygène. Lorsque l'oxygène



DESSIN ALAIN NETTER / HENRY ACLES - SPL - COSMOS

Quand clamper et couper le cordon ombilical ?

La réponse est variable selon les interlocuteurs. Certains obstétriciens et pédiatres préconisent un clampage rapide du cordon. Étant donné que l'enfant respire, il n'a plus aucune raison d'être relié à la mère. D'autre part, les nouveau-nés sont généralement placés sur le ventre de leur mère, en amont du placenta, ce qui, par gravité, accélère la circulation sanguine du bébé vers la mère. Un clampage rapide évite ce phénomène et permet d'éviter les anémies, surtout chez les prématurés. D'autres spécialistes indiquent que l'acte n'est pas urgent. Surtout si l'accouchement s'est bien déroulé et que le nouveau-né se porte bien. Car, avec l'expulsion du placenta, c'est tout naturellement – et spontanément – que la circulation sanguine va cesser dans le cordon. Dans ces cas-là, le bébé profite de sa propre oxygénation et de celle de sa mère. En général, le cordon ombilical est coupé entre 30 secondes et une minute après l'accouchement.

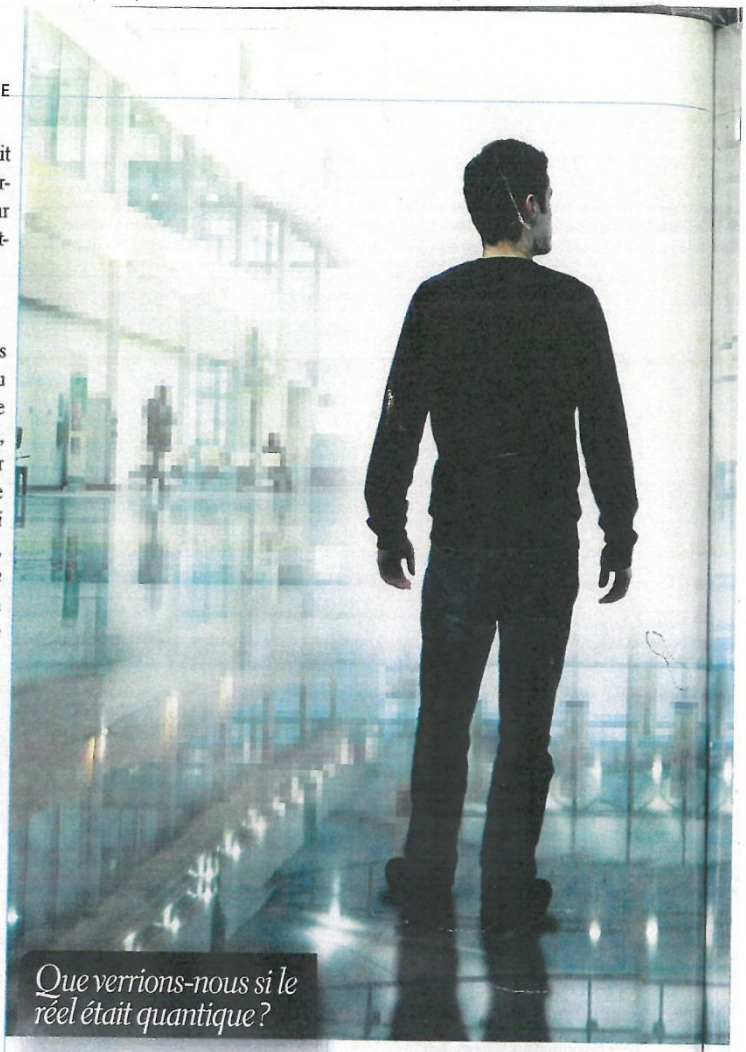
→ les physiciens en ce qu'elle prédit correctement la matière et son comportement, mais personne ne se fait pour autant une idée intuitive de l'éléphant-réalité qu'elle est censée décrire.

UN GOUFFRE D'INCOMPATIBILITÉ

La situation est même pire que dans la fable ! Car entre ce que nous dit du monde la théorie quantique et notre perception de la réalité quotidienne, quel gouffre d'incompatibilité ! Pour chacun d'entre nous, en effet, nul doute que les objets sont localisés (*je suis ici ou là-bas, mais pas les deux à la fois*), non superposables (*je ne prends pas le bus et la voiture en même temps*) et non duaux (*mon corps est solide et n'est pas en même temps une vague d'énergie*)… Dans ces conditions, la physique quantique constitue un défi à la raison. Elle nous parle d'un monde déroutant, celui des particules, radicalement différent du nôtre… alors même que celui-ci est pourtant formé de ces mêmes particules. Et puisque notre raison nous dit que le monde est un, la crise survient.

Il y a ainsi deux "foyers" de folie auxquels les physiciens sont confrontés : d'une part, l'étrangeté propre aux énoncés quantiques, qui remettent en question nos conceptions du lieu (non-localité), de l'identité (dualité onde-corpuscule), etc. ; d'autre part, l'insoutenable incompatibilité entre cette réalité décrite par les énoncés et ce que nous voyons, à notre échelle, du monde… Le premier visage de la folie quantique est, pour ainsi dire, relativement peu hostile, car les physiciens sont habitués à se confronter aux remises en question des concepts usuels de lieu, d'espace, de temps, de mouvement, etc. Par exemple, quand Isaac Newton affirma en 1687 que la Lune "tombait" sur la Terre comme une pomme, son énoncé n'était pas plus intuitif aux yeux de ses contemporains que ne l'est aujourd'hui l'énoncé de non-localité… On peut même dire que la gravitation universelle était dans une position encore plus inconfortable : Newton ne pouvait faire appel qu'à l'imagination pour prouver ce qu'il avançait – *via* une expérience de pensée mettant en scène un canon ultrapuissant capable de satelliser un boulet – alors que les concepts quantiques sont illustrés par des expériences bien réelles. En effet, depuis que la théorie quantique existe, les chercheurs n'ont jamais cessé de questionner ses étranges énoncés en réalisant des expériences qui pourraient les prendre en défaut, espérant venir à bout de leur caractère inadmissible. C'est ce que font aujourd'hui les équipes de Genève, de Paris, et bien d'autres encore ! Mais toutes font systématiquement triompher la théorie… au mépris de l'entendement humain.

Pour inutiles qu'elles apparaissent, ces expériences ont donc au moins un



Que verrions-nous si le réel était quantique ?

Si l'on envisage notre monde sur le mode quantique, on peut se figurer que toute chose est floue et indéterminée… sauf ce que l'observateur regarde. Là où ses yeux se portent, le paysage devient net, les objets déterminés. Le monde des particules est ainsi : seules celles que le physicien mesure sont clairement matérialisées en un unique lieu et dans un unique état. Le reste se résume à des probabilités.



L.VILLERET/DOLCE VITA

entre 5 °C et 10 °C pour midi, cela ne signifie pas qu'à midi il fera toutes les températures entre 5 °C et 10 °C en même temps, mais que le modèle n'est pas assez précis. Puis, quand midi sonne et que le thermomètre affiche 7 °C, on se dit que le modèle a fait une bonne approximation. Pourquoi alors prétendre, comme le fait la théorie quantique, qu'avant la mesure, une particule occupe tout le volume de son onde et qu'en touchant le détecteur, elle se "réduit" en un lieu parfaitement ponctuel mais imprévisible à l'avance? Il suffirait de dire que le photon est toujours ponctuel, qu'il suit une trajectoire parfaitement bien déterminée, mais que la théorie n'est pas assez fine pour le préciser. La fameuse non-localité – la particule est ici et là en même temps – serait une façon détournée de dire: elle est ici ou là, mais je ne suis pas capable de le distinguer clairement. Durant des décennies, de nombreux physiciens, à commencer par Einstein, ont soutenu cette idée que la physique quantique méconnaît les lois fines de la nature. Mais non! Aussi fou que cela puisse paraître, on est absolument certain du contraire, preuves expérimentales à l'appui, depuis les années 1980! Aucune théorie plus fine ne se cache derrière la mécanique quantique; aucun microscope ne peut être plus puissant qu'elle!

Récapitulons. La physique quantique pose un paradoxe énervant: le monde des particules affiche des propriétés étranges qui ne peuvent être raccordées à notre réalité quotidienne. Or, elle n'est ni fausse ni incomplète. L'esprit perd pied... Et la tentation est grande de s'évader par la folie. Justement! Deux solutions folles ont, depuis les années 1990, progressivement émergé du travail acharné des théoriciens pour résoudre le paradoxe. Folles, car l'une d'elles n'hésite pas à imaginer que c'est l'Univers tel qu'on le connaît qui est incomplet, tandis que l'autre prétend carrément réinterpréter la théorie à l'aide d'un langage mieux adapté. Les chercheurs commencent à y croire: l'histoire de l'éléphant et des six aveugles (voir p. 44) pourrait trouver son *happy end*...

La piste des multi-univers

Comment comprendre que, selon la quantique, une particule que l'on mesure s'incarne en un unique lieu, alors qu'elle est dans tous les lieux à la fois juste avant la mesure? Pour les partisans des multi-univers, il se crée à l'instant de la mesure une infinité d'univers dans chacun desquels la particule se matérialise en un lieu différent. Comme si, dans notre monde, il se créait autant d'univers que l'on fait de choix le long d'un chemin.

AUTANT D'UNIVERS QUE DE CHOIX

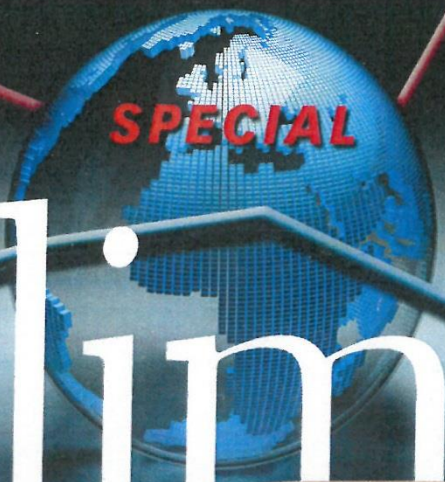
La première solution, baptisée "multi-univers" (ou multivers), est spectaculaire, voire "hollywoodienne": elle fait porter la folie quantique sur les épaules de l'Univers lui-même. Pour ses partisans, il n'y a aucun problème de passage entre le monde quantique et le nôtre au moment où l'on réalise une mesure: il se crée simplement une foultitude d'univers dans chacun desquels la particule se manifeste →

SCIENCE & VIE

N° 1110

SCIENCE & VIE

MARS 2010 N° 1110 MONDADORI FRANCE



SPÉCIAL

Climat

Le réchauffement est-il sûr ?

Les glaces fondent-elles vraiment ? Les modèles sont-ils crédibles ? Et si c'était la faute du Soleil ? La mer monte-t-elle ? L'homme est-il responsable ?

ÉTOILES
LES PREMIÈRES ÉTAIENT NOIRES

TÉLÉPHONES
ILS ONT UN EFFET SUR LE CERVEAU

MATHS
L'INAPTITUDE EXPLIQUÉE ?

T 02578 - 1110 - F: 4,20 €

PALÉONTOLOGIE

Ces traces de tétrapode ont défié les âges

Trouvées en 2002, ces empreintes fossiles d'un tétrapode n'avaient pu être datées précisément à l'époque. Réexaminées, elles s'avèrent les plus anciennes répertoriées : 395 millions d'années !

Il y a 395 millions d'années, un tétrapode foulait le sol de ce qui est aujourd'hui la Pologne. L'animal, ressemblant à une grosse salamandre de 2 m de long, a laissé de nombreuses empreintes derrière lui : les plus anciennes jamais observées à ce jour ! Une équipe de chercheurs polonais a fait cette découverte en 2002, mais rapidement, des doutes sur la datation et la forme de ces traces sont apparus, si bien qu'elles ont failli tomber dans l'oubli… Aujourd'hui sûrs de leurs résultats, les scientifiques osent remettre en cause une histoire que l'on croyait bien connaître ! Tout d'abord, ces empreintes battent de 18 millions d'années l'ancien record de traces de tétrapodes, sur l'île de Valentia, au sud-ouest de l'Irlande, et de 10 millions d'années les plus anciens fossiles connus d'elpistostégaliens. Problème : ces gros poissons ressemblant à des crocodiles, avec quatre nageoires osseuses à la place des pattes, étaient jusqu'ici considérés comme les ancêtres directs des tétrapodes. Ces deux espèces seraient donc plutôt cousins, et les recherches se dirigent désormais vers un ancêtre commun encore plus vieux. Seconde surprise : l'endroit où les traces ont été découvertes était, à l'époque, une plage boueuse bordant une mer intérieure. Or, depuis le XIXe siècle, on pensait que les premiers tétrapodes avaient débarqué sur la terre ferme depuis les grands réservoirs d'eau douce, là où la majorité des fossiles et des empreintes avaient été retrouvés : ainsi l'île de Valentia, aujourd'hui entourée d'eau salée, était autrefois une terre de lacs et de deltas de rivières. Nul doute que désormais la grande majorité des fouilles se dirigeront vers les anciennes terres marines… P.O.



> C'est une sorte de salamandre longue de 2 m qui a laissé ces traces fossiles.



< Le bébé commence à marcher au même stade de développement cérébral que celui des autres mammifères.

ÉVOLUTION

En fait, le petit d'homme ne marche pas tardivement

Le développement moteur du petit d'homme n'est pas plus lent que celui des autres mammifères ! Il commence à se redresser quand son cerveau a atteint un même niveau de développement (par rapport au poids du cerveau adulte) que celui du poulain ou du chaton. Ni plus ni moins. Martin Garwicz et ses collègues de l'université de Lund (Suède) ont comparé l'homme avec 24 espèces de mammifères. Ils ont considéré la date de conception et non la date de naissance. En dépit d'un cerveau plus complexe et d'une bipédie à acquérir, le petit humain dispose du même programme de développement de la marche qu'un poulain se redressant dès la naissance. **V.B.**



ARCHÉOLOGIE

DÈS L'ÂGE DE PIERRE, ON MANGEAIT DES CÉRÉALES

Julio Mercader, de l'université de Calgary, au Canada, a découvert des traces de céréales sur des grattoirs et hachoirs retrouvés au Mozambique et datant de l'âge de pierre (-100 000 ans). Les outils étaient couverts de grains d'amidon issus pour la plupart du sorgho (photo) et portant la marque d'un travail humain : trous, fissures, aplatissement… On supposait jusqu'ici que les céréales étaient apparues dans l'alimentation humaine il y a 10000 ans seulement, avec les débuts de l'agriculture. **E.H.**

En bref…

› *DES CHIMPANZÉS DE GUINÉE SE SERVENT D'ENCLUMES EN BOIS ET DE GROSSES PIERRES* pour réduire en bouchées les gros fruits d'un arbre. Cette nouvelle façon d'utiliser un outil, observée par des chercheurs anglais et japonais, semble culturelle : des chimpanzés vivant dans la région voisine n'ont pas appris à le faire. **V.B.**

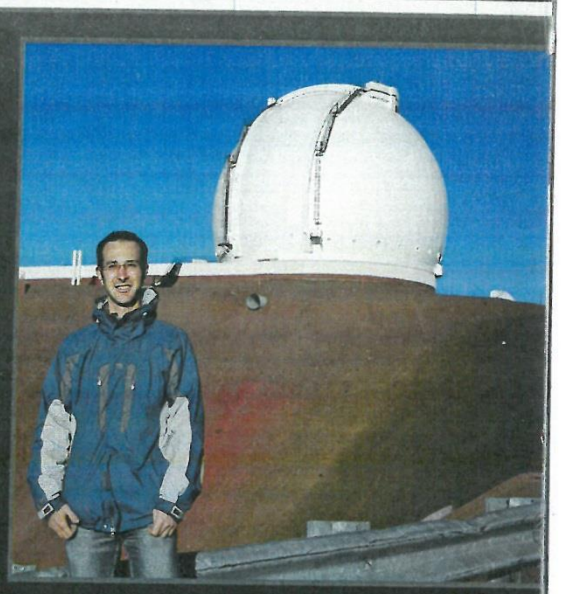
› *LES FEMMES ONT UNE PLUS GRANDE SENSIBILITÉ AU TOUCHER QUE LES HOMMES* car elles ont… de plus petites mains. Selon des chercheurs canadiens et américains, les doigts féminins ont des récepteurs du toucher plus concentrés que les doigts masculins. **V.B.**

› *C'EST PEUT-ÊTRE L'ÉLIXIR DE JOUVENCE DE DIANE DE POITIERS*, une solution à base d'or qu'elle buvait tous les matins, qui lui a été fatal. Des chercheurs français ont découvert, dans ses cheveux, des concentrations en or cinq cent fois supérieures à la moyenne, un taux suffisant pour provoquer une intoxication. **C.H.**

› *LES RAPTORS SINORNITHOSAURUS SERAIENT LES PREMIERS DINOSAURES CONNUS POUR IMMOBILISER LEUR PROIE* avec une morsure venimeuse peu profonde, pareille à celle de lézards hélodermes. En observant leur dentition et leur crâne, des chercheurs chinois et américain en ont acquis la certitude. **S.Bo.**

BIOS - G.HASBURN/AURORA





▲ L'astronome David Lafrenière a été de toute l'aventure : co-découvreur, en 2008, des trois exoplanètes géantes de l'étoile HR 8799, il est avec Markus Janson l'initiateur du projet d'analyse directe de leur profil lumineux – leur spectre.

◀ Le spectrographe infrarouge NaCo qui équipe l'un des quatre télescopes du VLT est le seul dont la sensibilité et le pouvoir de résolution étaient suffisants pour mesurer la très faible signature lumineuse de la planète extrasolaire.

télescopes"... et on connaît la suite. Dans la course au "spectre exoplanétaire" direct, ils auront sans conteste été les plus rapides.

UNE "EXO-TERRE"...

Or, le spectre lumineux est la seule information que les astronomes pourront jamais récolter sur cette planète, puisqu'aucun être humain n'y posera jamais le pied. Il s'agit donc d'une mine d'or. A la clé ? Le moyen de connaître la composition chimique de l'élue – chaque "pic" de son spectre correspond en effet à la présence d'un élément chimique –, et sa température. "*Déjà, on a constaté une divergence par rapport aux modèles théoriques de composition chimique et de température des exoplanètes qui prévalent aujourd'hui. On va pouvoir commencer à les réviser.*" Du nouveau, donc, pour comprendre le fonctionnement, mais aussi la formation des planètes extrasolaires.

Mais surtout, la réussite de la jeune équipe signifie que dorénavant, les scientifiques vont pouvoir étudier la lumière d'un nombre bien plus important de planètes. Car jusqu'ici, les astrophysiciens utilisaient des méthodes indirectes pour capter cette lumière : il leur fallait attendre que la planète passe devant son étoile (transit) pour analyser la lumière stellaire "filtrée" par l'atmosphère de la planète, et en déduire le spectre de l'atmosphère planétaire. Ce qui limitait beaucoup les candidates : il fallait d'abord repérer un système planétaire qui se présente à nous par la tranche – une configuration rare –, puis attendre que se produise ce fameux transit (une fois par période de révolution de la planète). Avec cette méthode, il suffit que la planète soit jeune (chaude) et pas trop proche de son étoile.

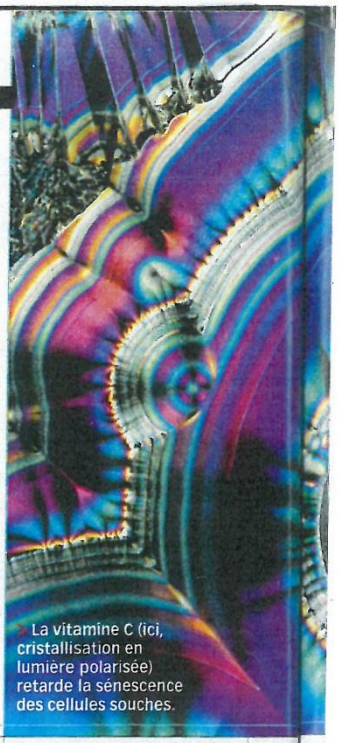
Reste une question : pourra-t-on bientôt analyser, avec la même méthode, l'atmosphère d'une planète de type terrestre, beaucoup plus petite et surtout avec une atmosphère bien plus ténue, et y trouver – qui sait – des signes d'activité biologique ? "*On n'en est pas là*, concède Lafrenière. *Avec les moyens actuels, notre méthode ne s'applique pour l'instant qu'aux géantes gazeuses chaudes. Je pense qu'il faudra encore une bonne dizaine d'années de progrès techniques pour réussir à analyser l'atmosphère d'une 'exo-Terre'*". Mais ce rêve est désormais à portée de main. Le rendez-vous est pris.

Román Ikonicoff

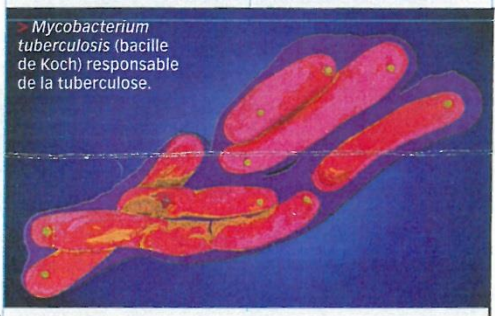
BIOLOGIE

La vitamine C facilite la production "éthiquement correcte" de cellules souches

On connaissait la vitamine C pour ses vertus antioxydantes, moins pour son action sur la formation des cellules souches. Pourtant, l'équipe de Duanqing Pei (Académie des sciences chinoise) a démontré qu'elle améliorait l'efficacité de la reprogrammation des cellules adultes en cellules souches pluripotentes induites, similaires aux cellules souches embryonnaires. La technique mise au point en 2007 promettait de s'affranchir des limites éthiques des cellules souches embryonnaires – scientifiquement les plus intéressantes – mais restait jusqu'alors lente et peu fiable en raison du vieillissement accéléré des cellules obtenues. C'est en cherchant la cause de la sénescence dans l'accumulation des radicaux libres, éléments chimiques naturels doués d'un fort pouvoir oxydant, que les généticiens chinois ont découvert le rôle particulier de la vitamine C. Sachant que, curieusement, ses propriétés antioxydantes n'y sont pour rien : la vitamine C retarderait la sénescence des cellules souches en réduisant leur teneur en protéines p53, gardiennes du génome capables de mettre en veille la machinerie cellulaire en cas de lésion de l'ADN ou de défaut du métabolisme cellulaire. Elle activerait également la transcription des gènes, accélérant ainsi la formation de cellules capables de générer tous les types cellulaires. **E.H.**



> La vitamine C (ici, cristallisation en lumière polarisée) retarde la sénescence des cellules souches.



> *Mycobacterium tuberculosis* (bacille de Koch) responsable de la tuberculose.

SPL/COSMOS - THERMAHELM - H.CONGE/ISM - DESIGN PICS/PLAINPICTURE

IMMUNOLOGIE

Le BCG pourrait devenir un traitement de l'asthme

Des chercheurs de l'Institut Pasteur ont mis au point un nouveau traitement de l'asthme grâce au vaccin contre la tuberculose. *"Au Japon, où la tuberculose est fréquente, l'asthme est trois fois moins fréquent chez les enfants vaccinés par le BCG*, raconte Gilles Marchal, *d'où l'idée d'en faire un traitement de l'asthme. A condition de parvenir à inactiver le BCG"*. Car il contient des bacilles de Koch vivants atténués qui risquent d'entraîner des réactions immunitaires et des abcès en cas d'injections répétées. Obtenue par déshydratation totale, la nouvelle souche, inoffensive et baptisée BCG EFD (Extended Freeze-Drying), vient de montrer son efficacité sur des souris. *"Il y a bien une inflammation mais le BCG EFD stimule le système immunitaire pour qu'il la contrôle"*, explique Gilles Marchal. Ce traitement pourrait arriver sur le marché d'ici cinq ans. Il nécessite quatre injections par an et serait dépourvu d'effets secondaires. **M.Cy.**

TRAUMATOLOGIE

CE CASQUE PRÉVIENT LES ŒDÈMES CÉRÉBRAUX

Le casque réfrigérant ThermaHelm pourrait bien sauver la vie de nombreux motards accidentés. Conçu au centre d'innovation de l'université du Sussex de Brighton, il présente une doublure qui renferme deux poches : l'une, remplie d'eau, et l'autre, de nitrate d'ammonium. En cas de choc violent, les poches se rompent et les produits se mélangent. La réaction chimique provoque un refroidissement du casque, qui dure 45 min. Résultat : le cerveau est maintenu à 37 °C contre 47 °C avec un casque standard. De quoi protéger les tissus meurtris avant l'arrivée des secours. F.H.



Les glaces fondent-elles ?

OUI PLUTÔT OUI OUI MAIS... PROBABLE POSSIBLE PAS TOTALEMENT NON

Un indicateur très concret et très lisible de l'augmentation des températures est la réduction du volume des glaces de la planète. Logique, plus il fait chaud, plus la glace fond. On peut observer cette réduction sur les trois grandes catégories de glace : les glaciers de montagne, les banquises (glaces polaires flottantes) et les calottes polaires, ces deux masses qui recouvrent les terres groenlandaises et antarctiques.

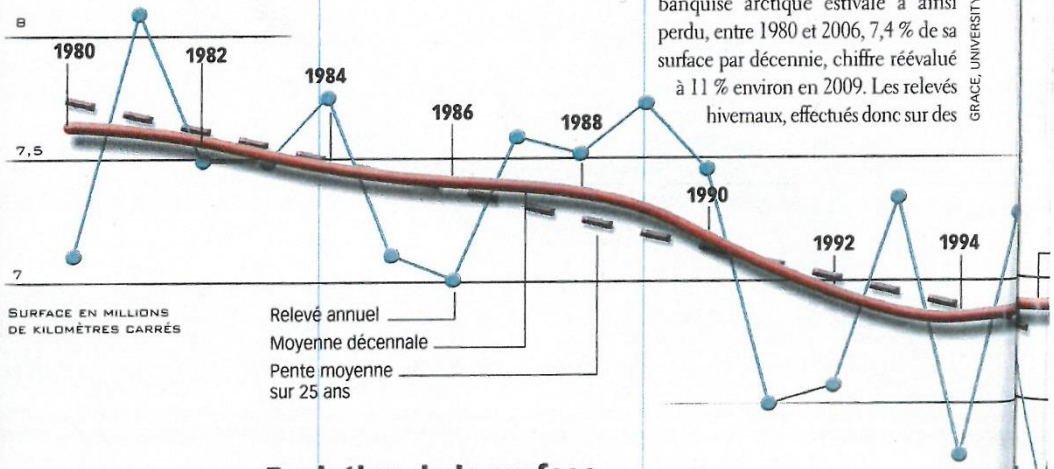
TENDANCE PLANÉTAIRE

Les glaciers de montagne sont les premiers touchés, et il existe quelque deux siècles de données diverses les concernant, depuis la réduction de leur longueur totale observée par l'homme, jusqu'à des mesures de leur épaisseur obtenues par différentes techniques d'altimétrie (laser, notamment). Même si le détail des chiffres peut faire débat pour telle ou telle partie du globe, le verdict s'avère au final sans appel : ces glaciers raccourcissent, en moyenne, de 50 mètres par décennie depuis cent cinquante ans. Et le même chiffre se retrouve à peu près pour les différents continents, accréditant l'idée d'une cause commune et planétaire. Qui plus est, une accélération d'environ 30 % de ces fontes est également observée depuis les années 1990.

La neige ne formant qu'une couverture saisonnière, les données la concernant constituent un sujet un peu différent. Mais on notera que cette couverture, fournie par les stations météo, montre une tendance analogue à celle des glaciers, bien qu'étant plus récente : la surface globale couverte par la neige en hiver décroît depuis les années 1950. Elle est passée de 38 à 35 millions de kilomètres carrés environ.

CHANGEMENTS SPECTACULAIRES

Quant à la glace des banquises et des calottes polaires, son évolution n'est suivie que depuis une trentaine d'années. Et pour cause : ces zones sont non seulement très étendues, mais aussi parmi les plus inhospitalières de la planète. Ce n'est que depuis les débuts de l'ère satellitaire que les scientifiques ont trouvé le moyen de suivre leur évolution. Mais, en trois décennies, les changements se sont déjà avérés spectaculaires. La banquise arctique estivale a ainsi perdu, entre 1980 et 2006, 7,4 % de sa surface par décennie, chiffre réévalué à 11 % environ en 2009. Les relevés hivernaux, effectués donc sur des



GRACE, UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN - NASA - M. KOTENTE

Evolution de la surface estivale de la banquise arctique de 1980 à 2006

SOURCE : GIEC 2007

Le vivant est-il perturbé ?

OUI **PLUTÔT OUI** OUI MAIS... PROBABLE POSSIBLE PAS TOTALEMENT NON

Le réchauffement peut-il se mesurer à l'aune d'un impact sur la faune et la flore ? La chose est délicate. Le vivant est naturellement constitué de systèmes complexes en état de changement permanent : les espèces se déplacent, colonisent de nouveaux territoires, en abandonnent d'autres, se raréfient ou pullulent. De plus, l'accroissement de la pression humaine et des moyens de communication accentue le rythme des bouleversements dans la nature, sans que le climat soit nécessairement en cause. On voit par exemple apparaître des espèces en des lieux où elles étaient inconnues simplement parce que l'homme les y a amenées, intentionnellement ou non ; de même, on assiste à des extinctions ou à des changements de comportements qui ne sont rien d'autre que des réactions à la présence humaine. Il est donc généralement impossible, face à un changement particulier, de dire de manière incontestable s'il résulte de facteurs climatiques ou non. En revanche, il est possible de voir si statistiquement les changements se produisent de manière aléatoire, ou s'ils peuvent être corrélés avec une adaptation à un réchauffement.

CHANGEMENTS INCONTESTABLES

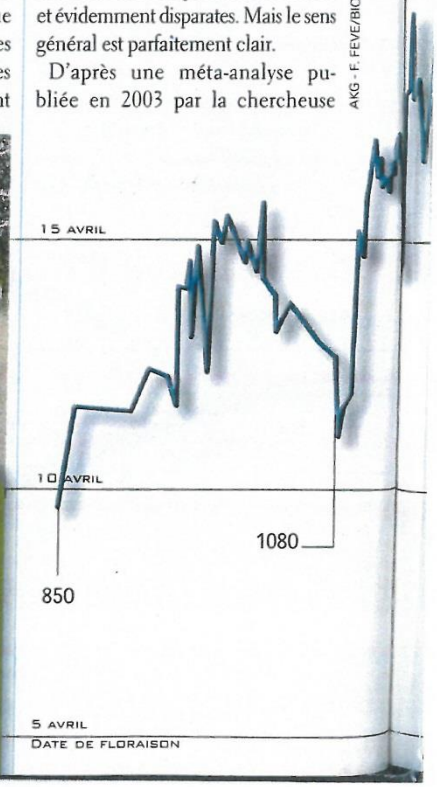
Lorsque l'on adopte cette démarche, la signature du réchauffement climatique apparaît nettement, comme en atteste la littérature naturaliste de ces dernières décennies. Le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) de 2007 recense quelque vingt-sept mille séries de données portant sur les systèmes biologiques et attestant d'un changement (dont on ignore la cause *a priori*). A 90 %, la logique du changement est celle d'un réchauffement. On trouve ainsi des espèces migratrices (oiseaux, poissons, insectes…) qui anticipent leur migration ; des espèces inféodées au froid qui disparaissent. Par ailleurs, les aires de répartition d'innombrables organismes (allant du plancton marin aux mammifères terrestres en passant par les tiques) s'étendent vers le nord ou vers des zones plus élevées en altitude. Sans parler des dates de germination ou d'éclosion qui avancent ou, pour les systèmes agricoles, de la survenue toujours plus précoce des moissons, des vendanges et d'autres récoltes. Les exemples sont nombreux et évidemment disparates. Mais le sens général est parfaitement clair.

D'après une méta-analyse publiée en 2003 par la chercheuse



AKG - F. FEVE/BIOS - NASA - M. KOTENTE

> La date de floraison des cerisiers au Japon est de plus en plus précoce. Un changement, parmi d'autres, accréditant la thèse d'un impact du réchauffement sur le vivant.



LES CERISIERS FLEURISSENT BIEN PLUS TÔT

Certains phénomènes biologiques sont précisément datés depuis plusieurs siècles, offrant aux scientifiques de précieuses bases de données. C'est le cas de la floraison des cerisiers au Japon. On voit sur la courbe qu'à Kyoto elle avait lieu entre le 10 et le 20 avril lors du dernier millénaire, et qu'elle se déroule avant le 10 avril à partir des années 1980 environ. L'évolution des cultures de la vigne ou des poiriers montre la même tendance. L'accumulation de ce type de données tend à montrer que le vivant est impacté par le réchauffement.

La mer monte-t-elle ?

OUI PLUTÔT OUI **OUI MAIS...** PROBABLE POSSIBLE PAS TOTALEMENT NON

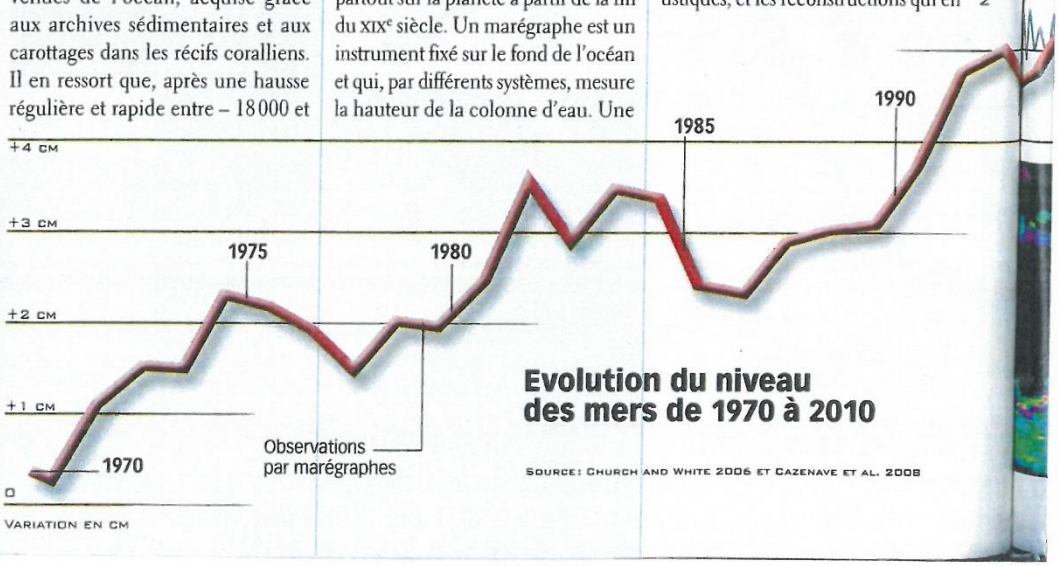
Qui dit élévation de la température, dit fonte des glaces d'une part et dilatation des eaux d'autre part. Deux bonnes raisons d'étudier le niveau de la mer ! Mais le constat n'est pas si simple à établir. Car notre planète se trouve dans une période interglaciaire : il y a vingt mille ans, lors de la dernière glaciation, d'énormes calottes polaires descendaient jusqu'au Bassin parisien. Or, leur fonte progressive (sous l'effet d'un réchauffement dû à une variation de l'orbite terrestre) a fait monter le niveau marin, et pas qu'un peu : il est aujourd'hui 120 mètres plus haut qu'alors ! Il est donc possible que le niveau de la mer continue de s'élever sur cette lancée, sans que le récent réchauffement soit en cause.

Pour en avoir le cœur net, les scientifiques étudient le rythme qu'adopte ce mouvement. Un examen qui est rendu possible par la connaissance relativement bonne des allées et venues de l'océan, acquise grâce aux archives sédimentaires et aux carottages dans les récifs coralliens. Il en ressort que, après une hausse régulière et rapide entre – 18 000 et – 6 000 ans, la montée s'est ralentie, au point d'atteindre une quasi-stabilité au cours des deux ou trois derniers millénaires, avec une élévation limitée à 0,1 mm ou 0,2 mm par an. Or, à la fin du XIXe siècle, une nouvelle hausse est constatée, nettement plus rapide (presque 1 mm par an). Hausse qui a perduré durant le XXe siècle, avant de s'accentuer jusqu'à approcher 1,5 mm par an. Depuis les années 1990, les données indiquent même une nouvelle accélération : l'augmentation moyenne dépasse désormais 3,3 mm par an, soit +3,3 cm par décennie ! On assiste donc bien à une reprise nette de la montée des eaux.

DES MESURES INCOMPLÈTES

Comment le sait-on, surtout avec une telle précision ? Les reconstructions du niveau marin au cours des cent trente dernières années reposent sur les données fournies par les marégraphes qui ont été installés un peu partout sur la planète à partir de la fin du XIXe siècle. Un marégraphe est un instrument fixé sur le fond de l'océan et qui, par différents systèmes, mesure la hauteur de la colonne d'eau. Une donnée qu'il faut corriger de l'effet des vagues, des marées, de la pression atmosphérique ainsi que d'autres variables quotidiennes ou saisonnières. Analyser les mesures fournies par le réseau mondial des marégraphes pose ensuite les mêmes problèmes que pour les températures (voir p. 42) : hétérogénéité des instruments et des pratiques, lacunes dans le réseau. Avec deux difficultés supplémentaires : *primo*, le réseau est resté pour l'essentiel cantonné aux littoraux, généralement à proximité des ports, avec très peu de renseignements sur le centre des océans. *Deuxio*, les marégraphes mesurent également les mouvements verticaux de la croûte terrestre, par exemple l'enfoncement des deltas ou ce que l'on appelle le "rebond isostatique", c'est-à-dire la remontée des régions libérées de leur glace après la fonte. Ces limites des marégraphes font évidemment l'objet de corrections par des méthodes statistiques, et les reconstructions qui en

N. KONTENTE - J. BAYLOR ROBERTS/NATIONAL GEOGRAPHIC - NASA/JPL



Evolution du niveau des mers de 1970 à 2010

SOURCE : CHURCH AND WHITE 2006 ET CAZENAVE ET AL. 2008

Les événements extrêmes

OUI PLUTOT OUI OUI MAIS PROBABLE **POSSIBLE** PAS TOTALEMENT NON

Sécheresses, inondations, canicules, vagues de froid, tempêtes, cyclones… les événements météorologiques extrêmes sont étroitement associés dans notre imaginaire à un dérèglement du climat et, de là, au réchauffement de la planète. Non sans raison : lorsqu'on fournit plus de chaleur, donc plus d'énergie, à un système, celui-ci a tendance à la dissiper davantage, parfois violemment. Mais existe-t-il des statistiques accréditant que ce type d'événements est à la hausse ? La réponse est qu'il en existe, mais relativement peu. Cela tient à la nature particulière de ce qu'est un "événement extrême", à savoir un événement dont l'ampleur est éloignée de sa moyenne (la même température sera considérée comme un extrême à Stockholm, mais pas à Séville).

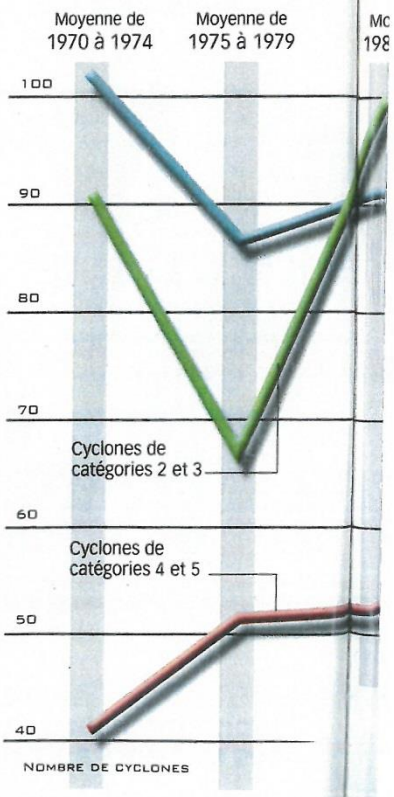
PAS SI SIMPLE DE LES DÉTECTER

Il en résulte plusieurs difficultés. D'abord, un événement extrême est presque par définition un événement localisé se produisant sur une période courte. Il a donc tendance à disparaître des statistiques dès que l'on fait des moyennes nationales, ou des moyennes annuelles ou saisonnières. Il faut donc disposer d'un réseau de mesures à haute résolution – c'est-à-dire de nombreux capteurs, dont les données sont fréquemment relevées – pour le détecter, et ce type de réseau n'existe guère que dans les pays développés.

Autre difficulté : un événement extrême est par définition rare – or, avant de pouvoir définir une tendance statistiquement significative (hausse ou baisse), il faut beaucoup d'événements ! La survenue de deux crues centennales au cours d'un siècle, par exemple, ne permet pas à elle seule de dire que le risque de crue est à la hausse.

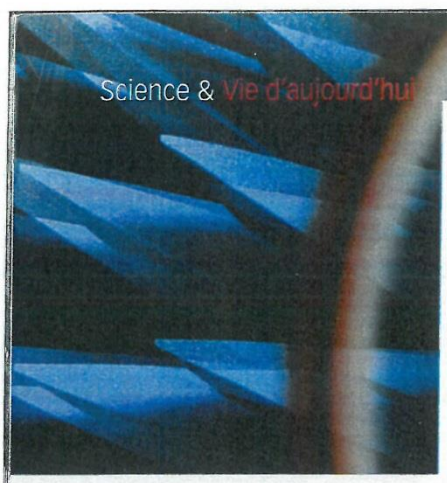
Quelques tendances, néanmoins, ont été mises en évidence, comme l'accroissement d'épisodes caniculaires, *via* le nombre de jours et, surtout, de nuits pendant lesquels la température est anormalement élevée. On observe d'ailleurs également une raréfaction des journées et nuits froides. Également constatée : la tendance à l'intensification du cycle hydrologique, conséquence logique du réchauffement (par augmentation de l'évaporation), qui se manifeste notamment par des fortes pluies en hausse. Même lorsque la quantité annuelle de pluie reste inchangée, la proportion de l'eau qui tombe sous forme de pluies intenses semble s'élever régulièrement à l'échelon mondial : de l'ordre de quelques pour-cent par décennie. Simultanément, le nombre de jours sans pluie ou avec des pluies très faibles s'accroît également.

En ce qui concerne les tempêtes de haute latitude, aucune véritable tendance statistique n'est apparue, contrairement à ce que l'on entend



DE TOUS LES CYCLONES RECENSÉS DEPUIS 40 ANS, LES PLUS INTENSES ONT DOUBLÉ

Sur cette courbe retraçant l'évolution des différents types de cyclones depuis 1970, il apparaît clairement une tendance à l'augmentation de ceux de forte intensité, de catégories 4 et 5, par rapport à ceux de catégories 1, 2 et 3. Mais ces chiffres doivent être interprétés avec précaution, car le faible nombre d'événements (moins de 250 par an) ne permet pas de construire des statistiques parfaitement fiables et donc de confirmer la multiplication des événements extrêmes – cyclones intenses, nuits anormalement chaudes, fortes pluies… – et de la corréler au réchauffement climatique.



→ *du DAS réclame une modélisation complexe et exige un niveau d'expertise élevé*", souligne Jean-François Doré. Pour la partie biologique, l'Agence a évalué la pertinence des modèles animaux utilisés et la sensibilité des techniques employées. Lorsqu'il s'agissait d'études sur l'animal, elle a vérifié si des dispositions avaient été prises pour limiter leur stress. La taille des échantillons étudiés, la possibilité de répliquer les résultats et la mise en place de contrôles ont aussi été pris en compte.

Au final, les 11 études retenues mettent en évidence des perturbations organiques mineures et hétérogènes, mais aucun impact majeur. Le rapport de l'Afsset conclut donc à une absence d'effets biologiques avérés. L'Afsset ne demande pas une réduction générale de la puissance des antennes, qui ne reposerait sur aucune justification scientifique. "*Toutefois, s'inspirant du principe* ALARA [As Low As Reasonably Achievable] *qui préconise la prudence en matière de radioprotection, elle recommande de réfléchir à la diminution des niveaux d'exposition dans les lieux présentant des valeurs sensiblement plus élevées que le niveau moyen ambiant*", nuance Jean-François Doré.

En parallèle des études biologiques, que disent les études épidémiologiques? Bien que de nombreux travaux pris en compte par l'Afsset aient cherché à corréler l'utilisation régulière du portable à une augmentation du risque de tumeur intracrânienne, on est encore dans le flou, d'autant que les résultats définitifs de l'étude Interphone – la plus vaste étude épidémiologique consacrée à ce sujet, menée dans 13 pays – se font →



DR - BSIP

"Si les politiques ne fondent pas leurs mesures sur la science, l'angoisse l'emporte sur la rationalité"

JEAN-FRANÇOIS BACH, ACADÉMIE DES SCIENCES

Des effets sur les mécanismes cellulaires

Parmi les onze études, quatre réalisées in vitro *montrent des modifications de l'activité des cellules (souvent issues de lignées tumorales, plus faciles à maintenir en culture) exposées aux radiofréquences. Deux portent sur l'endocytose, processus qui permet à une cellule de capturer des molécules du milieu environnant. Une autre concerne la vulnérabilité des neurones au stress oxydatif. La dernière a trait à l'apparition d'un marqueur de stress.*

Etudes 1 et 2 Effets sur l'endocytose

CE QUI A ÉTÉ ÉVALUÉ

En 2005, l'équipe de Nawel Mahrour (Institut Gustave Roussy, CNRS) a étudié l'incorporation de composés fluorescents par des cellules soumises aux radiofréquences. Des travaux complétés en 2009 par sa collaboratrice Mihaela Moisescu, qui a utilisé des inhibiteurs bloquant l'entrée de molécules pour préciser l'action des radiofréquences.

LA NATURE DE L'EXPOSITION

En 2005, trois lignées de cellules (issues de mélanome de souris, de tissu pulmonaire de hamster chinois et de carcinome humain) ont été exposées 5 à 90 min à des ondes de 900 MHz de type GSM (DAS entre 0,6 W/kg et 4,5 W/kg) ou CW (ondes continues), et à des champs électriques reproduisant la composante électrique des ondes GSM. En 2009, des cellules métastatiques de mélanome de souris ont été exposées à des ondes GSM (900 MHz, 3,2 W/kg) pendant 20 min et à des champs électriques.

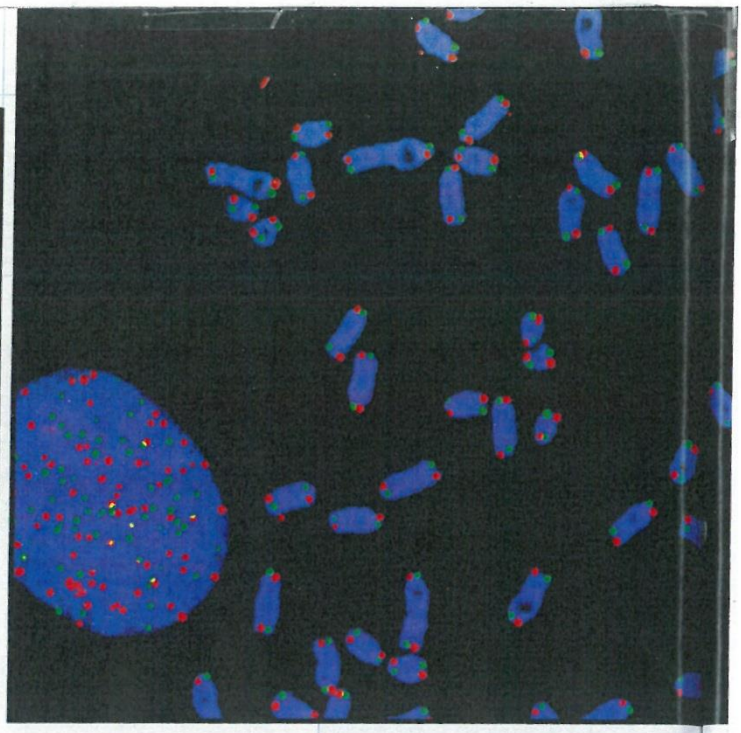
RÉSULTATS

L'endocytose est en hausse dans les cellules exposées aux radiofréquences et aux champs électriques. Cependant, cette augmentation n'est pas progressive. Elle se manifeste sur un mode "tout ou rien". L'effet apparaît après quelques minutes et au-delà d'un seuil de DAS légèrement supérieur aux niveaux atteints à l'intérieur du corps avec des téléphones mobiles. Ce phénomène pourrait être dû à la composante électrique des ondes, qui augmenterait l'entrée des molécules externes dans les cellules. Il reste à valider ces résultats par des études indépendantes.



"Nous observons ainsi un lien direct entre les émotions et ce qui se passe dans la cellule"

ELISSA EPEL, PSYCHIATRE À L'UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE (SAN FRANCISCO)



→ d'une maladie grave et chronique, comme l'autisme ou un handicap moteur et cérébral. Eh bien, chez ces dernières, soumises au stress psychologique chronique, l'ADN présente des signes de vieillissement précoce… Comme s'il était "rongé" par l'angoisse. Plus précisément, c'est l'extrémité des chromosomes qui est atteinte. En effet, au cœur des cellules, l'ADN est condensé sous forme de chromosomes, à l'extrémité desquels se trouvent des "capuchons" appelés télomères qui les protègent de l'érosion au fil des divisions cellulaires. Cependant, ils raccourcissent progressivement au fur et à mesure que la cellule vieillit. Or, chez ces mères angoissées, les télomères sont anormalement courts, reflétant un vieillissement accéléré de 9 à 17 ans ! "*Nous observons ainsi un lien direct entre les émotions et ce qui se passe dans la cellule*, précise Elissa Epel. *Et nous avons aussi constaté que lorsque le niveau de stress diminue la longueur des télomères augmente !*" Comment le stress pourrait-il raccourcir les télomères ? "*On ne comprend pas encore le mécanisme*, reconnaît Elizabeth Blackburn. *Nous cherchons du côté des interactions entre le cortisol, l'hormone du stress* [voir "Jargon"], *dont le taux élevé est associé à une réduction de l'activité de la télomérase, la molécule chargée de l'entretien des télomères.*"

UN RÉSULTAT FASCINANT

Mais ce n'est pas tout. Car non content de s'attaquer aux télomères, l'état de stress inscrit sa marque directement sur nos gènes, modifiant de façon ciblée et durable certains de nos comportements. Cette action relève d'un phénomène biologique dont l'importance se dévoile de plus en plus aujourd'hui : l'épigénétique, terme désignant les modifications chimiques qui affectent l'ADN, autres que les mutations qui touchent la structure même de la molécule. Ces modifications épigénétiques sont comme de petites "étiquettes" – des groupements méthyles – qui indiquent à la machinerie cellulaire quels gènes elle doit utiliser ou, au contraire, ignorer. A la clé ? La méthylation empêche physiquement l'expression des gènes en se plaçant sur l'ADN (voir infographie p. 102).

DR - ISM - DUKE UNIVERSITY

> JARGON

Stress psychologique : état de tension ou de préoccupation, momentané ou chronique, qui survient lorsqu'un individu se sent incapable de faire face à une pression extérieure. Il peut être mesuré par plusieurs séries de tests.

Cortisol : hormone libérée en cas de stress sur "ordre" du cerveau par les surrénales, de petites glandes situées au-dessus des reins. Elle entraîne notamment une augmentation de la pression artérielle et du taux de sucre dans le sang.

EXPOSITION PHOTOGRAPHIQUE

La beauté cachée de l'éphémère dévoilée au millionième de seconde

Magnifi'Science, la dernière exposition du Palais de la découverte – ou plutôt d'Universcience, puisque c'est désormais son nom depuis sa fusion avec la Cité des sciences en décembre 2009 –, est une exposition de photos certifiées "jamais vues". Il ne s'agit pas d'images inédites provenant des profondeurs de l'Univers ou de notre corps, mais de photographies, où la pure science rejoint l'art, de phénomènes naturels impossibles à voir à l'œil nu illustrés par des objets courants. C'est, par exemple, une orange qui tombe dans l'eau créant l'espace d'un instant un tunnel empli d'air. Tous ces phénomènes ne durent que quelques millionièmes de seconde et ne peuvent être capturés qu'à l'aide d'appareils photographiques de pointe comme le fait Jacques Honvault, ingénieur photographe, dont l'exposition présente le travail. Bienvenu dans un nouveau monde : celui de l'hyper éphémère. **Er.H.**

"Magnifi'Science", à Universcience, à Paris, jusqu'au 2 mai. Rens. : www.universcience.fr/



FILM

L'Univers cataclysmique

Si vous aimez les émotions fortes, ne ratez pas le nouveau film, *Collisions cosmiques*, que projette en ce moment le planétarium de Vaux-en-Velin (Rhône). Vous embarquerez pour un voyage au cœur même des plus grands cataclysmes que notre Univers connaisse. Et comme ce film est en 3D, vous aurez vraiment l'impression d'y être. **Er.H.**

EXPOSITION

Le dopage en question

Le dopage est plutôt mal vu lorsqu'il s'agit d'améliorer les performances des sportifs professionnels. Lorsqu'un cas est révélé, ainsi qu'on l'a vu ces dernières années, on crie à la tricherie, les champions convaincus de dopage doivent rendre leurs titres. Et pourtant, comme le dévoile la nouvelle exposition de la Casemate grenobloise, il n'y a pas que les sportifs qui se dopent. Beaucoup d'autres professionnels y ont recours. Pas si simple, la question du dopage finalement. **Er.H.**

"Dopage ? Avalez la pilule !", à la Casemate, à Grenoble, jusqu'au 29 août. Rens. : www.ccsti-grenoble.org



"Collisions cosmiques", au Planétarium de Vaux-en-Velin, jusqu'en juillet. Rens. : www.planetariumvv.com

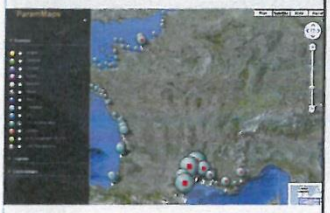
DOCUMENTAIRE EN LIGNE

L'expérimentation animale sur le grill



"Safermedicines" est le titre d'un moyen-métrage (25 minutes), réalisé en 2006 et sous-titré en français, qui se fait l'écho de l'inquiétude que partagent de plus en plus de chercheurs et de médecins quant à l'efficacité de l'expérimentation animale qui permet de juger de l'innocuité des nouveaux médicaments. Le traitement du sujet n'est pas sans rappeler le dossier que Science & Vie *avait consacré à la question en avril 2008 ("Expérimentation animale : le grand malaise"). Revenant, dans un premier temps, sur quelques-uns des derniers grands ratés de l'industrie pharmaceutique (Thalidomide, Vioxx), qui montrent bien que les tests sur les animaux n'empêchent pas toujours la mise sur le marché de médicaments dangereux pour l'homme, le film présente ensuite les alternatives que propose la science... A voir.* **Er.H.**

www.safermedicines.org/safermedicines



S. ELLERINGMANN/STERN-LAIF-REA

CARTES INTERACTIVES

Pollution sur site

Le bilan de santé du littoral français est en ligne. L'Ifremer publie sous forme de cartes interactives toutes les mesures effectuées par son réseau de surveillance de 2003 à 2007. Contaminants chimiques, microbes, pollutions accidentelles... Rien n'est laissé au hasard. On peut aussi savoir quels polluants se trouvent dans les moules, les huîtres et une quinzaine de poissons pêchés en Atlantique. **Er.H.**

wwz.ifremer.fr/envlit

VIDÉOTHÈQUE

Conférences pour tous

Le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) met en ligne ses conférences. Une à deux fois par trimestre, des chercheurs du CEA de Saclay (Essonne) s'adressent au public afin de communiquer sur les tenants et les aboutissants de leurs recherches. Parmi les sujets abordés : l'utilisation des accélérateurs pour étudier le patrimoine culturel, la synthèse du diamant, le voyage des médicaments dans le corps... **Er.H.**

www-centre-saclay.cea.fr





EXPOSITION VIRTUELLE

Grain de sel

Une exposition virtuelle de l'Institut national de recherches archéologiques préventives (Inrap) raconte l'histoire de l'exploitation du sel du Néolithique à nos jours. Utilisé au quotidien, le sel a aussi été un objet d'échanges sociaux, de croyances et de rituels religieux. On s'est battu pour son exploitation et sa commercialisation. **Er.H.**

www.inrap.fr/archeologie-preventive/Ressources/Multimedias/Chronologies-et-grandes-periodes/Archeologie-du-sel/p-8577-Archeologie-du-sel.htm

SCIENCE & VIE

N° 1111

SCIENCE & VIE

SCIENCE&VIE

AVRIL 2010 N° 1111 MONDADORI FRANCE

VIDÉO-SURVEILLANCE
LE GRAND BLUFF

ACOUPHÈNES
ENFIN UN ESPOIR DE TRAITEMENT

TROUS NOIRS

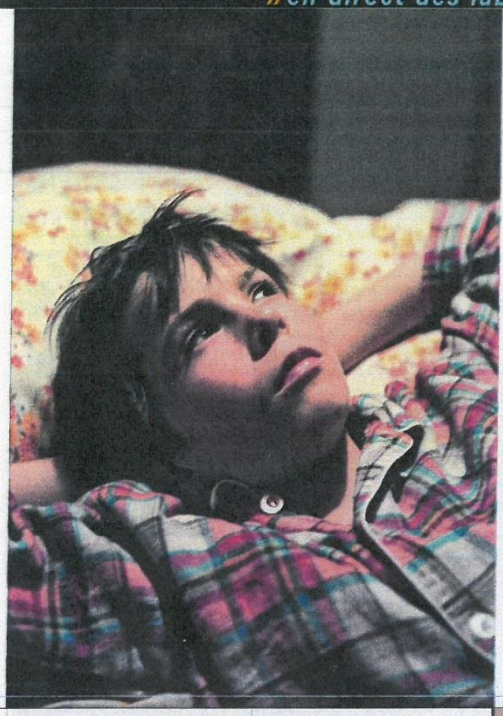
Ils seraient les créateurs du monde !

FLEUVES
LEUR DELTA S'ENFONCE

TOUTANKHAMON
FILS D'AKHENATON ET DE SA SŒUR "YOUNG LADY"

France métro: 4,20 € - DOM surf: 4,80 € - DOM (avion): 6,90 € - BEL: 4,70 € - CH: 8,50 FS - CAN: 6,90 $ CAN - D: 6,90 € - A: 6,30 € - ESP: 5,50 € - FIN: 6,20 € - GR: 4,50 € - ITA: 4,50 € - LUX: 4,70 € - MAR: 37 DH - TOM surf: 750 CFP - TOM avion: 1400 CFP - PORT.CONT: 4,50 € - TUN: 4,90 DTU

T 02578 - 1111 - F: 4,20 €



SCIENCES COGNITIVES

Rêvasser est bon pour la mémoire

Rêver les yeux ouverts aide à mémoriser les informations récemment apprises. Des chercheurs de l'université de New York ont scruté par IRM l'activité cérébrale de sujets auxquels ils faisaient regarder sur écran une série de visages associés à des objets (un adulte souriant et un ballon d'enfant) et qui devaient déterminer si les associations étaient crédibles. Ils restaient quelques minutes à ne rien faire, et on leur projetait une autre série, avec des visages et des paysages (un adulte souriant et une plage): ils devaient imaginer si la personne paraissait heureuse dans ce décor. A la sortie de l'IRM, les chercheurs leur ont fait subir un test imprévu: tel visage était-il proposé avec tel objet? Et avec tel paysage? Si les sujets avaient laissé leur esprit vagabonder entre les deux séries, leurs performances au test étaient meilleures que s'ils y avaient repensé. Et beaucoup de régions avaient été activées dans leur cerveau, y compris l'hippocampe, une structure clé dans la consolidation des souvenirs. Un résultat réconfortant pour les élèves qui s'autorisent une pause entre deux séances de révisions d'examen! **V.B.**

< Pendant un instant, ne penser à rien pour mieux se souvenir...

BIOLOGIE ÉVOLUTIVE

LES ABEILLES PRÉFÈRENT LA NICOTINE ET LA CAFÉINE

Les abeilles butinent volontiers les fleurs de citronnier ou de tabac. Sont-elles attirées par la caféine ou la nicotine (nocives) qu'elles recèlent? Oui, selon une étude israélienne qui révèle qu'elles préfèrent les nectars où la concentration en nicotine et caféine est modérée, comme c'est le cas dans la nature. Cela a dû favoriser la pollinisation de ces fleurs. Prochaine étape: vérifier leur éventuelle addiction à ces substances. F.G.





< Cette araignée est morte il y a 165 millions d'années.

PALÉONTOLOGIE

D'exceptionnels fossiles d'araignées ont été trouvés

Des fossiles d'araignées *(Eoplectreurys gertschi)* datant de plus de 165 millions d'années et très bien conservés ont été découverts en Mongolie, dans la région de Daohugou. Habituellement, les araignées ne se fossilisent pas correctement à cause de leur corps mou. Les mieux conservées, dans l'ambre, ne datent que de 40 millions d'années, et les plus vieux restes fossilisés remontent à l'ère triasique (entre – 200 et – 250 millions d'années), mais sont des traces partielles. Selon l'Américain Paul Selden, les araignées chinoises ont été recouvertes très vite après leur mort de cendres volcaniques, ce qui explique leur exceptionnel état de fossilisation. **G.A.**

F. COURTES/AGENCE VU - P. SELDEN, UNIV. OF KANSAS - J. SUTTON/GREEN EYE/BIOS



M. KLOOSTER, ARNOLD ARBORETUM & HARVARD UNIV. HERBARIA - E. BUFFETAUT/CNRS

BOTANIQUE

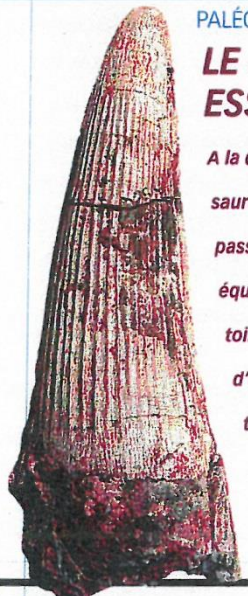
Pour se protéger, les plantes savent se camoufler

^ Semblable à une plante morte (A), *Monotropsis odorata* est bien vivante (B)!

Connue pour attirer les pollinisateurs, la coloration chez les plantes peut aussi servir de camouflage contre les prédateurs. En étudiant la plante *Monotropsis odorata*, l'équipe de Matthew Klooster, de l'université Harvard (Etats-Unis), a découvert qu'elle a des inflorescences asséchées sur ses organes reproducteurs de couleur marron, appelée bractées, mimant, tel un caméléon, la végétation morte. Pour vérifier que cette coloration permet d'éviter les herbivores, ils ont comparé le taux de prédation entre des plantes natives et des plantes sans bractées: ces dernières subissent entre 20 % et 27 % de prédation de plus que les premières. En outre, les plantes dotées de bractées obtiennent une quantité de fleurs et de fruits à maturité de 7 à 20 % supérieure. On ignore comment le dessèchement se déclenche, mais cela prouve que la coloration peut être un moyen de défense **D.O.**

PALÉONTOLOGIE

LE SPINOSAURE VIVAIT ESSENTIELLEMENT DANS L'EAU



A la différence du T-rex, le spinosaure, champion des dinosaures carnivores (18 mètres de longueur, 11 tonnes), passait son temps dans l'eau, à pêcher. La preuve? Une équipe internationale de paléontologues (dont deux laboratoires français) l'a obtenue en analysant les variétés d'oxygène piégées dans les dents du monstre (ci-contre), témoins de son mode de vie. Résultat, une proximité plus grande entre le spinosaure et les reptiles aquatiques de son époque (crocodiles et tortues) qu'avec des dinosaures carnivores purement terrestres. P.G.

En bref...

› *ON RÉAGIT PLUS VITE QU'ON N'AGIT.* Nos mouvements sont plus rapides d'environ 10 % lorsqu'on répond à un geste que lorsqu'on les planifie. Ce bénéfice de la réaction sur l'action serait un reste de l'évolution, selon des chercheurs anglais. **V.B.**

› *LES ÉLÉPHANTS NE SONT PAS TRÈS ÉLÉGANTS QUAND ILS ACCÉLÈRENT* car ils courent et marchent en même temps. Des chercheurs belges ont mesuré les forces que les pachydermes exercent à chaque pas: avec leurs pattes avant, ils courent; avec leurs pattes arrière, ils marchent. **V.B.**

› *CONDUIRE EN PARLANT DIMINUE L'ATTENTION AU DISCOURS.* C'est la réciproque établie par Gary Dell de la formule "parler en conduisant diminue l'attention au volant". Le psycholinguiste américain a relevé une baisse de 20 % des performances verbales et mémorielles des conducteurs qui conversent avec un passager. **V.Gu.**

› *LA PEUR DE PERDRE DE L'ARGENT DÉPEND DU BON FONCTIONNEMENT DE L'AMYGDALE.* Des personnes atteintes de lésions sur cette partie du cerveau située derrière l'oreille interne montrent une témérité irrationnelle dans les jeux d'argent: ils acceptent bien plus de paris dont les pertes potentielles excèdent les gains que les personnes non malades. **V.Gu.**



MÉTÉOROLOGIE

Les cyclones vont être moins fréquents mais plus violents

La fréquence des tempêtes tropicales (cyclones, ouragans, typhons) devrait diminuer de 6 à 34 % d'ici à 2100. Telle est la projection formulée par une équipe internationale de climatologues emmenés par Thomas Knutson (NOAA), sur la base de simulations numériques à haute résolution. Mais cette apparente bonne nouvelle s'accompagne d'une prévision plus alarmante : le réchauffement devrait avoir aussi pour conséquence une augmentation de 2 à 11 % de la vitesse maximum des vents. Le nombre d'ouragans de catégories 4 et 5 pourrait par exemple être multiplié par deux dans l'Atlantique. Dernier point, les précipitations associées à ces tempêtes tropicales devraient croître d'environ 20 %. Les scientifiques rappellent cependant que les incertitudes restent importantes lorsque l'on tente de faire des projections à l'échelle régionale. **G.A.**

BIODIVERSITÉ

LES ESPÈCES INVASIVES SONT LES MIEUX ARMÉES FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Ce sont les espèces invasives qui s'adaptent le mieux au réchauffement. L'examen par Charles Willis (université Harvard) de l'évolution, depuis cent cinquante ans, des dates de floraison dans la région de Concord (Massachusetts) montre que les plantes invasives fleurissent onze jours plus tôt que les espèces autochtones. Ce qui facilite leur propagation au détriment de la flore locale. D.O.

> La salicaire, plante très répandue, fait partie des espèces invasives.



On en reparle

Du méthane serait bien émis par les plantes

En mars 2006, *Science & Vie* rapportait la découverte par des chercheurs allemands de la responsabilité des plantes dans la libération de méthane dans l'atmosphère. 30 % des émissions globales de ce puissant gaz à effet de serre leur étaient ainsi imputés. En juillet 2007, nous revenions sur cette affaire grâce aux travaux du biologiste néerlandais Tom Dueck, qui s'inscrivait contre une production de méthane par les végétaux après en avoir analysé finement les rejets dans une enceinte hermétique. Or, une étude apporte un nouveau rebondissement. Menée par Andrew Rice, de l'université de Portland (Oregon), elle rouvre le dossier des émissions directes de méthane par les plantes : elles pourraient le produire par voie photolytique, sous une certaine intensité lumineuse. Autre affirmation : récupérant le gaz produit par les bactéries au niveau de leurs racines dans les zones marécageuses, avant de le faire remonter et de le libérer dans l'atmosphère, les arbres agiraient comme des cheminées. Un mécanisme qui rendrait compte de 10 % des émissions globales de méthane. **V.Gu.**

IMAGINE CHINA/IMAGEFORUM - DORLING KINDERSLEY/GETTY



Des spécimens de 7 cm ont été découverts, contre 1 cm pour ceux exhumés jusque-là.

PALÉONTOLOGIE

Les gastéropodes se sont vite remis de la crise du Permien

Après une extinction de masse, la vie reprend ses droits plus vite qu'on ne le pensait. C'est ce que révèlent des fossiles de gastéropodes découverts par Arnaud Brayard (université de Bourgogne). Datant seulement d'un million d'années après la crise du Permien (il y a 252 millions d'années, 90 % des espèces marines disparaissaient), certains mesurent 7 cm – les spécimens exhumés jusqu'alors ne dépassaient pas 1 cm. Cela remet en question "l'effet Lilliput", le fait qu'après une crise biologique, la taille des organismes est réduite par le jeu de conditions environnementales défavorables. Les paléontologues estimaient que des dizaines de millions d'années étaient nécessaires pour qu'ils retrouvent leur taille d'avant la crise. Cette découverte devrait les inciter à revoir leur conception de la dynamique évolutive des espèces après une extinction de masse. **C.M.**

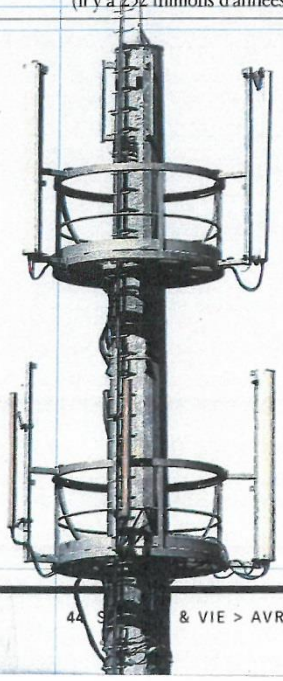
CLIMATOLOGIE

La vapeur d'eau stratosphérique influe sur la vitesse du réchauffement climatique. D'après les estimations de Susan Solomon (NOAA, Etats-Unis), une diminution de 10 % depuis 2000 de la quantité de vapeur d'eau, un gaz à effet de serre, à 17 km d'altitude aurait réduit de 25 % le rythme d'augmentation des températures au sol. A l'inverse, durant la période 1980-2000, l'augmentation de la vapeur d'eau stratosphérique aurait été responsable d'un réchauffement plus rapide. L'origine de ces fluctuations est à identifier. Car si le rôle joué dans la machinerie climatique par l'eau de la basse atmosphère est bien modélisé, "*le réservoir stratosphérique n'est pas bien compris*", selon Jean-Pierre Pommereau (CNRS). Reste à savoir si ce phénomène est une source de variabilité du climat à l'échelle de la décennie ou un mécanisme de rétroaction en réponse au réchauffement. **V.E.**



Les ballons-sondes mesurent la quantité de vapeur d'eau dans la stratosphère.

A. BRAYARD, UNIV. BOURGOGNE - ESRL, NOAA - P. ROUSSEAU/CIT'IMAGES



A partir de leur signal radio, un modèle calcule les précipitations.

MÉTÉOROLOGIE

GRÂCE AUX ANTENNES-RELAIS, ON PEUT MESURER L'INTENSITÉ DE LA PLUIE

Plus il pleut, plus les communications téléphoniques sont perturbées. Partant de ce constat, une équipe suisse a conçu un modèle informatique capable de calculer l'intensité des précipitations à partir de l'atténuation du signal radio entre deux antennes-relais. Appliquée à la région zurichoise, cette démarche a permis d'obtenir une résolution spatio-temporelle supérieure à celles des pluviomètres et des radars météorologiques. **C.H.**

73932
73940

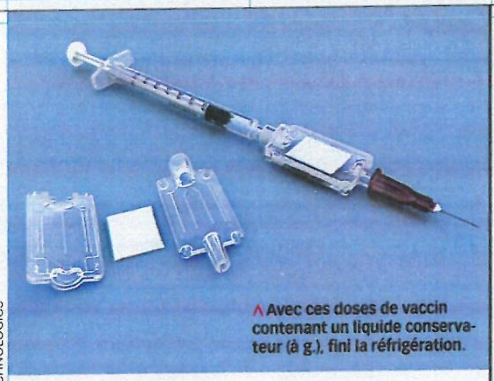
IMMUNOLOGIE

On sait pourquoi la dengue sévit plus fort la seconde fois

Le mystère planait depuis une quarantaine d'années. Certaines personnes infectées une première fois par le virus de la dengue sont plus gravement malades la seconde fois. L'explication vient d'être trouvée par des biologistes de l'Institut La Jolla (Californie). Il existe quatre souches du virus de la dengue. Dans les années 1970, on faisait l'hypothèse qu'une personne infectée par une souche fabriquait à la fois des anticorps la protégeant de celle-ci, mais aussi des anticorps contre les trois autres souches. Or, au lieu de protéger, ces derniers exacerberaient l'infection. L'hypothèse se vérifie aujourd'hui. Les biologistes californiens ont infecté des souris avec l'une des souches du virus de la dengue, puis leur ont injecté des anticorps reconnaissant l'une des trois autres souches. Certaines n'ont pas survécu à quatre jours d'infection. Chez ces souris, les anticorps favorisaient bien la surinfection de cellules spécialisées du foie, entraînant de graves hémorragies. Si ces résultats se confirment, l'information sera importante pour la fabrication d'un vaccin enfin efficace. Il devra contenir plusieurs familles d'anticorps, au risque sinon d'être plus dangereux que bénéfique. **O.D.**



> Le virus de la dengue, transmis par les piqûres de moustiques, frappe les régions tropicales et subtropicales de la planète.



^ Avec ces doses de vaccin contenant un liquide conservateur (à g.), fini la réfrigération.

BSIP - B. LEATARD/GETTY - SPL/COSMOS - OXFORD UNIVERSITY/NOVA TECHNOLOGICS

PHARMACOLOGIE

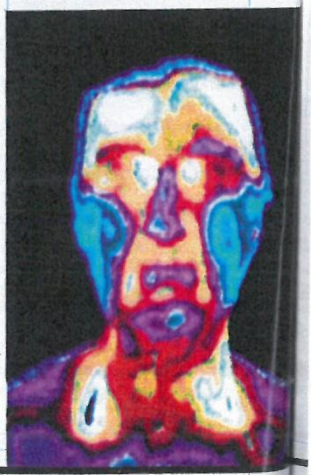
Les vaccins pourraient bientôt être conservés à température ambiante

D'ici à cinq ans, les vaccins n'auront peut-être plus besoin d'être conservés au froid. L'équipe de Matthew Cottingham (université d'Oxford, Angleterre) a en effet mis au point une nouvelle forme de conditionnement qui permet une conservation à l'air ambiant. Sa méthode ? Mélanger le vaccin à un liquide sucré puis laisser sécher. Quand l'eau s'évapore, le mélange se transforme en sirop qui se solidifie sur son support. Après avoir passé quatre mois à 45 °C, le vaccin était toujours efficace. D'après les chercheurs, cette technique pourrait être appliquée à de nombreux vaccins et ce alors que la réfrigération représenterait selon l'OMS 14 % du coût de la vaccination. **C.H.**

CARDIOLOGIE

Avec ou sans aura, la migraine augmente le risque d'attaque cardiaque

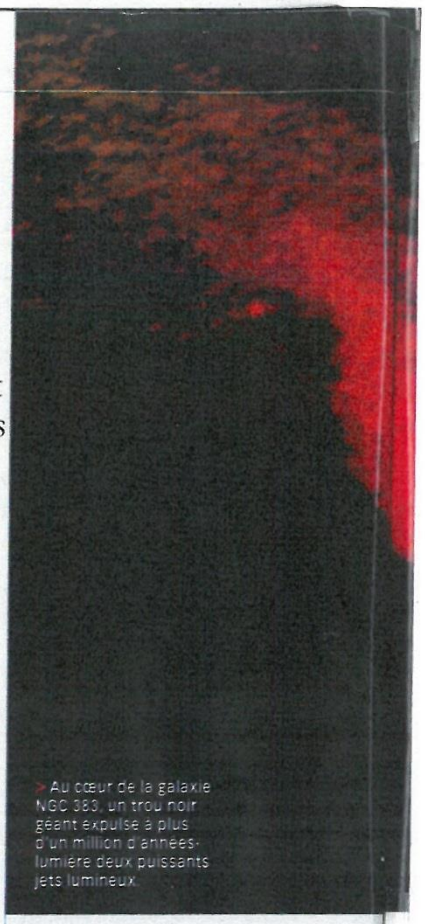
Jusqu'à présent, l'augmentation du risque d'attaque cardiaque n'était associée qu'aux migraines avec aura (éclats lumineux). Or, selon Richard Lipton et ses collègues de l'université de New York, les migraineux chroniques sans aura voient également ce risque augmenté par rapport aux personnes n'ayant pas de migraine chronique. Un résultat obtenu en interrogeant quelque 11 000 personnes, dont plus de la moitié souffrait de migraine chronique, avec ou sans aura. 4,1 % des personnes migraineuses ont eu une crise cardiaque contre 1,9 % des personnes saines. Et le risque est triplé dans le cas de la migraine avec aura. Les patients migraineux ont aussi plus de risque de développer une forte pression artérielle, du diabète et un fort taux de cholestérol. Environ 10 millions de Français souffrent de migraine. **V.B.**



> Les migraineux (ici, thermographie d'une crise) sont aussi plus sujets au diabète.

Trou noir : la fin du côté obscur

"Ogres cosmiques", "monstres invisibles": Les trous noirs sont longtemps apparus des entités négatives. Hors normes, leurs propriétés constituaient un défi, voire une menace pour l'astronomie. Une époque révolue. Récit d'une métamorphose.



Au cœur de la galaxie NGC 383, un trou noir géant expulse à plus d'un million d'années-lumière deux puissants jets lumineux.

On le sait, les figures des contes révèlent l'imaginaire des hommes, leurs fantasmes et leurs angoisses. Et l'avènement de la pensée rationnelle n'y change rien. Surtout là où règne l'inconnu, le noir, l'immensité… Le cosmos n'est-il pas une sorte de forêt sidérale? Auquel cas, la figure de l'ogre y est assurément tenue par… le trou noir. Tapi dans l'ombre des galaxies, monstre saturnien dévorant tout ce qui passe à sa portée, il concentre le pire, sinon du cosmos, du moins des hommes. Au point d'effrayer les cosmologistes eux-mêmes, qui ont longtemps préféré bannir cet ogre de leurs calculs. Comme on évite d'affronter sa peur.

Etrangement, l'idée "d'astres obscurs" est évoquée lors de périodes sombres

Une peur qui remonte à la fin du XVIII[e] siècle. Et ce n'est peut-être pas tout à fait un hasard: c'est en pleine période de la Terreur que l'existence de ces ogres cosmiques a été entrevue pour la première fois. Dans *Exposition du système du monde*, publiée en 1796, Pierre-Simon Laplace presse qu'"*il existe dans les espaces célestes des corps obscurs aussi considérables* [...] *que les étoiles.*" Le mathématicien et astronome précise: "*Un astre lumineux de même densité que la Terre, et dont le diamètre serait 250 fois plus grand que celui du Soleil, ne laisserait, en vertu de son attraction, parvenir aucun de ses rayons jusqu'à nous; il est donc possible que les plus grands corps lumineux de l'Univers soient, par cela même, invisibles*".

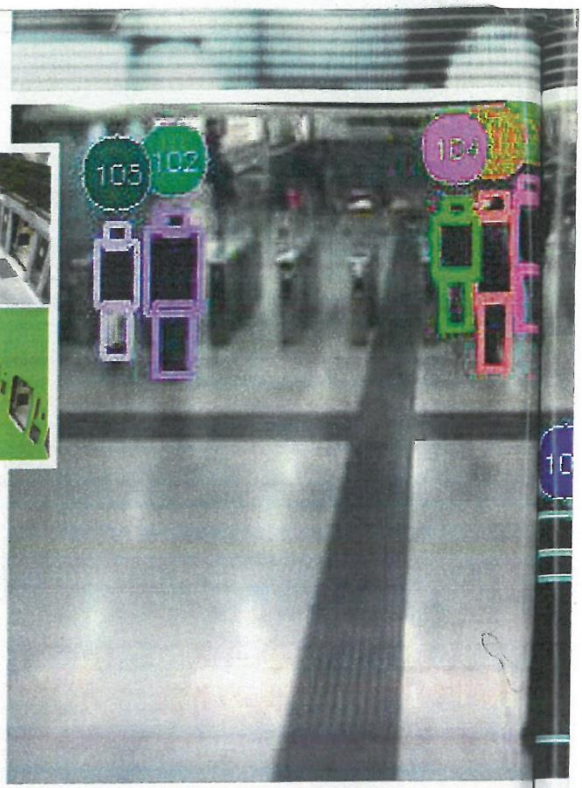
En cette période sombre de l'histoire de France, ces corps n'ont pas encore de nom: ils sont juste "*obscurs*". Et si c'est Laplace qui s'en fait le héraut, leur paternité en revient à Isaac Newton: en vertu de la théorie de la gravitation du physicien anglais, si un corps est assez massif et dense, la lumière émise à sa surface doit finir par retomber dessus, tel un boulet de canon. Cette première vision des trous noirs sera toutefois éphémère: quelques années plus tard, quand les savants décréteront que la lumière n'est pas une particule, mais une onde, Laplace supprimera ces réflexions des éditions ultérieures de son ouvrage. Et l'ogre tombera dans l'oubli, alors que s'ouvrent des temps moins troublés.

SCHWARZSCHILD TROUVE L'OGRE

Faut-il s'étonner que ce soit en pleine Grande Guerre que l'idée refait surface? En tout cas, c'est en 1916, alors qu'il est sur le front russe, que Karl Schwarzschild, lieutenant d'artillerie de l'armée allemande et excellent astronome, calcule les caractéristiques et le comportement des astres, en suivant les équations d'une nouvelle théorie de la gravitation publiée l'année précédente par un certain Albert Einstein. Cette théorie de la relativité a des conséquences bizarres: elle prédit que l'espace et le temps se déforment en présence de matière. Et c'est en calculant la déformation de l'espace-temps que Schwarzschild fait cette découverte: si la masse du Soleil était comprimée dans une sphère de 3 km de diamètre, la déformation spatio-temporelle à la surface d'un tel astre serait telle que la lumière ne devrait plus pouvoir s'en échapper… En un mot, il vient de trouver l'ogre.

Un "*malheur*", une "*catastrophe*": Einstein accueille ainsi la trouvaille. Car lorsque ses chères équations tentent de décrire ce qui se passe à l'intérieur de cette région singulière, appelée →





J.-M. ODOBEZ/IDIAP - COURTESY D.SIMONS - DVD VISCOG PRODUCTIONS

→ scène de fond), à comptabiliser un nombre de passages, à suivre la trajectoire d'un ou plusieurs objets, etc.

Dans le principe, c'est l'idéal. Et cela fonctionne même plutôt bien… dans certains cas. Ainsi la détection automatique d'incident (DAI) est-elle efficace, notamment dans les tunnels routiers. Un véhicule sur une voie d'arrêt d'urgence, un départ d'incendie… peuvent être automatiquement détectés par une caméra sans trop de difficulté. Mais les scènes de la vie quotidienne sont autrement plus compliquées. *"La vidéosurveillance intelligente, c'est LE challenge en 2010!*, s'exclame d'ailleurs Dominique Legrand. *Sauf qu'on est très en retard, par rapport à la DAI. Car il faut décrire en termes informatiques ce qu'il faut détecter. Or, la question se résume, pour aller vite, à 'c'est quoi un méchant, dans la rue?' Voilà qui est très difficile à coucher sur papier!"*

DES SYSTÈMES AUTOMATIQUES BIAISÉS

Le projet VANAHEIM, financé par la Commission européenne, doit notamment donner d'ici quatre ans aux responsables des métros parisien et turinois de nouveaux moyens d'analyse automatique des images captées par leurs réseaux de vidéosurveillance. Jean-Marc Odobez, spécialiste de la vision artificielle à l'institut de recherche IDIAP et impliqué dans ce projet, reconnaît la difficulté de la tâche: *"On arrive vite à de très hauts niveaux d'abstraction dans les algorithmes, pour réussir à repérer et suivre les différents objets et savoir ce qu'il faut induire d'une scène*, explique-t-il. *Remettre à jour l'image de fond est déjà un problème difficile, notamment en extérieur où la lumière change beaucoup et où des objets peuvent stationner de manière prolongée dans la scène. Dans les espaces intérieurs comme le métro, l'image du fond est en principe plus stable, mais la forte densité de personnes et son occultation permanente rend la distinction automatique entre individus quasiment impossible."*

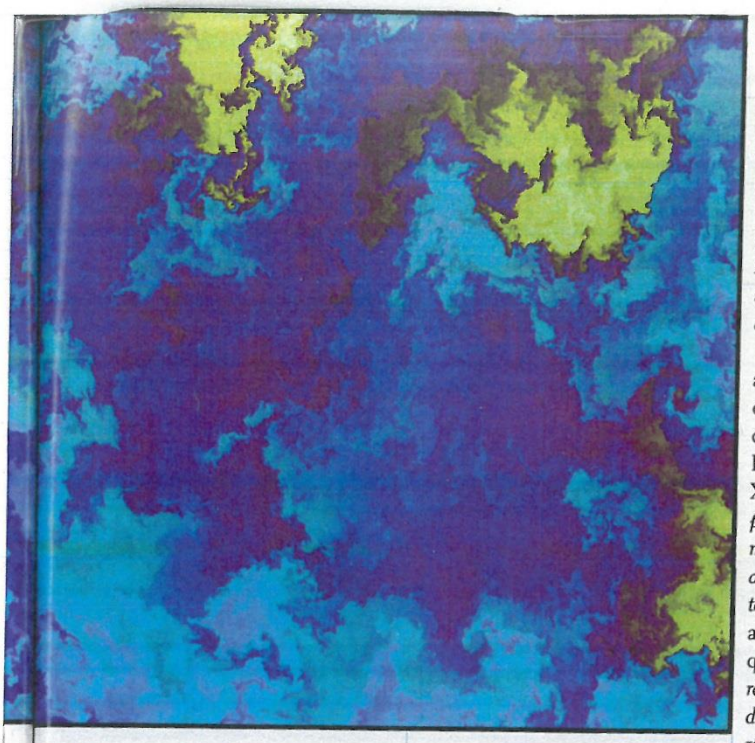
Une autre difficulté provient de la variété infinie des mouvements qu'il faut analyser. *"En 2003, on avait installé un système pendant une semaine dans le métro de Barcelone*, relate François Brémond, responsable du groupe "Compréhension de scène" du projet Pulsar à l'Institut national de recherche en informatique appliquée (Inria). *Globalement, les résultats étaient satisfaisants, mais uniquement dans certaines conditions. Ainsi, on arrivait à détecter les gens qui sautaient par-dessus la barrière de validation, mais seulement*

Gare au gorille!

Une expérience célèbre, réalisée en 1999 (1), a montré qu'un phénomène baptisé "aveuglement au changement" peut perturber la lecture de séquences vidéo: censés compter les passes d'une équipe de basket en maillots blancs, les sujets de l'étude ne virent pas un homme déguisé en gorille passer au milieu des joueurs. Focalisés sur un détail – ici, les maillots blancs –, nous ne percevons pas certains événements, aussi aberrants soient-ils, d'autant plus qu'ils sont brefs. Comme le souligne Kenneth Scott-Brow, spécialiste à l'université d'Abertay (Ecosse), *"les systèmes de vidéosurveillance basculent d'une source d'image à une autre en un clin d'œil: un environnement parfait pour l'aveuglement au changement!"*

(1) Simon D.J., Chabris C.F. et doi: 10.1068/p2952).





> EN SAVOIR PLUS

Chaos, systèmes dynamiques, éléments pour une épistémologie, collectif, Hermann, 2007.

règnent des fonctions déformables par un jeu subtil de symétries. Comme le reconnaît Xavier Buff, *"c'est un peu de l'orfèvrerie mathématique!"*

Présentées à la communauté, leurs 60 pages serrées passent alors à la moulinette de plusieurs cerveaux experts qui vont mettre plusieurs années avant de rendre leur verdict. Lequel vient donc de tomber: la conjecture énoncée par Fatou quatre-vingt-dix ans auparavant doit désormais être considérée comme une vérité incontestable. Un théorème que les deux Toulousains sont invités à présenter au Congrès international des mathématiques, en août prochain.

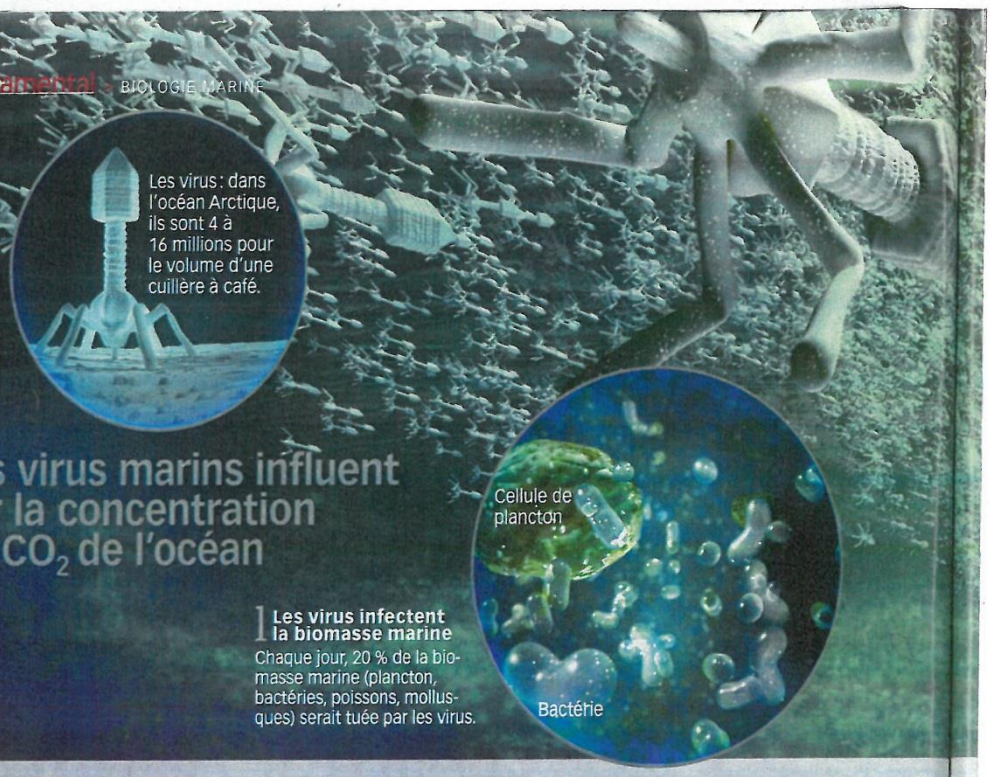
Même si cela reste difficile à imaginer, force est donc d'admettre qu'il existe des ensembles de Julia qui possèdent un tel luxe d'ornements à toutes les échelles qu'ils finissent par recouvrir une portion de surface non négligeable. Et cela implique que les systèmes associés possèdent une probabilité significative d'adopter un comportement chaotique. Telle est la leçon de ce théorème: même le système le plus simple peut présenter une évolution imprédictible, semblant faire du chaos l'essence même de toute dynamique. John Hubbard est admiratif: *"Si on a la possibilité d'assister à deux moments comme celui-ci dans une carrière, c'est fantastique!"*

DOUADY SERA MORT TROP TÔT...

Sa joie est néanmoins largement tempérée par le décès accidentel de Douady, en 2006, à qui la démonstration est dédiée. *"J'aurais aimé évoquer en détail la démonstration avec Adrien*, explique John Hubbard, qui fut son premier élève. *Au moins a-t-il vécu assez longtemps pour savoir que le théorème était démontré. Et avoir une idée du comment..."*

Les mathématiciens en ont-ils pour autant fini avec les ensembles de Julia, et plus généralement, avec la question du chaos dans les systèmes dynamiques? Loin s'en faut! Comme le reconnaît Xavier Buff, *"nous avons obtenu une preuve de l'existence de tels ensembles, mais nous ne savons pas combien il y en a ni comment en construire un explicitement"*. Jean-Christophe Yoccoz, lui aussi, souligne l'ampleur des travaux qu'il reste à mener: *"La conjecture résolue par Buff et Chéritat est liée à d'autres problèmes toujours ouverts. Or la réponse qu'ils apportent laisse penser que nous ne pourrons pas nous y attaquer par le chemin le plus direct. En un certain sens, ils nous mettent des bâtons dans les roues. Mais rendent aussi la situation plus intéressante."*

On le croit sur parole! Il a fallu neuf décennies pour que les mathématiciens accordent au chaos toute la place qu'il mérite. Gageons qu'il en faudra encore de nombreuses avant qu'ils jugent y avoir mis suffisamment d'ordre...



Les virus marins influent sur la concentration en CO_2 de l'océan

1 Les virus infectent la biomasse marine
Chaque jour, 20 % de la biomasse marine (plancton, bactéries, poissons, mollusques) serait tuée par les virus.

→ Avec son équipe, la biologiste a relevé des concentrations faramineuses de particules virales : de 6 à 20 milliards par litre d'eau de mer ! En infectant des micro-organismes mais aussi d'autres espèces plus volumineuses, ces virus rejettent 2 à 3 microgrammes de carbone par litre d'eau chaque jour. Et cela fait craindre le pire pour le climat mondial : avec le réchauffement, ce dégazage pourrait s'emballer.

> JARGON

Virus : plus petites entités biologiques connues, avec une taille variant entre 20 et 200 nm (une exception à 400), les virus sont des agents infectieux. Ils se composent d'un acide nucléique entouré par une coque protéique. On ne les considère pas comme vivants, en général, car ils ne sont pas capables de se reproduire seuls. Ils utilisent pour cela une cellule qu'ils infectent.

En septembre 2009, une équipe italienne a en effet montré une nette corrélation entre la température des eaux de surface en Méditerranée et le développement de la "neige marine", des amas blanchâtres qui se forment à la surface des mers et sont de véritables pouponnières à virus. Avec le réchauffement et l'acidification des océans, c'est tout l'écosystème marin qui est en plein bouleversement. Or, au cœur de celui-ci, on trouve les virus. Si l'activité virale change, le climat pourrait s'en trouver affecté, comme l'indique Laurent Bopp, spécialiste de modélisation climatique au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement à Gif-sur-Yvette : *"L'océan absorbe près d'un tiers des émissions anthropiques de CO_2, soit 2 milliards de tonnes de carbone par an. Cette pompe à carbone est aujourd'hui représentée en ne modélisant que les variations de la chimie et de la physique de l'océan. La biologie est au contraire représentée de façon très simplifiée dans les modèles… mais l'on sait que des variations de certains paramètres biologiques pourraient avoir un impact important sur cette pompe à carbone et donc sur l'évolution du climat."*

10^{23} INFECTIONS PAR SECONDE

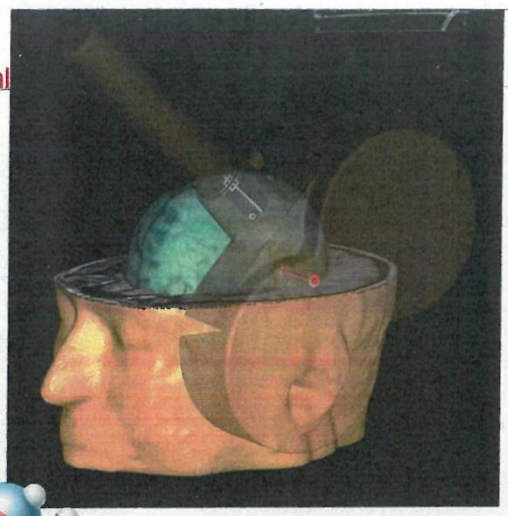
Pourtant, les virus marins ont longtemps été ignorés des scientifiques. Jusqu'au seuil des années 1990, où trois publications ont brisé le dogme. La première, en 1989, provenait du laboratoire de Gunnar Bratbak, un microbiologiste norvégien. Elle révélait l'incroyable abondance de virus dans les milieux aquatiques. Que Claire Evans illustre ainsi : *"Si je prélève une cuillère à café d'eau de l'océan Arctique, pourtant froid, elle contiendra entre 4 et 16 millions de virus."* Malgré leur petite taille, les virus marins sont 15 fois plus nombreux que les bactéries et les autres microbes… En 1990, deux autres articles du microbiologiste américain Curtis Suttle, de l'université de Colombie-Britannique

WWW.ILLUSTRER.FR

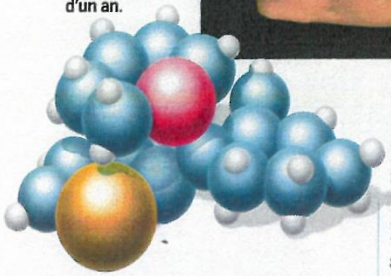


à Vancouver, enfonçaient le clou. En se basant sur des observations de terrain et en les extrapolant, il aboutit à des estimations monstrueuses: *"Chaque seconde, environ 10^{23} infections ont lieu dans les océans. On estime que, chaque jour, les virus tuent ainsi 20 % de la biomasse marine vivante. Et cette hécatombe libère entre 100 millions et un milliard de tonnes de carbone dans les océans par jour."*

Sur mer ou sur terre, les virus ont le même mode opératoire. Incapables de se reproduire seuls, ils détournent les outils reproductifs des cellules qu'ils infectent. Ils se collent à une cellule hôte et injectent leur matériel génétique à l'intérieur, qui s'y multiplie. Des centaines de particules virales filles peuvent alors s'y former, avant de quitter les lieux en faisant exploser la cellule hôte. C'est ce qu'on appelle la lyse virale. Résultat du carnage: une cellule au tapis, et des débris cellulaires en tout genre, morceaux →



> La stimulation magnétique transcrânienne est aussi étudiée pour traiter les patients acouphéniques chroniques.



v Les injections de la molécule de gacyclidine ne soulagent que les patients qui sont atteints d'acouphènes depuis moins d'un an.

→ *la surveillance des effets secondaires de ce nouveau procédé de traitement*", explique Bruno Frachet. Mais pour que la technique soit durablement efficace, un obstacle supplémentaire devra être franchi. "*L'effet des injections est transitoire. Dans notre étude, l'efficacité du traitement n'a pas excédé trois semaines. Or, il n'est pas pratique de faire revenir les patients à l'hôpital à un rythme aussi soutenu*", indique Gentiana Wenzel, qui préconise le développement d'un système de délivrance implantable, une micropompe que le patient activerait et sur laquelle planche l'Institut des technologies de la santé de l'Inserm.

Efficace, cette stratégie ne l'est hélas que sur les acouphènes récents...

Reste un bémol : ces premiers résultats encourageants concernent des patients dont les acouphènes sont récents. Les études montrent que la stratégie antiglutamate ne donne pas de résultats pour les acouphènes de plus d'un an. Quand les bruits fantômes sont trop anciens, ils se chronicisent. On dit alors qu'ils deviennent centraux : ils sont générés directement dans l'aire auditive du cerveau. Que proposer à ces patients ? "*La stimulation magnétique transcrânienne répétitive*, répond Xavier Perrot, neurologue au centre hospitalier Lyon Sud. *Déjà utilisée pour les dépressions graves et les hallucinations auditives, elle est en train de faire ses preuves pour le traitement des acouphènes.*"

LEVER LES DERNIÈRES INCONNUES

Cette stimulation magnétique consiste à appliquer une bobine-aimant à la surface du crâne pour modifier le fonctionnement électrique anormal du cortex auditif et, ainsi, limiter la perception de l'acouphène. A Lyon, entre août 2005 et février 2009, une soixantaine de patients souffrant d'acouphènes chroniques invalidants ont participé à un essai, l'étude MagTIN, afin d'optimiser les paramètres de stimulation et de lever les dernières inconnues sur la tolérance de la stimulation magnétique transcrânienne à long terme. "*Nous en sommes à l'analyse des résultats, mais, après un suivi de six mois à un an, et sur les huit cents séances de stimulations (chaque patient ayant fait de cinq à vingt séances), aucun problème n'est apparu*", indique Xavier Perrot. Les résultats définitifs sont attendus avant la fin de l'année 2010. ▮

UNE PATHOLOGIE ÉLUCIDÉE EN PARTIE

Les acouphènes sont liés pour l'immense majorité des cas à une perte auditive, conséquence de dommages survenus au niveau de la cochlée, l'organe sensoriel de l'oreille qui transforme le signal acoustique en message nerveux. Ils peuvent être le symptôme d'une pathologie, comme la présence d'un bouchon de cérumen, l'otospongiose, qui touche la chaîne des osselets, ou encore la maladie de Ménière, qui associe vertiges, acouphènes et surdité. Souvent associés à une hyperacousie (hypersensibilité à certains sons), les acouphènes peuvent aussi survenir après une exposition à un son trop fort ou un choc barométrique. Certains médicaments, notamment l'aspirine – consulter dans tous les cas les notices pharmaceutiques – peuvent provoquer des bourdonnements. Quant à savoir où se forment les acouphènes, les avis des spécialistes divergent. Certains penchent pour une origine périphérique au niveau de l'oreille, d'autres pour un dysfonctionnement au niveau du cerveau, quand d'autres encore prennent une position médiane, jugeant que les deux organes sont impliqués. Pour trancher, il faudrait approfondir les recherches fondamentales. Car, bien qu'ils fassent souffrir un nombre considérable de personnes, ces bruits fantômes ne suscitent pas assez d'efforts de recherche.

X. PERROT - SYLVIE DESSERT

EN SAVOIR PLUS

www.france-acouphenes.org, le site de l'association France Acouphènes



Les lymphocytes B, comme les gamètes, ont un ADN différent des autres cellules.

→ Enfin, presque. Car un ultime processus intervient, qui fait que si quasiment toutes les cellules contiennent le même ADN, celui-ci, en réalité, n'est pas parfaitement identique. Pour comprendre, partons de la première cellule, celle que forme l'œuf fécondé. Cette cellule est créée à partir de la rencontre de deux gamètes (l'un provenant du père, l'autre de la mère) apportant chacun leurs 23 chromosomes qui formeront les fameuses paires. Cette cellule, point de départ de toutes les autres, subit un processus de division (la mitose), qui permet d'obtenir deux cellules filles en tout point identiques à celle qui leur a donné naissance. Y compris au niveau de l'ADN. Car, au cours de la mitose, l'ADN est dupliqué de façon à ce que chaque cellule fille reçoive le même matériel génétique.

ERREURS DE COPIE

Seulement voilà, ce mécanisme de réplication n'est pas parfait et il arrive que des erreurs de copie se produisent. Même si elles sont très peu fréquentes, on compte environ une erreur pour 10 milliards de bases d'ADN répliquées sur les 3,2 milliards de paires que compte la molécule humaine. "*Toutes les cellules d'un organisme ont sans doute au moins une paire de bases de différence (rarement la même) avec celle dont elles sont issues*", souligne Anne Plessis, du laboratoire Génétique du développement et évolution de l'Institut Jacques-Monod à Paris. Ces mutations peuvent être de trois types : la substitution d'un élément par un autre, l'insertion d'un élément supplémentaire à l'intérieur de la chaîne moléculaire ou, à l'inverse, une délétion. Ces deux derniers types d'erreurs peuvent avoir des conséquences importantes puisqu'ils décalent la chaîne moléculaire et peuvent ainsi fausser certains mécanismes cellulaires comme la création de protéines. Elles peuvent parfois être à l'origine de maladies génétiques extrêmement graves comme la mucoviscidose ou l'hémophilie. Mais heureusement, ces mutations spontanées sont le plus souvent dites "silencieuses", c'est-à-dire qu'elles n'altèrent pas le fonctionnement de la cellule ou l'expression correcte d'un gène, car elles surviennent dans des parties de la molécule qui ne correspondent pas à des gènes.

Gayané Adourian

GAGNEZ UN ABONNEMENT D'UN AN À SCIENCE & VIE

Cette rubrique est la vôtre, écrivez-nous ! Nous ne pourrons répondre à toutes et à tous, mais les auteurs des questions que la rédaction sélectionnera se verront offrir un abonnement d'un an à Science & Vie (pour eux-mêmes ou pour une personne de leur choix). La question doit impérativement être rédigée sur une carte postale.

SCIENCE & VIE, QUESTIONS/RÉPONSES
1 rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 PARIS CEDEX 15.

LES MUTATIONS DE L'ADN VIENNENT AUSSI DE SOURCES EXTERNES

Les erreurs "naturelles", dues à la réplication, ne sont pas les seules à altérer notre ADN. Les rayons UV, le rayonnement radioactif, des virus ou encore certaines substances chimiques comme la fumée de cigarette peuvent également causer des mutations. Ces facteurs externes, appelés agents mutagènes, modifient la structure de l'ADN par exemple en brisant des paires de bases. Quand les dispositifs naturels de réparation de l'ADN échouent, c'est toute une chaîne de réactions qui est modifiée et qui peut conduire au mieux à la mort de la cellule, au pire à sa prolifération chaotique et envahissante... Il peut arriver cependant qu'une mutation qui affecte les cellules sexuelles soit source d'évolution d'une espèce *via* la création d'un nouveau gène.

SPL/COSMOS - SUCRÉ SALÉ



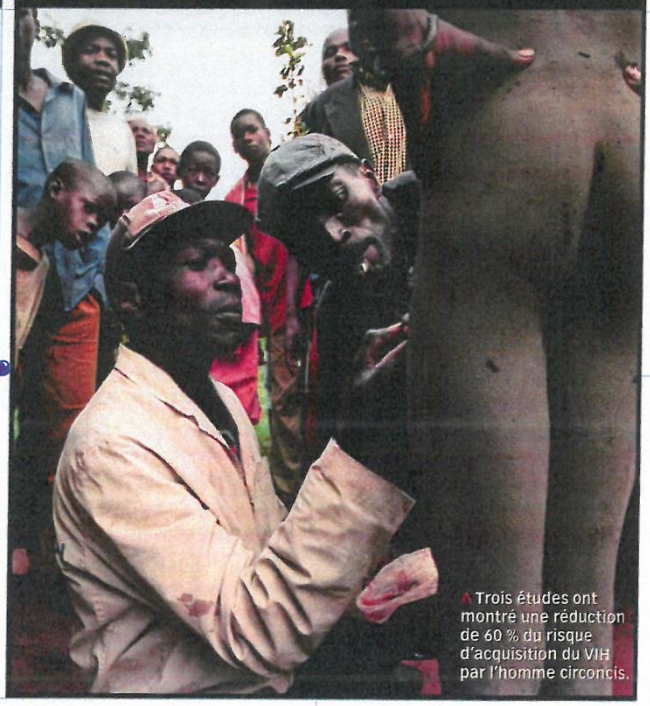
peut espérer suivre – et ce n'est pas une trajectoire de collision.

C'est Niels Bohr, physicien danois, qui introduisit, en 1913, la quantification des niveaux d'énergie dans le modèle planétaire de l'atome. Reste que, même ainsi amendé, ce modèle n'est pas totalement satisfaisant. Car parler de trajectoire pour rendre compte des déplacements de l'électron supposerait que l'on sache où il se trouve à chaque instant. Or, on ne peut connaître que la probabilité qu'il occupe telle ou telle région de l'espace autour du noyau : ce sont les orbitales. Ainsi, à chaque niveau d'énergie correspond une orbitale de forme et d'extension différentes. Celle du niveau fondamental est une sphère centrée sur le noyau. Lorsqu'il est dans ce niveau d'énergie minimale, l'électron peut être n'importe où à l'intérieur de cette sphère – y compris dans le noyau ! E.H.

La circoncision protège-t-elle vraiment du sida ?

Question de Pierre Hamouda, Pierrefitte-sur-Sauldre (41)

En fait, la face interne du prépuce est une muqueuse fragile où se concentrent de nombreuses cellules immunitaires, les cellules dendritiques, très sensibles au VIH. En pratiquant l'excision complète ou partielle du prépuce, la circoncision réduit la surface de cette muqueuse et donc le nombre de cellules ciblées par le virus. C'est ainsi que le risque d'acquisition du VIH par l'homme circoncis est réduit de 60 %, comme l'ont démontré trois études menées en Ouganda, au Kenya et en Afrique du Sud en 2005 et 2007. Cela étant, cette protection n'est que partielle. Et surtout, la circoncision d'hommes infectés par le VIH ne réduit pas la transmission du virus à leurs partenaires par le sperme. Par ailleurs, la circoncision réalisée dans de mauvaises conditions laisse parfois des saignements ou des infections qui, adjoints à une reprise des rapports sexuels trop précoce, peuvent accroître la transmission du virus au partenaire. Ce pourquoi l'OMS comme l'Onusida préconisent la pratique de la circoncision, mais par des praticiens formés et dans des conditions sécurisées. A.B.



Trois études ont montré une réduction de 60 % du risque d'acquisition du VIH par l'homme circoncis.

Energie

Economie l'énergie devient un jeu d'enfant: le "baromètre" autonome fait instantanément la lumière sur la consommation des divers appareils domestiques, en watts et en euros! Quant aux lampes-enceintes à LED, elles réduisent d'emblée la note d'éclairage de 80 %...

UN YO-YO POUR RECHARGER SES APPAREILS NOMADES

Grâce au YoGen de l'entreprise américaine Easy Energy, plus besoin de prise électrique pour recharger son mobile ou son PDA... Il suffit juste d'un peu d'huile de coude! Doté d'un alternateur interne, ce chargeur produit un courant de 5 watts, généré par de simples tractions répétées sur une corde reliée au dispositif, à la manière d'un Yo-Yo. Selon son constructeur, en une minute, il procure une recharge équivalente à celle obtenue à temps égal avec les chargeurs muraux standard. Soit de cinq à dix minutes de conversation, selon la marque du portable. **J.J.**

Prix: env. 30 €. Rens.: www.yogenstore.com



< Son alternateur interne est actionné par tractions répétées sur une corde, un peu comme un Yo-Yo.

Le boîtier qui calcule vos factures d'électricité

Le boîtier LCD BaroWatt de Watteco mesure la consommation électrique du foyer. A tout instant, il donne la puissance mobilisée par l'installation en kWh, avec l'estimation en euros par heure, jour ou mois. Il ne nécessite aucun ordinateur et s'installe en 10 minutes La pince de mesure se place autour du fil rouge ou marron qui arrive au tableau électrique, sans branchement et sans contact électrique (mieux vaut faire appel à un spécialiste au moindre doute). Cette pince est connectée à un émetteur sans fil qui émet vers le terminal. Lequel se paramètre pour tenir compte des tarifs du fournisseur d'électricité. **P.G.**

Prix: env. 80 €. Rens.: www.watteco.fr



v Il affiche la consommation en kWh et en euros, par heure, jour ou mois.

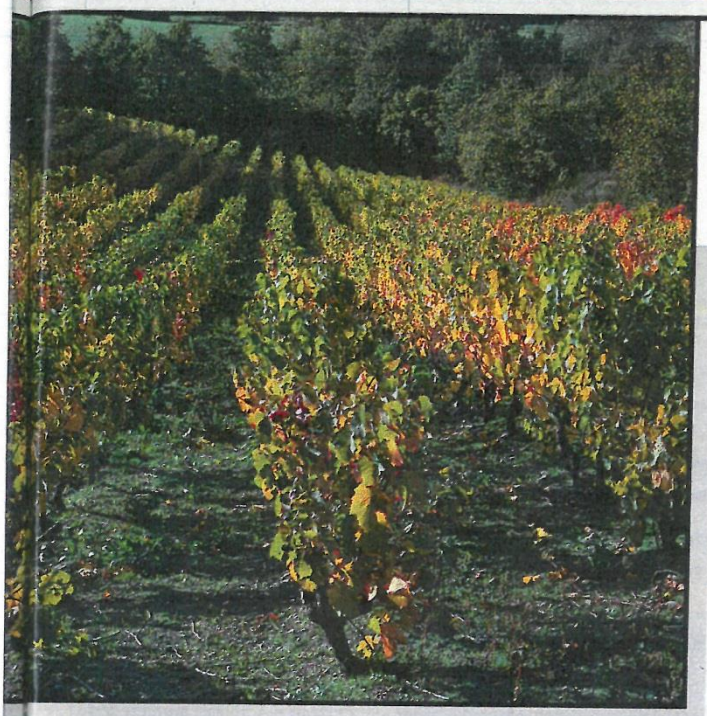
Cette lampe LED diffuse aussi la musique

Avec LightSpeaker, la firme américaine Klipsch propose la toute première lampe-enceinte à LED. En effet, le LightSpeaker est un bloc qui intègre un haut-parleur, un amplificateur et une LED, que l'on visse comme une ampoule. D'une puissance de 10 watts chacune, les lampes économisent 80 % d'électricité par rapport à une ampoule à incandescence de 65 watts. Ingénieux, le système repose sur un émetteur-base qui diffuse la musique sans fil en direction des LED jusqu'à 15 m. Le volume sonore et la luminosité de chaque lampe-enceinte sont programmables indépendamment grâce à une télécommande. **L.F.**

Prix: env. 500 € pour l'émetteur, la télécommande et deux enceintes-LED. Rens.: www.klipsch.com/na-en



< Dans ce bloc, un haut-parleur, un ampli et une LED.





Minéraux remarquables
*J.-C. Boulliard, O. Martinelli, Le Pommier, 252 p., **69 €**.*

Grandeur nature

La collection de minéraux de l'université Pierre-et-Marie-Curie, l'une des plus réputées au monde, expose à Paris un millier de spécimens. Autant de simples cailloux? Il suffit de feuilleter ce magnifique ouvrage pour s'en dissuader. Les clichés des pierres, restituées en taille réelle sur un sobre fond noir, sont splendides. Couleurs, formes et noms (arsénopyrite, fluorite, orpiment…), tout émerveille le néophyte. On pourrait certes mettre l'accent sur la valeur de chaque pièce: *"Tous les jours, des gisements sont oubliés, épuisés ou disparaissent avec l'urbanisation*, rappellent les auteurs. *Le compte à rebours a commencé, les collections conservent de plus en plus de spécimens introuvables."* Mais le plus bel hommage à ce livre réside sans doute dans un message laissé sur le livre d'or de la collection: *"Les pierres sont sublimes et l'exposition est un chef-d'œuvre de mystère, d'éclairage, et de goût – je me sens devenir un petit enfant qui n'a pas mangé depuis des jours et qui rentre dans la plus radieuse des pâtisseries…"* Olivier Messiaen (27 mai 1971). **R.B.**

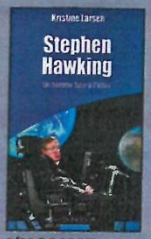
Et aussi…



UN MONDE INVISIBLE
Ce sont des "poussières de mer" méconnues, qui sont pourtant à la base de la chaîne alimentaire marine et qui produisent la moitié de l'oxygène de notre planète. Un ouvrage original choisit de mettre en lumière le monde microscopique du plancton, végétal et animal, menacé par le changement. **R.B.**
*"L'Enjeu plancton", éd. Charles Léopold Mayer, 272 p., **18 €**.*



LE SYSTÈME SOLAIRE AUJOURD'HUI
Que savons-nous du terrible effet de serre de Vénus ou des réserves en eau de Mars? Le géologue Charles Frankel a rassemblé les dernières données des sondes spatiales, télescopes ou robots autonomes, et offre une présentation richement documentée des planètes de notre système solaire. **R.B.**
*"Dernières nouvelles des planètes", Seuil, 300 p., **22 €**.*



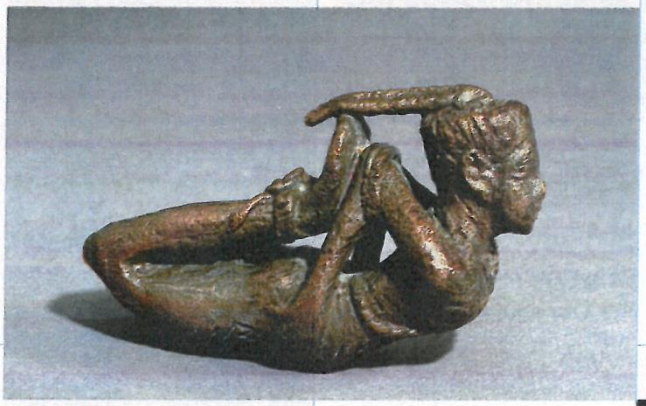
L'HOMME DU COSMOS
Pour l'astrophysicien Michel Cassé, Stephen Hawking *"incarne la puissance de l'esprit humain prisonnier d'un corps affligé"*. Cette biographie du cosmologiste de Cambridge et grand vulgarisateur à succès permet de mieux mesurer son génie, entre récit de vie et éclaircissement sur ses travaux autour des trous noirs. **R.B.**
*"Stephen Hawking", Dunod, 212 pages, **18 €**.*

EXPOSITION

De l'extinction des dinosaures à nos jours, l'histoire reconstituée

Plus forts que Les Experts ! *A partir de fossiles de dinosaures, d'animaux et de plantes, les paléontologues du Muséum national d'histoire naturelle ont reconstitué une histoire de 85 millions d'années, de l'extermination des dinosaures à la conquête de la Terre par l'homme en passant par l'essor des mammifères. "Dans l'ombre des dinosaures" révèle comment une catastrophe, en exterminant une grande partie de la vie sur Terre, sera le point de départ d'une renaissance. Parmi les éléments de l'enquête figurent une reconstitution de la Terre il y a 85 millions d'années, des films relatant les divers scénarios qui expliquent la disparition des dinosaures, et des fossiles exposés pour la première fois en France. L'exposition se termine avec l'homme, champion de la conquête de la Terre, qui menace aujourd'hui son environnement au point que l'on parle de sixième extinction de masse. D'une extinction à l'autre...* **Er.H.**

"Dans l'ombre des dinosaures", au Muséum national d'histoire naturelle, à Paris, du 14 avril 2010 au 14 février 2011. Rens. : www.mnhn.fr



J.C. LONDRES/THE BRITISH MUSEUM - T. HUBIN/INSTITUT ROYAL DES SCIENCES NATURELLES DE BELGIQUE - GALATÉE FILMS - L. DE SERRES

EXPOSITION

La puissante Méroé

Ça ressemble à une cité d'Egypte antique, mais ça n'en est pas une. Méroé a beau être installée sur les bords du Nil, on a beau y avoir découvert une multitude de petites pyramides au XIXe siècle, elle reste une cité nubienne. Le musée du Louvre lui consacre une exposition, première du genre, regroupant quelques-uns des plus beaux vestiges prêtés par le musée de Khartoum. Des objets témoignant notamment de l'artisanat, des croyances et de l'organisation sociale de Méroé. **Er.H.**

"Méroé, un empire sur le Nil", au Louvre, à Paris, du 26 mars au 6 septembre. Rens. : www.louvre.fr

VISITE GUIDÉE

La face cachée d'Amboise

Le château d'Amboise, dernière résidence de Léonard de Vinci, dévoile ses secrets en ouvrant à la visite plusieurs lieux habituellement fermés au public. Souterrains, chemin de ronde, salle des lapidaires et, surtout, le cœur de la magnifique tour des Minimes, aussi appelée tour cavalière, car elle permettait aux chevaux et attelages d'accéder aux terrasses du château. **Er.H.**



"Parcourez les coulisses de l'histoire", au château royal d'Amboise, du 2 avril au 26 septembre. Rens. : www.chateau-amboise.com



Au cours de l'exposition, des écrans tactiles permettent d'étudier des fossiles venus d'Argentine, de Chine ou d'Amérique du Nord.



EXPOSITION

Secrets de tournage

Si vous avez aimé le film *Océans*, de Jacques Perrin et Jacques Cluzaud, vous aimerez l'exposition que lui consacre la Cité de la mer de Cherbourg. Il s'agit en quelque sorte de son *making-of* : on y découvre les secrets du tournage, les efforts et l'inventivité qu'il a fallu pour arriver à ce résultat. "Océans, l'exposition" nous conte l'histoire d'un film exceptionnel, qui aura nécessité quatre ans de tournage sur toutes les mers du globe et mobilisé plus de cinq cents personnes. **Er.H.**

"Océans, l'exposition", à la Cité de la mer, à Cherbourg, d'avril à septembre 2010. Rens. : www.citedelamer.com

Et aussi...

> Expositions

Paris "Qumrân, le secret des manuscrits de la mer Morte". Retour sur près de cinquante ans de recherche, depuis la découverte dans des grottes au bord de la mer Morte de rouleaux de cuir vieux de 2000 ans. A la Bibliothèque nationale de France, du 13 avril au 11 juillet. Rens. : www.bnf.fr

La Celle-Saint-Cloud "Un monde de papier". La longue histoire du papier, qui remonte aux civilisations mésopotamienne et égyptienne, et les secrets de sa fabrication. Dans les salons de l'hôtel de ville, jusqu'au 11 avril. Rens. : www.ville-lacellesaintcloud.fr

> Evénement/Conférence

Partout en France "La semaine du développement durable". Expositions, ateliers, conférences, sorties... beaucoup de manifestations organisées pour sensibiliser les adultes comme les enfants. Du 1er au 7 avril. Rens. : www.semainedudeveloppementdurable.gouv.fr

Paris "Des grains à la pâte". Argile du potier, encre ou encore dentifrice ont un point commun : solides au repos, ils deviennent liquides quand on les bouscule un peu. Bienvenue dans la physique des matériaux désordonnés. A l'ESPCI, le 12 avril à 18h30. Rens. : www.espci.fr

> Journée d'info

Eragny (95) "Sixième journée d'information et d'échange sur les anomalies chromosomiques rares". Toutes les informations à destination des porteurs d'anomalies mais aussi de leurs parents, sans oublier les professionnels de la santé. Les différents intervenants pourront répondre aux questions des familles. A la maison de la Challe, le 17 avril. Rens. : www.valentin-apac.org

SCIENCE & VIE
N° 1222

SCIENCE&VIE

SCIENCE&VIE

N° 1222
JUILLET 2019

Communication avec les extraterrestres

C'EST PARTI !



DÉCLIN DES INSECTES
Et alors ?

+

POLLUTION EN VILLE
Comment s'en protéger

TUMEURS
Elles ont en fait un cerveau

D : 6,80 € - BEL : 6,80 € - ESP : 4,90 € - GR : 4,90 € - DOM S : 4,90 € - DOM A : 6,00 € - ITA : 4,90 € - LUX : 4,80 € - PORT CONT : 4,90 €
CAN : 6,75 $CAN - MAR : 50 DH - TOM S : 750 CFP - TOM A : 1400 CFP - CH : 8,50 FS - TUN : 9,50 DTU

M 02578 - 1222 - F: 4,50 € - RD

John Logsdon. *C'était uniquement une question de prestige et de pouvoir. Le monde est différent : les pays sont en concurrence, mais pas en compétition."* *"Je parlerais plutôt de 'coopétition'*, lance Yves Gourinat, professeur à Supaéro. *C'est-à-dire d'une coopération compétitive, où l'on s'affronte sans pour autant se faire la guerre."* Et où l'on s'associe, quand c'est possible, pour partager les coûts.

LE PRIVÉ À LA MANŒUVRE

Il faut savoir que l'ISS arrive en fin de carrière (prévue pour 2025), et que les grandes puissances spatiales qui y collaborent (États-Unis, Europe, Japon, Canada, Russie) sont justement en train de chercher quel projet elles vont ensuite soutenir. Ainsi, Russie, Canada et Japon se sont déjà engagés, dans le sillage des États-Unis, dans un projet de station spatiale orbitale lunaire. Et l'Europe attend, suspendue au feu vert de ses membres, qui statueront en novembre prochain.

Sans compter que cette coopération internationale, dont seule la Chine semble exclue, sera marquée par une autre différence majeure par rapport à Apollo : l'implication étroite du secteur privé. Bien sûr, ce n'est pas la première fois ; c'est même la norme – la Nasa, par exemple, a déjà lancé un appel aux industriels pour la conception des futurs atterrisseurs, indispensables pour se poser sur la Lune.

Sauf que certains de ses partenaires commencent à avoir la carrure pour jouer un rôle véritablement moteur dans les prochaines dizaines d'années. C'est le cas de SpaceX, l'entreprise fondée par Elon Musk (Tesla, Paypal), et de Blue Origin, celle de Jeff Bezos (Amazon). La première est déjà parvenue à se faire une place dans le lancement de satellites, pour le compte de la Nasa, en réussissant à être plus compétitive que des lanceurs comme Ariane 5. Le second dispose lui aussi d'un lanceur, le New Shepard, qu'il destine au tourisme spatial. Mais il voit déjà plus loin.

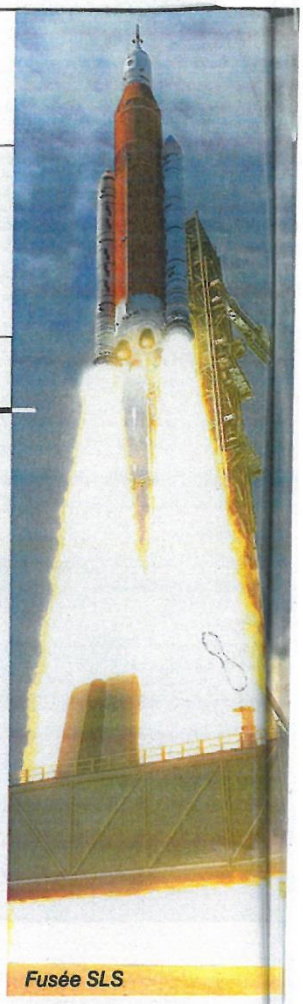
Car ces parangons du *"new space"*, tous deux milliardaires et biberonnés à la science-fiction (point commun qui ne les empêche pas de se détester), caressent des ambitions bien plus grandes, comme le résume Alain Dupas, chercheur associé au Space Policy Institute de l'université George Washington : *"Le projet pharaonique d'Elon Musk, c'est d'installer une communauté sur Mars, pour préserver la civilisation humaine si elle venait à disparaître à la suite d'une catastrophe. Il vise 1 million de colons à la fin du siècle. Bezos souhaite quant à lui coloniser l'espace – en commençant par la Lune – pour y installer les industries les plus polluantes, afin de préserver la Terre et d'en faire un jardin."*

Nouveaux outils

Les lanceurs

L'exploration habitée nécessite des lanceurs plus puissants que pour les satellites. À ce jour, seuls trois sont capables d'emmener un équipage (le Soyouz russe, la Longue Marche 5 chinoise et la Falcon Heavy de SpaceX), mais ils ne peuvent guère dépasser l'orbite basse de l'ISS. Trois nouvelles fusées, plus puissantes, sont en cours de développement :

Space Launch System
(Nasa, États-Unis).
Premier vol prévu : 2020
(échéance peu fiable)
Super Heavy
(SpaceX, É.-U.)
Premier vol prévu : 2020 (fiable)
Longue Marche 9
(CNSA, Chine)
Premier vol prévu : 2028
(très fiable)

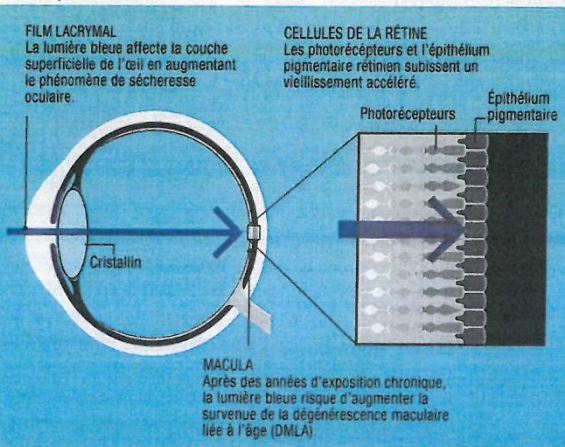


Fusée SLS

Robots *vs* astronautes : un faux débat ?

Est-il raisonnable d'envoyer des hommes explorer l'espace alors que des robots peuvent le faire pour bien moins cher ? *"On est dans un rapport de 1 à 100 en la matière"*, estime David Parker, de l'ESA. Mais l'homme reste plus efficace. *"Même aujourd'hui, une mission robotisée sur la Lune ne pourrait faire autant, ni aussi vite, que les astronautes dans les années 1970"*, confirme Christophe Sotin, de la Nasa. Sauf que pour certains, sans hommes dans l'espace, peut-être n'y aurait-il pas de robots non plus ! En effet, l'exploration habitée, seule à même de faire rêver, tire les budgets et alimente les missions robotisées.

Le dernier gros rapport remontait à 2010 et laissait plusieurs points en suspens. Cette fois, l'Anses vient de délivrer les derniers résultats sur l'impact des LED, suite à l'étude de plus de 600 publications récentes. Le verdict est sans ambiguïté. Oui, la lumière émise par les LED est nocive, et à plusieurs titres : sur la vision, mais aussi sur le rythme biologique. Le constat mérite qu'on s'y attarde, car ces composants électroniques sont devenus omniprésents dans notre société. Ampoules, écrans de télé, smartphones, phares de voitures, jouets… Les LED sont partout autour de nous. Depuis la disparition des lampes à incandescence (2009) et des halogènes (2018), elles sont même devenues la principale source d'éclairage en Europe et représentent plus des trois quarts des lampes vendues en France, devant les fluocompactes. Il faut dire qu'elles sont économes en énergie et bien plus durables que les autres ampoules (jusqu'à 40 000 heures contre 8 000 pour les fluocompactes). Justement… Il devient d'autant plus urgent de se questionner sur leur utilisation et leur réglementation.

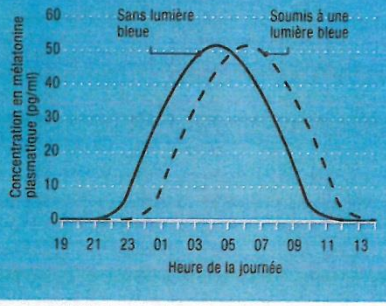


2 Néfaste pour les yeux, en particulier des plus jeunes

Une exposition de longue durée à la lumière bleue peut conduire à une baisse de la vision. Cette toxicité touche surtout les jeunes de moins de 20 ans car leur cristallin, en cours de développement, est trop clair et filtre mal la lumière bleue. Une personne de 60 ans a un taux de filtrage deux fois supérieur à une personne de 20 ans. L'Anses recommande l'achat de LED avec une température de couleur (indicateur de la quantité de lumière bleue) faible : autour de 3 000 K.

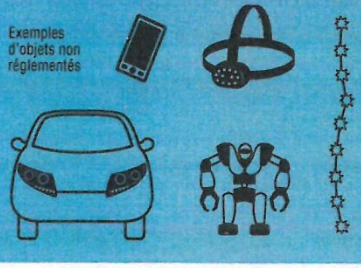
4 Utilisées le soir, elles décalent l'heure de l'endormissement

Même faible, l'exposition à la lumière bleue des LED le soir est interprétée par notre cerveau comme un signal de lumière du jour. Il bloque alors la production de mélatonine, l'hormone du sommeil, et retarde l'endormissement. Les écrans sont les premiers incriminés.



5 Trop peu d'objets sont soumis à une réglementation

Aujourd'hui, seules les ampoules sont soumises à une norme européenne. Elles sont classées soit dans le groupe 0 (sans risque, exposition illimitée), ou le groupe 1 (risque faible, 3 heures d'exposition maximum). En revanche, il n'y a pas de réglementation pour les autres objets contenant des LED, dont certains présentent pourtant un risque plus élevé, dès 100 secondes d'exposition.



SOURCE : ANSES, 2019

Table des matières

Introduction générale.....1

Partie I : Fondements théoriques de l'énonciation..... 8

Chapitre 1 : De la grammaire à la linguistique..... 9

I-1-1 Introduction.....9

I-1-2 Ferdinand DE SAUSSURE et la naissance du structuralisme....16

I-1-3 L'approche communicative de Charles BALLY.....19

I-1-4 La théorie fonctionnaliste de Roman JAKOBSON 21

I-1-5 La polyphonie énonciative d'Oswald DUCROT 23

I-1-6 La théorie énonciative d'Emile BENVENISTE.....27

I-1-7 Antoine CULIOLI et les opérations énonciatives 29

I-1-8 Conclusion 33

Chapitre 2 : Approches de la notion du discours 34

I-2-1 Introduction.....34

I-2-2 Le discours : essais définitoires.....36

I-2-3 Discours/phrase.....38

I-2-4 Discours/énoncé.....40

I-2-5 Discours/texte 43

I-2-6 Conclusion.....49

Chapitre 3 : De quelques phénomènes de l'énonciation.....50

I-3-1 Introduction.....50

I-3-2 Le phénomène de la coénonciation.....52
I-3-2-1 La coénonciation selon Antoine CULIOLI.....55
I-3-3 Les déictiques.....56
I-3-3-1 L'emploi des pronoms personnels : Subjectivité et référence.....57
I-3-4 Le temps dans l'énonciation.....62
I-3-5 L'espace dans l'énonciation.....65
I-3-6 La théorie du système de repérage déictique de CULIOLI.....68
I-3-7 Les phénomènes du contexte et/ou cotexte dans l'énonciation 70
I-3-8 La construction dynamique du sens de l'énoncé.....76
I-3-9 Conclusion.....78

Partie II : Discours scientifique et analyse du corpus.....79

Chapitre 1 : Définition du discours scientifique.....80
II-1-1 Introduction.....80
II-1-2 Classification des sciences et des genres du discours scientifique 82
II-1-3 Le discours de vulgarisation scientifique.....84
II-1-4 Présentation de la revue « Science et vie » et du corpus……..86
II-1-5 Le discours de « Science et vie » est un discours journalistique.....92
II-1-6 Les caractéristiques linguistiques du discours scientifique.....106
II-1-6-1 Les types de phrases.....106
II-1-6-2 Le système verbo-temporel.....109
II-1-6-3 Les verbes et les tournures impersonnels.....111
II-1-6-4 Les procédés anaphoriques.....113

II-1-6-5 Les marques de la modalisation.....115

II-1-6-6 Le lexique.....117

II-1-6-7 Les articulateurs logiques.....121

II-1-6-8 La ponctuation.....124

II-1-7 Le code iconographique : l'image et sa dimension argumentative.....128

II-1-8 Conclusion.....143

Chapitre 2 : Le fonctionnement de « ON » dans le corpus..... ...145

II-2-1 Introduction.....145

II-2-2 L'histoire du pronom « ON » 146

II-2-2-1 « ON » dans les dictionnaires.....147

II-2-2-2 « ON » dans *Le bon usage*.....148

II-2-2-3 « ON » dans *La grammaire structurale du français*…….....149

II-2-2-4 « ON » dans *La grammaire du français classique et moderne*.....151

II-2-2-5 Le point de vue de la grammaire moderne de Patrick CHARAUDEAU.....152

II-2-2-6 « ON » dans les travaux de REY-DEBOVE, LOFFLER LAURIAN et ATLANI.....154

II-2-3 « ON » et le contexte social et culturel.....159

II-2-4 Le sens et la référence du pronom « ON » 167

II-2-4-1 La relation ON/NOUS.....168

II-2-4-2 Le pronom « ON » : de l'indéfini au personnel.....174

II-2-5 Le pronom « ON » et sa relation au système verbal : nature et temps verbaux..... 182

II-2-5-1 Les verbes de constat.....184

II-2-5-2 Les verbes d'opinion ou de positionnement.....187

II-2-5-3 Les verbes de procès de recherche.....189

II-2-5-4 Les verbes modaux « pouvoir » et « savoir » 190
II-2-5-5 Les verbes causatifs et intensifs.....192
II-2-6 Conclusion.....199

Chapitre 3 : Enonciation et rhétorique dans le discours scientifique.....201
II-3-1 Introduction.....201
II-3-2 La rhétorique et les figures.....202
II-3-2-1 Figures de signification.....208
II-3-2-2 Figures d'expression.....210
II-3-2-3 Figures de diction.....211
II-3-2-4 Figures de construction.....211
II-3-2-5 Figures d'élocution.....211
II-3-2-6 Figures de style.....212
II-3-2-7 Figures de pensée.....212
II-3-3 Métaphore et subjectivité dans le discours scientifique.....215
II-3-3-1 La fonction argumentative.....220
II-3-3-2 La fonction explicative.....222
II-3-3-3 La fonction ornementale.....225
II-3-4 Conclusion.....227

Conclusion Générale.....230
Bibliographie.....235
Webographie.....248
Annexes.....254