

Faculté des Sciences et Techniques
Settat

THÈSE DE DOCTORAT

Pour l'obtention de grade de Docteur en sciences de l'éducation

Formation Doctorale : Chimie Appliquée et Environnement

Spécialité : Didactique des sciences physiques

Sous le thème

Enseignement et apprentissage des sciences physiques : Etude praxéologique dans les systèmes didactiques

Présentée par :

Abdellatif ELOUARDACHI

Soutenue le : Vendredi 14 octobre 2022

A la Faculté des Sciences et Techniques de Settat devant le jury composé de :

Pr. Lahboub BOUYAZZA	PES	FSTS	Président
Pr. Mustapha EL KHOUZAI	PES	FSTS	Rapporteur
Pr. Khadija RAOUF	PH	CRMF El-Jadida	Rapporteur
Pr. Said ABOUHANIFA	PES	CRMF Settat	Examineur
Pr. Mohammed ETTAKI	PH	FSSM	Examineur
Pr. Khalid SAADOUNI	PES	ENSA	Co-Directeur de thèse
Pr. Abdellah ANOUAR	PES	FSTS	Directeur de thèse

Le processus de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences physiques, dans un contexte scolaire et universitaire, a été étudié tout en considérant deux concepts : l'organisation disciplinaire et l'organisation didactique. Le cadre théorique général mobilisé est celui de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD). Nous nous sommes intéressés en particulier à l'étude des praxéologies de références, institutionnelles et personnelles, en analysant, d'une part, le rapport au savoir dans le programme scolaire et dans le manuel scolaire, et d'autre part, le rapport personnel de l'apprenant à un objet de savoir. Les principaux résultats portent sur, les praxéologies de références mobilisées par les concepteurs du programme à-propos du concept champ magnétique, l'utilisation de la praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant : Cas des réactions acido-basiques et sur le rapport institutionnel dans le manuel scolaire : cas de la gravitation universelle. Nous avons repéré sur l'échelle des niveaux de détermination et de codétermination disciplinaire et didactique les points d'appuis offerts et les contraintes imposés.

La thèse définit quelques-unes des caractéristiques de la didactique «dédoublément des modèles d'analyse» et étudie certains facteurs génériques qui agissent sur son apparition au sein d'une institution. Ce travail ouvre des perspectives sur la recherche d'autres modèles pour analyser les phénomènes didactiques et sur la possibilité d'aborder d'autres évolutions et avancées de la TAD comme les notions de Parcours d'Etude et de Recherche (PER) ou Activités d'Etude et de Recherche (AER), les modèles épistémologiques de références dominant, les ostensifs / non ostensifs. La notion de sensibilité clés nous semble pertinente pour comprendre le développement et l'évolution d'un cadre théorique de façon interne et dans ses articulations avec d'autres cadres théoriques. L'écologie des savoirs qui constitue un moyen de questionner le réel.

Mots-Clés :

Enseignement des sciences physiques, Théorie Anthropologique du Didactique (TAD), Organisation Praxéologie ou Praxéologie, Rapport au savoir, Transposition didactique, Manuel scolaire.

ملخص

في هذه الأطروحة، ندرس اشكالية تدريس العلوم الفيزيائية في سياق المدرسة والجامعة من خلال النظر في مفهومين: التنظيم الخاص بالمادة والتنظيم الديدائكتيكي. الإطار النظري العام الذي تمت تعبئته هو إطار النظرية الأنثروبولوجية لديدائكتيك. التركيز انصب حول مفهوم البراكسيولوجية (Praxéologie) المرجعية والمؤسسية والشخصية عن طريق تحليل العلاقة مع المعرفة في الإطار المرجعي الرسمي لمادة العلوم الفيزيائية وفي انتاجات المتعلمين وفي الكتاب المدرسي. قمنا بتحليل البراكسيولوجية المرجعية التي استخدمها واضعو الاطر المرجعية فيما يتعلق بمفهوم المجال المغناطيسي، ثم استخدمنا مرة ثانية البراكسيولوجية الشخصية كنموذج لوصف وتحديد العلاقة الشخصية للمتعلم مع المعرفة: حالة التفاعلات الحمضية القاعدية، كما قمنا بوصف البراكسيولوجية المؤسسية في الكتاب المدرسي: حالة درس الجاذبية الكونية.

تحدد هذه الأطروحة كذلك بعض خصائص "الازدواجية في نماذج التحليل" التعليمية وتدرس بعض العوامل العامة التي تؤثر على ظهورها داخل المؤسسة. يفتح هذا العمل وجهات نظر حول البحث عن نماذج أخرى لتحليل الظواهر التعليمية وإمكانية الاقتراب من التطورات الأخرى في (TAD) مثل مفاهيم الدراسة ومسارات البحث أو أنشطة الدراسة والبحث، النماذج المعرفية للمراجع السائدة، الظاهر / غير الظاهر. كما يبدو أن فكرة "الحساسية الرئيسية" ذات صلة لفهم تطور الإطار النظري داخلياً من جهة وفي علاقته مع الأطر النظرية الأخرى من جهة أخرى، بيئة المعرفة التي تشكل وسيلة للتشكيك في الواقع.

الكلمات المفتاح:

تدريس العلوم الفيزيائية، النظرية الأنثروبولوجية لديدائكتيك (TAD)، البراكسيولوجية التنظيمية أو البراكسيولوجية، العلاقات مع المعرفة، النقل الديدائكتيكي، المقرر الدراسي.

Avant-propos

« *Celui qui a la prétention d'enseigner ne doit jamais cesser d'apprendre* »

De John Cotton Dana (1856–1929),

Président de l'American Library Association.

La problématique de l'enseignement et l'apprentissage des sciences n'est pas neuve; elle a fait et elle fait l'objet de nombreux débats depuis plusieurs décennies. Cette problématique pose différentes questions comme: Que doit-on enseigner? Dans quel but doit-on l'enseigner? À quel niveau et comment l'enseigner? Comment après une heure d'enseignement particulier sur les actions mécaniques ou sur la quantité de matière, vous croisez un regard vide laissant transparaître l'incompréhension la plus totale, alors que la manipulation des apprenants vous a toujours semblé naturelle et intuitive? Comment ne pas se fâcher quand la copie que vous corrigez contient toutes les erreurs que vous aviez soigneusement dénoncées, et qu'elle n'aurait finalement pas été très différente si l'évaluation avait eu lieu avant l'enseignement? Etc. Ce sont là des questions récurrentes auxquelles les chercheurs ont tenté d'apporter diverses réponses.

Avant de prendre la décision de m'impliquer dans ce travail de thèse de recherche en didactique des sciences physiques, j'avais enseigné l'informatique dans le cycle collégial et la physique chimie dans le cycle secondaire qualifiant, ainsi que certaines sous-disciplines de la physique à la Faculté Polydisciplinaire de Khouribga (FPK), encore j'ai donné des cours de sciences de l'éducation au profit des étudiants de la licence professionnelle MIPC et SVT à la Faculté des sciences et techniques Settat (FSTS) pendant les années universitaires 2016-2019. C'est dans ce cadre particulier, où j'ai découvert le métier d'enseignement, surtout en matière de discussions et d'interactions avec les collègues, les étudiants et les élèves à propos des connaissances physiques chimiques. Ayant suivi des formations universitaires très orientées en physique (Licence en physique du solide et DESA en physique appliquée), après une scolarité plus au moins facile dans les établissements marocains et une orientation vers le métier de l'enseignement des sciences physiques, l'orientation vers la recherche est probablement la demande des réponses à ces questions qui allait me conduire, un jour, à s'engager dans un travail de thèse non pas en sciences physiques, mais sur un sujet relevant de l'art de l'enseignement «*Didactique des sciences physiques*», des sciences cognitives, de l'épistémologie et de la praxéologie des sciences.

Ce travail de thèse a été effectué au sein du laboratoire de Chimie Appliquée et Environnement (CAE), à l'université Hassan 1^{er}, Faculté des Sciences et Techniques de Settat. Il a pour origine, la passion personnelle pour toutes les formes de partage de la connaissance depuis l'enfance. Une passion concrétisée sur le terrain par des expériences multiples d'enseignement des sciences aux niveaux scolaires: collégial, secondaire et universitaire au Maroc, et aussi des expériences dans le domaine social. Une passion nourrie et développé de multiples expériences de formation d'enseignants et d'encadrement auprès de publics divers. Mais une passion qui, pour être complète, devait s'accompagner d'une recherche scientifique approfondie sur la question et de la manière dont on apprend les savoirs dans les situations d'enseignements et d'apprentissages.

Entreprendre une thèse de doctorat sur le sujet constituait dès lors la meilleure voie pour comprendre l'ensemble des phénomènes qui peuvent être regroupés sous l'appellation général de processus d'enseignement et d'apprentissage, dans le double but d'une part de perfectionner mes compétences pédagogiques et didactiques, d'autre part d'apporter une modeste contribution à ce sujet complexe en y faisant converger mes connaissances acquises dans divers champs disciplinaires: la physique, la chimie, la didactique des sciences ,l'épistémologie des sciences.

J'ai voulu par ce travail de recherche communiquer ce que j'avais découvert, reformulé quelques idées brillantes développées dans le champ de la didactique des sciences, les approfondir, puis les partager à la communauté « Enseignants, Inspecteur pédagogique, chercheurs, etc. » pour contribuer à l'amélioration de la formation des apprenants.

Les travaux menés dans ce cadre ont donné lieu à la production scientifique suivante:

- 1-** Elouardachi Abdellatif, Saadouni Khalid and Anouar Abdellah. "Didactic transposition in the textbook". Travail en cours de soumission.
- 2-** Elouardachi Abdellatif, Abouhanifa Said, Saadouni Khalid and Anouar Abdellah. La praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant: Cas des réactions acido-basiques. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2021;12(6): 278-290.
- 3-** Elouardachi Abdellatif, Anouar Abdellah, et Abouhanifa Said. Analyse d'une praxéologie de référence du concept champ magnétique. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.* 2018; 6(6): 276-287.
- 4-** Elouardachi Abdellatif. Journée scientifique sur l'efficacité énergétique. Faculté des Sciences et Techniques de Settat. 23 Février 2019.
- 5-** Elouardachi Abdellatif, Abdellah Anouar. Impact de la démarche d'investigation durant une séquence d'enseignement sur l'environnement. 4er JOURNEES INTERNATIONALES MATERIAUX ET ENVIRONNEMENT. Faculté des Sciences et Techniques de Settat. 22-23 Mars 2017.

Remerciements

*Au nom de Dieu le Clément, le Miséricordieux, Prières et Salut sur notre Prophète
Mohammed*

*La louange à Dieu Seigneur de l'univers qui m'a permis de terminer ce travail dans les
meilleures conditions*

Tout d'abord je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à mon directeur de thèse, *Abdellah ANOUAR* qui a accepté de diriger cette thèse et qui m'a encouragé de poursuivre mes études, pour m'avoir fait confiance malgré toutes les circonstances que j'avais au début du travail. J'avoue que j'ai eu la chance d'avoir un directeur comme « *Hajj Abdellah* », son soutien sans faille, ses conseils pour les redressements des erreurs et les réorientations fermes et précieuses, m'ont permis d'aller jusqu'au bout.

Ma sincère gratitude va également à Monsieur *Said ABOUHANIFA* pour l'intérêt qu'il a manifesté tout au long de mon travail, il m'a aidé à faire les premiers pas dans cette recherche et à l'amener à maturité. Riche d'idées, ses rendez-vous ont toujours été très enrichissants et efficaces. J'ai apprécié ses conseils ainsi que ses encouragements continuels et ses nombreuses relectures. Ensuite je suis très honoré que Monsieur *Khalid SAADOUNI* a accepté d'être mon co-directeur de thèse, je le remercie vivement.

Je remercie également tous les membres du jury de la thèse. Je remercie également les enseignants interrogés et les étudiants ayant répondu aux questionnaires, et qui sans leurs collaborations cette thèse n'aurait pu être achevée.

Je dédie cette thèse à mes parents pour leurs soutiens infinis à aller si loin dans mes études. Finalement, j'exprime ma plus profonde gratitude et mes remerciements à ma petite Famille. Je les remercie du fond du cœur pour ce qu'ils ont supporté et pour tout ce qu'ils ont représenté pour moi toute au long de cette période de thèse.

Merci.

Plan de la thèse

Avant-propos	1
Remerciements	3
Plan de la thèse	4
Résumé	7
Abstract	8
Résumé en arabe.....	9
Liste des tableaux	10
Liste des figures	11
Liste des abréviations.....	12
Introduction générale.....	13
Partie I: Cadre de référence didactique.....	16
Chapitre 1: Bibliographie et organisation physique et chimique	17
1- <i>Recherche bibliographique</i>	17
2- <i>Système éducatif et compétences au Maroc</i>	19
3- <i>Évolution des curricula marocains dans les sciences physiques</i>	20
4- <i>Compétences spécifiques des sciences physiques</i>	22
5- <i>Organisation horaire du programme physique chimie</i>	22
6- <i>Échelle des niveaux de codétermination didactique</i>	23
7- <i>Enseignement scientifique et pédagogie au Maroc</i>	34
Chapitre 2: La didactique et ses concepts.....	39
1- <i>Introduction</i>	39
2- <i>Contexte d'émergence de la didactique</i>	39
3- <i>Branches de la didactique</i>	41
4- <i>Relation entre didactique générale et disciplinaire</i>	44
5- <i>Fonctions du didacticien</i>	45
6- <i>Développement de la didactique</i>	46
7- <i>Transposition didactique</i>	46
8- <i>Distance mésogénétique</i>	52
9- <i>Contrat didactique</i>	53
10- <i>Moments didactiques</i>	54
11- <i>Chronologie des moments didactiques</i>	56
12- <i>Situation</i>	56

13- <i>Obstacles</i>	57
14- <i>Registre de représentation sémiotique</i>	58
15- <i>Opérations mentales</i>	58
16- <i>Manifestations du savoir</i>	59
17- <i>Positions critiques envers la didactique</i>	60
Chapitre 3: Modèle théorique	61
1- <i>Introduction</i>	61
2- <i>Notions fondamentales de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD)</i>	63
3- <i>Notion de praxéologie en TAD</i>	66
4- <i>Organisation praxéologique</i>	67
5- <i>Système didactique</i>	74
6- <i>Niveaux de codétermination didactique</i>	76
7- <i>Description des praxéologies de références</i>	78
8- <i>Description des praxéologies institutionnelles</i>	79
9- <i>Description des praxéologies personnelles</i>	81
9- <i>Conclusion</i>	83
Partie II: Recueil et exploitation des données	84
Chapitre 1: Analyse d'une praxéologie de référence du concept champ magnétique	85
1- <i>Introduction</i>	85
2- <i>Méthodologie</i>	86
3- <i>Aperçu sur l'institution secondaire qualifiant Marocaine</i>	86
4- <i>Choix et critères d'analyse</i>	88
5- <i>Caractérisation de l'OP de référence pour le type de tâches visés</i>	88
6- <i>Discussion</i>	92
8- <i>Conclusion</i>	94
Chapitre 2: La praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant: Cas des réactions acido-basiques	95
1- <i>Contexte de recherche et problématique</i>	95
2- <i>Modèle praxéologie en chimie</i>	96
3- <i>Méthodologie</i>	97
4- <i>Résultats et discussion</i>	102
5- <i>Evaluation des techniques mises en œuvre par les étudiants</i>	106
6- <i>Conclusion</i>	107

Chapitre 3: Transposition didactique et analyse praxéologie institutionnelle: Cas du manuel scolaire	108
<i>1- Introduction</i>	<i>108</i>
<i>2- Politique pédagogique du manuel au Maroc</i>	<i>108</i>
<i>3- Situation didactique du manuel scolaire</i>	<i>109</i>
<i>4- Manuel scolaire: Essai de définition</i>	<i>110</i>
<i>5- La transposition didactique dans le manuel.....</i>	<i>112</i>
<i>6- Problématique de la recherche</i>	<i>114</i>
<i>7- Méthodologie</i>	<i>115</i>
<i>8- Conclusion transposition didactique</i>	<i>124</i>
<i>9- Organisation praxéologique dans le manuel scolaire.....</i>	<i>124</i>
<i>10- Conclusion organisation praxéologique.....</i>	<i>134</i>
Conclusion générale et perspectives	136
Bibliographie.....	140
Annexes	146

Résumé

Le processus de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences physiques, dans un contexte scolaire et universitaire, a été étudié tout en considérant deux concepts: l'organisation disciplinaire et l'organisation didactique. Le cadre théorique général mobilisé est celui de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD). Nous nous sommes intéressés en particulier à l'étude des praxéologies de références, institutionnelles et personnelles, en analysant, d'une part, le rapport au savoir dans le programme scolaire et dans le manuel scolaire, et d'autre part, le rapport personnel de l'apprenant à un objet de savoir. Les principaux résultats portent sur, les praxéologies de références mobilisées par les concepteurs du programme à-propos du concept champ magnétique, l'utilisation de la praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant: Cas des réactions acido-basiques et sur le rapport institutionnel dans le manuel scolaire: cas de la gravitation universelle. Nous avons repéré sur l'échelle des niveaux de détermination et de codétermination disciplinaire et didactique les points d'appuis offerts et les contraintes imposés.

La thèse définit quelques-unes des caractéristiques de la didactique «dédoublé des modèles d'analyse» et étudie certains facteurs génériques qui agissent sur son apparition au sein d'une institution. Ce travail ouvre des perspectives sur la recherche d'autres modèles pour analyser les phénomènes didactiques et sur la possibilité d'aborder d'autres évolutions et avancés de la TAD comme les notions de Parcours d'Etude et de Recherche (PER) ou Activités d'Etude et de Recherche (AER), les modèles épistémologiques de références dominant, les ostensifs / non ostensifs. La notion de sensibilité clés nous semble pertinente pour comprendre le développement et l'évolution d'un cadre théorique de façon interne et dans ses articulations avec d'autres cadres théoriques. L'écologie des savoirs qui constitue un moyen de questionner le réel.

Mots-Clés:

Enseignement des sciences physiques, Théorie Anthropologique du Didactique (TAD), Organisation Praxéologie ou Praxéologie, Rapport au savoir, Transposition didactique, Manuel scolaire.

Abstract

The process of teaching and learning of physical sciences, in a school and university context, has been studied while considering two concepts: the disciplinary organization and the didactic organization. The general theoretical framework used is that of the Anthropological Theory of Didactics (ATD). We were particularly interested in the study of the institutional and personal praxeologies of reference, by analyzing, on the one hand, the relationship to knowledge in the school program and in the textbook, and on the other hand, the personal relationship of the learner to an object of knowledge. The main results concern the praxeologies of reference mobilized by the designers of the program with regard to the concept of magnetic field, the use of praxeology as a didactic model to describe the learner's personal relationship: the case of acid-base reactions and on institutional relationships in the textbook: the case of universal gravitation. We have identified on the scale of levels of disciplinary and didactic determination and codetermination the support points offered and the constraints imposed.

The thesis defines some of the characteristics of the didactic "duplication of models of analysis" and studies some generic factors that act on its appearance within an institution. This work opens perspectives on the search for other models to analyze didactic phenomena and on the possibility of addressing other developments and advances in ATD such as the notions of Pathways of Study and Research (PSR) or Activities of Study and Research (ASR), epistemological models of dominant references, ostensive / non-ostensive. The notion of key sensitivities seems relevant to us in order to understand the development and evolution of a theoretical framework internally and in its articulations with other theoretical frameworks. The ecology of knowledge which constitutes a means of questioning reality.

Key words:

Teaching of physical sciences, Anthropological Theory of Didactics (ADT), Organization Praxeology or Praxeology, Reports to knowledge, Didactic transposition, Textbook.

Résumé en arabe

في هذه الأطروحة، ندرس اشكالية تدريس العلوم الفيزيائية في سياق المدرسة والجامعة من خلال النظر في مفهومين: التنظيم الخاص بالمادة والتنظيم الديداكتيكي. الإطار النظري العام الذي تمت تعبئته هو إطار النظرية الأنثروبولوجية لديداكتيك. التركيز انصب حول مفهوم البراكسيولوجية (Praxéologie) المرجعية والمؤسسية والشخصية عن طريق تحليل العلاقة مع المعرفة في الإطار المرجعي الرسمي لمادة العلوم الفيزيائية وفي انتاجات المتعلمين وفي الكتاب المدرسي. قمنا بتحليل البراكسيولوجية المرجعية التي استخدمها واضعو الأطر المرجعية فيما يتعلق بمفهوم المجال المغناطيسي، ثم استخدمنا مرة ثانية البراكسيولوجية الشخصية كنموذج لوصف وتحديد العلاقة الشخصية للمتعلم مع المعرفة: حالة التفاعلات الحمضية القاعدية، كما قمنا بوصف البراكسيولوجية المؤسسية في الكتاب المدرسي: حالة درس الجاذبية الكونية.

تحدد هذه الأطروحة كذلك بعض خصائص "الازدواجية في نماذج التحليل" التعليمية وتدرس بعض العوامل العامة التي تؤثر على ظهورها داخل المؤسسة. يفتح هذا العمل وجهات نظر حول البحث عن نماذج أخرى لتحليل الظواهر التعليمية وإمكانية الاقتراب من التطورات الأخرى في (TAD) مثل مفاهيم الدراسة ومسارات البحث أو أنشطة الدراسة والبحث، النماذج المعرفية للمراجع السائدة، الظاهر / غير الظاهر. كما يبدو أن فكرة "الحساسية الرئيسية" ذات صلة لفهم تطور الإطار النظري داخلياً من جهة وفي علاقته مع الأطر النظرية الأخرى من جهة أخرى، بيئة المعرفة التي تشكل وسيلة للتشكيك في الواقع.

الكلمات المفتاح:

تدريس العلوم الفيزيائية، النظرية الأنثروبولوجية لديداكتيك (TAD)، البراكسيولوجية التنظيمية أو البراكسيولوجية، العلاقات مع المعرفة، النقل الديداكتيكي، المقرر الدراسي.

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition horaire selon les orientations pédagogique des années (2007, 2014, 2015 et 2018).....	23
Tableau 2: Organisation du programme dans le cycle collégial.....	25
Tableau 3: Organisation de la discipline physique au tronc commun.....	27
Tableau 4: Organisation de la discipline chimie au tronc commun	28
Tableau 5: Organisation de la discipline physique de la 1 ^{ère} année du baccalauréat.....	29
Tableau 6: Organisation de la discipline chimie de la 1 ^{ère} année du baccalauréat	31
Tableau 7: Critère de sélection.....	34
Tableau 8: Etude praxéologique de la tâche T« Equilibrer une équation chimique».....	70
Tableau 9: L'orientation de la discipline physique chimie officielle édité en langue française	87
Tableau 10: Présente la caractérisation de l'OPP1(T_1)= ($T_{1,1}$, $\tau_{1,1}$, θ_1 , Θ).....	89
Tableau 11: Présente la caractérisation de l'OPP2 (T_1) = ($T_{1,2}$, $\tau_{1,2}$, θ_2 , Θ).....	89
Tableau 12: Présente la caractérisation de l'OPP3 (T_1) = ($T_{1,3}$, $\tau_{1,3}$, θ_3 , Θ).....	90
Tableau 13: Présente la caractérisation de l'OPP1(T_2) = ($T_{2,1}$, $\tau_{2,1}$, θ_2 , Θ)	90
Tableau 14: Présente la caractérisation de l'OPP2(T_2) = ($T_{2,2}$, $\tau_{2,2}$, θ_2 , Θ).....	90
Tableau 15: Présente la caractérisation de l'OPP1(T_3) = ($T_{3,1}$, $\tau_{3,1}$, θ_3 , Θ).....	90
Tableau 16: Présente la caractérisation de l'OPP2(T_3)= ($T_{3,2}$, $\tau_{3,2}$, θ_3 , Θ).....	91
Tableau 17: Présente la caractérisation de l'OPP1(T_4) = ($T_{4,1}$, $\tau_{4,1}$, θ_4 , Θ).....	91
Tableau 18: Présente la caractérisation de l'OPP2(T_4) = ($T_{4,2}$, $\tau_{4,2}$, θ_4 , Θ).....	91
Tableau 19: Présente la caractérisation de l'OPP1(T_5)= ($T_{5,1}$, $\tau_{5,1}$, θ_5 , Θ).....	91
Tableau 20: Présente la caractérisation de l'OPP2(T_5)= ($T_{5,2}$, $\tau_{5,2}$, θ_5 , Θ).....	92
Tableau 21: Carte praxéologique de référence du type de tâches visé T_i	92
Tableau 22: Découpage du type de tache « T_1 : Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C ».....	99
Tableau 23: Découpage du type de tâche « T_2 : Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau »	99
Tableau 24: Découpage du type de tâche « T_3 : Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}}$ dans la solution »	100
Tableau 25: Découpage du type de tâche « T_4 : Calculer le taux d'avancement final τ »	100
Tableau 26: Découpage du type de tâche « T_5 : Calculer le quotient de réaction du système $Q_{r,i}$ à l'état initial ».....	101
Tableau 27: Découpage du type de tache « T_6 : Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction »	102
Tableau 28: Le produit ionique de l'eau à 25°C.	102
Tableau 29: Réaction de l'acide éthanoïque avec de l'eau	103
Tableau 30: Le diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate	104
Tableau 31: Le taux d'avancement final τ	105
Tableau 32: Total étudiants «Symbolisation attendu; technique conforme; technique erronée ou inadaptée; technique non justifiée »	106
Tableau 33: Evaluation des étudiants selon le statut de leur rapport personnel technique aux tâches prescrites.....	106
Tableau 34: Macrostructure du manuel «Al Massar Physique chimie».....	116
Tableau 35: Etude de l'avant-propos et de la table des matières du manuel Al Massar physique-chimie	119
Tableau 36: OP et OD de la partie cours du manuel p10-13.....	129
Tableau 37: Milieu institutionnel du savoir «Attraction universelle » à partir du manuel.....	130
Tableau 38: Organisation locale (T_i ; τ_i ; θ_i ; Θ_i) avec $i=1,\dots,4$	133

Liste des figures

Figure 1: Échelle des niveaux de codétermination didactique	24
Figure 2: Architecture pédagogique selon le système LMD	33
Figure 3: Scores et classement du rapport TIMSS 2015 en sciences	37
Figure 4: Scores et classement du rapport TIMSS 2019 en science.....	37
Figure 5: Sémantique du terme didactique	40
Figure 6: Système de relation entre didactique générale et disciplinaire	45
Figure 7: Triangle didactique (Chevallard, 1985)	47
Figure 8: Triangle pédagogique (Houssay, 1988)	48
Figure 9: Tétraèdre (Faerber, 2003)	48
Figure 10: Pyramide (Poisson, 2003)	49
Figure 11: Pyramide de Sea Kim.....	49
Figure 12: La noosphère didactique	50
Figure 13: Etapes de transposition didactique (Chevallard, 1985).....	52
Figure 14: Exercices d'applications du principe d'inertie	72
Figure 15: Cadres de référence Marocain, Bac science, Op. Français, 2015.	73
Figure 16: Institutions responsables du système éducatif et didactique au Maroc	74
Figure 17: Echelle des niveaux de codétermination didactique	77
Figure 18: « AL moufid Physique Chimie, Tronc commun Scientifique Et Technique, 2021, p. 122-123 »	80
Figure 19: Orientations de la discipline physique chimie, 2007, le magnétisme, p: 60-61	87
Figure 20: Organisation physique (OP) de référence	93
Figure 21: Orientation pédagogique générale pour l'enseignement de sciences physiques	95
Figure 23: Exemple de production de l'étudiant 1	103
Figure 24: Exemple de production de l'étudiant 2	103
Figure 25: Exemple de production de l'étudiant 3	103
Figure 26: Exemple de production de l'étudiant 4	104
Figure 27: Exemple de production de l'étudiant 5	104
Figure 28: Exemple de production de l'étudiant 6	104
Figure 29: Exemple de production de l'étudiant 7	105
Figure 30: Exemple de production de l'étudiant 9	105
Figure 31: Fiche signalétique 2 représentant le manuel «Al Massar Physique Chimie (version arabe)» du TC scientifique et technique.....	116
Figure 32: Sujet « Ordre de grandeur », p10	125
Figure 33: Sujet « Gravitation universelle », p11.....	126
Figure 34: Sujet « poids d'un corps », p12.....	127
Figure 35: Axe graduée en puissance de 10	132
Figure 36: Système terre lune.....	132

Liste des abréviations

- [T/τ /θ/Θ]: Quadruplet formé d'une tâche, de la technique, de la technologie et de la théorie
- [T/τ]: Praxi ou Savoir faire
- [T_i, τ_i, θ, Θ]: Praxéologie locale
- [T_{ij}, τ_{ij}, θ_j, Θ]: Praxéologie régionale
- [T_{ijk}, τ_{ijk}, θ_{jk}, Θ_k]: Organisation globale
- [θ/Θ]: Logos ou savoir
- **APC**: Approche par compétence
- **Aster**: Revue de recherches en didactique des sciences expérimentales
- **Bac Pro**: Baccalauréat professionnelle
- **CSEFRS**: Conseil supérieur de l'enseignement, de la formation et de la recherche scientifique
- **DESA**: Diplôme d'Etude Supérieure Approfondie
- **Didaskalia** Revue de recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques
- **FAID**: Formateur, Apprenant, Information et Dispositif
- **FSTS**: Faculté des sciences et techniques de Settat
- **IUFM**: Instituts universitaires de formation des maîtres *française*
- **LMD**: Licence, Master, Doctorat
- **MPR**: Modèle praxéologique de référence
- **OC**: Organisation chimique
- **OD**: Organisation disciplinaire
- **ODP**: Organisation disciplinaire ponctuel
- **OP**: organisation praxéologique
- **OPL**: organisation praxéologie local
- **OPPC(T_i)**: Organisation physique ponctuelle complexe de référence relative au type de tâches T_i
- **OPP_i(T_i)**: Organisation physique ponctuelle simple relative au type de tâches T_i
- **PDL**: Praxéologie disciplinaire ponctuelle
- **PI**: Praxéologie institutionnel
- **R(I, O)**: Rapport institutionnel à un objet O
- **R(X, O)**: Rapport personnel d'un individu X à un objet O
- **RDST**: Revue francophone de référence de recherches en didactique des sciences et des technologies
- **RI(p, o)**: Rapport institutionnel à un objet O en position p
- **SD(X, Y, T)**: Système didactique
- **TAD**: Théorie Anthropologie du Didactique
- **TIMSS**: (Trends in Mathematics and Science Study) l'étude internationale consacrée aux mathématiques et aux sciences
- **θ**: Technologie
- **Θ**: Théorie
- **τ**: Technique

Introduction générale

Le choix de ce présent travail est fondé sur des interrogations personnelles et professionnelles en tant qu'enseignant de la discipline physique chimie (sous la dénomination: Sciences physiques) touchés par la parole de Gaston Bachelard en 1967: « *J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas qu'on ne comprenne pas* ». L'enseignement et l'apprentissage des sciences a fait l'objet de nombreuses études et débats depuis des années auxquelles les opérateurs pédagogiques apportent des contributions aux questions problématiques posées dans le contexte scolaire et universitaire. Ceci traduit d'une façon ou d'une autre l'importance accrue mis de plus en plus sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences en général, c'est-à-dire sur la nécessité de faire acquérir aux jeunes les connaissances de base en sciences physiques dans le but, non pas simplement de former des scientifiques, mais également d'améliorer leurs perspectives d'emploi et contribuer au développement de la vie de tous les jours à laquelle ils appartiennent, car la vie est remplie de phénomènes fascinants qui ne demandent qu'à être expliquées, prenez par exemple aux aurores polaires et à celles des bulles de savon, aux équilibres de pressions qui créent le vent, au fait de transformation de l'eau liquide à la glace solide à une certaine température, à la production d'un éclair et du tonnerre qui s'ensuit lors d'une tombée de la pluie. Tous ces phénomènes ainsi que d'autres tombent dans le domaine scientifique de la discipline sciences physiques.

L'interaction entre les deux disciplines physique et chimie est riche et complexe. Les deux disciplines ont des points de contact, et elles s'appuient sur des concepts fondamentaux communs comme le volume, la quantité de matière, l'énergie, etc. Mais ces deux disciplines se distinguent aussi épistémologiquement, historiquement et didactiquement. Une simple recherche bibliographique peut montrer les spécificités de chacune de ces deux disciplines. Malgré ces différences, les deux disciplines, physique et chimie, sont réunies, au collège et au lycée au Maroc et sont enseignées par un seul et même enseignant comme dans d'autres pays du monde. Cette situation n'est pas universelle: en Allemagne, la chimie peut être enseignée avec la biologie. En Italie, les mathématiques et les sciences (physique, chimie, biologie,...) sont enseignées par un seul professeur au collège, la physique peut être enseignée avec les mathématiques par un seul professeur pendant les cinq années du lycée scientifique, les sciences naturelles (la chimie et la biologie et la science de la terre) sont enseignées par un seul professeur jusqu'à quatrième année du lycée, Dans d'autres pays comme la Brésil physique et chimie sont enseignées au lycée séparément, et par des professeurs différents.

L'enseignement scientifique est également conçu comme pouvant contribuer au développement de la pensée conceptuelle, de l'esprit critique, du raisonnement logique. Il s'inscrit ainsi dans le contexte d'une formation fondamentale qui renvoie elle-même à une vision d'ensemble du rôle de l'enseignement des sciences sur le développement personnel et social. Cependant, malgré les progrès croissants de la formation scientifique au contexte scolaire, on constate, un peu partout dans le monde, un échec assez massif de l'enseignement des sciences (Venturini, 2007). Cet échec se reflète notamment par un faible niveau de réussite, par un manque d'intérêt pour la science et par une attitude assez peu scientifique à l'égard des phénomènes de la vie de tous les jours.

La situation au Maroc est similitude et alarmante, il faut savoir que en 2015 et 2019 dans l'enquête internationale TIMSS, les élèves marocains ont occupés toujours les derniers rangs en dessous de la moyenne internationale (500 points) en mathématiques et en sciences, les pays les plus avancés étant à plus de 600 points (TIMSS, 2015, 2019). Ces constats nous interpellent, ils sont directement liés à la qualité de l'enseignement dans le contexte scolaire et universitaire. Le déficit en éducation aux sciences physiques est un frein majeur au développement du pays, les raisons du déficit sont complexes et multiples à savoir: classes surchargées, enseignants insuffisamment formés ou motivés, programme mal construit ou mal corrélé, environnement social ou familial défavorable, transposition de savoirs, Problème d'écologie, ...etc.

Ainsi différentes questions problématiques se posent: Comment mettre l'enseignement et l'apprentissage de sciences physiques à la place qui devrait être la sienne dans la société? Comment, dans un environnement qui est nécessairement conditionné et contraint envisager un système d'enseignement des sciences, qui permette un accès équitable à la science? Quel est le processus qui permet à un savoir disciplinaire de passer d'une institution dans une autre institution d'enseignement? Quelles sont les conditions et les contraintes qui pesant sur le fonctionnement du système d'enseignement? Comment la transposition didactique et l'organisation praxéologique du savoir influencent la conception du manuel scolaire? Pour répondre à ces questions problématiques nous avons considéré les hypothèses suivantes:

1. L'organisation officielle du programme influence la transposition du savoir d'une institution à une autre institution d'enseignement;
2. Le déficit conceptuel en sciences physiques chez l'apprenant marocain est lié au rapport au savoir des sciences physiques construit au cours de l'enseignement;
3. La complémentarité des cadres théoriques d'analyse permet d'approcher le processus d'enseignement et d'apprentissage d'un objet de savoir, de mieux comprendre son organisation et donc en quoi il se différencie des autres.

Ce rapport de thèse s'inscrit dans un double cadre: un cadre général de recherche concernant un certain nombre de problème de l'enseignement et de l'apprentissage de la discipline sciences physiques; et un deuxième cadre particulier de recherche qu'étudie la notion du rapport au savoir que ce soit institutionnel, de référence, ou personnel, dans le contexte spécifique de l'enseignement scolaire et universitaire des sciences physiques. Nous avons convoqué un modèle basé sur des concepts de la théorie anthropologique du didactique (TAD) issue de la didactique des mathématiques, en particulier sur l'approche praxéologique, pour analyser le rapport au savoir, celle-ci a été faite dans différents domaines de la physique et de la chimie à savoir, le concept champ magnétique dans le curriculum scolaire marocaine, les productions personnelles des étudiants de la 1^{ère} année de la FSTS relatives aux transformations associées à des réactions acido-basiques en solution aqueuse et la gravitation universelle dans le manuel scolaire de la classe du tronc commun scientifique qualifiant. La particularité de cette thèse est qu'elle veut saisir le rapport au savoir et leur développement, nous avons pris conscience que ce rapport au savoir influence l'enseignement et l'apprentissage avec la ou les discipline(s), aussi la transposition d'un filtre conceptuel d'un autre champ disciplinaire, les Mathématiques, pour découper et étudier ce qui peut être considéré comme les objets du savoir relatifs au notre champ disciplinaire sciences physiques.

Le plan de la thèse qui constitue notre travail est présenté à travers la structure suivante: Introduction générale induit le contexte de l'étude, la problématique, les questions de recherche et les hypothèses ainsi que le plan de la thèse.

La première partie, composée de trois chapitres, couvre le cadre de référence didactique, le chapitre 1 précise l'état de l'art bibliographique et l'organisation de la physique chimie générique et particulière, dans le chapitre 2, nous présentons un ensemble de concepts de la didactique des sciences physiques qui permet d'approfondir notre problématique. Le chapitre 3 est consacré au modèle théorique utilisé dans notre analyse pour répondre aux questions de recherche préalablement établis.

La deuxième partie de ce travail est organisée en trois chapitres, elle s'articule autour du recueil et exploitation des données. Le chapitre 1 concerne l'analyse de l'organisation praxéologique de référence du concept champ magnétique en 1^{ère} année Baccalauréat. Le chapitre qui suit, décrit le rapport personnel des étudiants de la 1^{ère} année de FSTS aux savoirs liés aux réactions acido-basiques, d'un point de vue praxéologique. Le chapitre 3 présente, en plus de ce qui est commun avec les autres chapitres, un aperçu sur la vision officielle concernant la conception des manuels, un cadre conceptuel couvrant le manuel scolaire et ses fonctions, le curricula et la transposition didactique.

Dans la conclusion, nous revenons sur les principales étapes de cette thèse. Nous détaillons des éléments génériques, afin de montrer le phénomène didactique étudié, à travers les analyses recueillies sur les différents systèmes didactiques et d'apporter des éléments de réponses aux questions problématiques. Nous proposons ensuite quelques perspectives pour l'amélioration et la recherche.

Partie I: Cadre de référence didactique

Chapitre 1: Bibliographie et organisation physique et chimique

Chapitre 2: La didactique et ses concepts

Chapitre 3: Modèle théorique

1-Recherche bibliographique

Pas une personne ne conteste la nécessité accrue et l'importance aujourd'hui de se former tout au long de la vie pour faire face aux évolutions rapides de nos sociétés dans tous les domaines et à leurs complexités toujours croissantes. L'évolution sociale est considérée comme un processus global comprenant le bien-être physique, mental, spirituel, ... de tous les peuples, et considérant que la science, convenablement canalisée, peut contribuer à l'accomplissement de ce but pour tout le monde. Aujourd'hui le monde est passé à l'économie de la connaissance, de la gestion par les compétences, de la démultiplication de l'accès aux savoirs par l'explosion des ressources numériques et du projet de société apprenante à l'échelle mondiale, et donc l'enseignement et l'apprentissage des sciences n'y échappent pas, et conditionne pour une grande partie l'intégration des élèves à la société dans laquelle ils vont vivre.

Cependant, les difficultés inhérentes dû à l'enseignement et apprentissage de sciences physiques chez les apprenants ne cessent de préoccuper enseignants et chercheurs, et ce, dans la plupart des pays. Par la suite, nous nous proposons d'analyser des recherches didactiques menées pendant des années sur les questions de l'enseignement et apprentissage des sciences. Et ceci pour savoir, d'une part, comment ces travaux ont été menés et pouvoir, d'autre part, prouver l'originalité de notre travail de thèse et le situer par rapport à ces études. Les travaux de recherche en didactique de sciences physiques témoignent du fait que les réflexions de l'enseignement et de l'apprentissage ont fait l'objet de plusieurs études, parmi ces travaux de recherches nous pouvons citer:

- Les contributions de la revue *Aster* (de 1985 à 2009) pour le développement de la recherche en didactique des sciences expérimentales et à la diffusion des connaissances qui permettent de mieux comprendre les situations d'enseignement-apprentissage, les contenus d'enseignement et l'organisation des plans d'étude, le processus d'accès aux savoirs, à la construction de compétences par les élèves et les étudiants, à la professionnalisation des enseignants et des formateurs, tant dans des situations d'éducation formelle que non formelle;
- Les recherches en didactique et de l'innovation pédagogique, éditées avec le concours de l'université Laval (Québec) et de l'université catholique de Louvain (Belgique), avec le soutien de l'IUFM de Créteil et avec le parrainage de la société française de physique, de la société française de chimie et du comité national des ingénieurs de France sous l'appellation: *DIDASKALIA* (de 1993 à 2009), qui propose des articles de recherche, des points de vue, des comptes rendus d'innovation et des notes de lecture;
- La revue de recherches en didactique des sciences et des technologies *RDST* (A partir de 2010), avec deux numéros par an composés d'un dossier et de varia, *RDST* s'affirme comme une revue francophone de référence de recherches en didactique des sciences et des technologies. Elle contribue à la production de connaissances didactiques en proposant un espace de débat scientifique portant à la fois sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences et des technologies, sur la diffusion des savoirs scientifiques et technologiques, et sur la formation à l'enseignement de ces domaines;

- Des mémoires de thèses soutenues jusqu'à présent.

À noter: les chercheurs en didactique de la physique et de la chimie publient également dans des revues de recherches non spécifiques à la didactique des sciences:

- Éducation et Didactique;
- Recherches en éducation;
- Recherches en didactiques.

L'exploration de ces recherches bibliographiques scientifique est sans doute l'étape la plus exigeante et qui demande de consacrer beaucoup de temps et d'énergie. Ces efforts consistent principalement à trouver la documentation pertinente et à bien faire une lecture active et inquiète, c'est ainsi qu'il faut sélectionner soigneusement un petit nombre de lectures et s'organiser pour en tirer le bénéfice maximum. Pour tout cela nous avons construit la grille de lecture suivante, elle est fondée sur des critères objectifs et informatifs:

Titre, Auteur et année	But, problème de la recherche	Mots clés	Méthodologie, Cadre théorique	Résultats trouvés et propositions
------------------------	-------------------------------	-----------	-------------------------------	-----------------------------------

L'application de cette grille aux différents travaux de recherche étudiés, nous a abouti les conclusions présentées dans la liste ci-dessous:

1. Les recherches en didactique des sciences physiques et chimiques ont commencé à partir des années 1970 dans les pays francophones, de nombreuses problématiques majeures ont traversé ce champ de recherche pour mieux comprendre en quoi et comment la didactique des sciences tente de comprendre toutes les dimensions de l'apprentissage scientifique dans les situations d'enseignement et d'apprentissage ou d'éducation scientifique et technologique, les contenus d'enseignement et l'organisation des plans d'étude. Ces travaux de recherches s'intéressent aux processus d'accès aux savoirs, à la construction de compétences par les élèves et les étudiants, à la formation puis la professionnalisation des enseignants et des formateurs, tant dans des situations d'éducation formelle que non formelle;
2. Les premières études en didactique des sciences ont cherché à mieux concevoir les difficultés des élèves en sciences et y remédier pourquoi et en quoi les élèves rencontrent des difficultés dans l'apprentissage des concepts scientifiques;
3. Le cœur des travaux en didactique des sciences physiques a porté et porte encore aujourd'hui sur les représentations ou les conceptions des apprenants, c'est-à-dire un ensemble d'idées et d'images cohérentes, explicatives, prêtes à utiliser par les apprenants pour raisonner et résoudre une situations-problèmes. Astolfi et Develay en 2002 évoquent trois types de travaux de recherche sur les conceptions: leur «Cartographie» dans les différentes didactiques disciplinaires, la recherche de leurs causes et de leurs origines, et la prise en compte de leurs conditions de production dans une situation éducative donnée;
4. En parallèle avec les recherches sur la compréhension des difficultés d'apprentissage des élèves en sciences et leurs conceptions, des travaux sur les pratiques enseignantes se sont développés afin d'aider les enseignants à mieux connaître les conceptions de leurs apprenants mais aussi à mettre en place des pratiques adaptées;

5. Les méthodes de recherche ont également évolué, on a passé des méthodes comme: questionnaires, enquête, observation directe; aux méthodes comme: les transcriptions et d'analyses de vidéos, complétées par des analyses de discours et des entretiens d'élèves et/ou d'enseignant. Les outils de l'ingénierie didactique sont appliqués à l'étude de cas d'une séance de classe, aussi on remarque une extension des cadres méthodologies mobilisés entre les disciplines et un rapprochement, au moins pour certains chercheurs, avec les autres didactiques;
6. Au-delà de tout ce qui précède, c'est également les questions relatives à la situation d'enseignement elle-même et les rapports aux savoirs scientifiques qui peuvent entraîner des difficultés dans l'enseignement et l'apprentissage des notions scientifiques;
7. A partir des années 2000, la didactique comparatiste est née d'une volonté de repenser et rapprocher les rapports entre les didactiques à l'intérieur des recherches en éducation et de développer les relations entre la didactique et les autres sciences de l'homme et de la société, nous avons par exemple la manière dont la didactique des sciences et des technologies s'est emparée du concept de transposition didactique, issu de la didactique des mathématiques.

Ainsi notre travail de thèse s'inscrit dans un projet de recherche et d'étude très large qui tente d'appréhender l'attitude des apprenants en vers les sciences physiques, en utilisant un cadre théorique d'analyse appartient à la didactique des mathématiques et la sociologie.

2-Système éducatif et compétences au Maroc

Le système éducatif marocain vise à développer et privilégier chez l'apprenant les savoirs, les savoirs faire et les compétences dans tous les niveaux scolaires en considérant les principes et les orientations fondamentales cités dans les documents officiels suivants:

- La loi cadre n°51-17 relative au système d'éducation, de formation et de recherche scientifique;
- La vision stratégique de la réforme 2015-2030 pour une école de l'équité, de la qualité et de la promotion;
- Le livre blanc d'éducation et de formation de 2002;
- La charte nationale d'éducation et de formation de 1999;
- Orientations pédagogiques officielles en vigueur du Maroc pour les années 2007, 2014, 2015, 2018.

Ces documents officiels prennent réellement en compte les besoins, les attentes et les exigences réelles de la société dans différents secteurs de production et de développement économique et social. Cette perspective nouvelle assure un accès équitable à l'école pour tous les enfants, elle doit également leur assurer le droit à une éducation de qualité afin de les préparer à la vie, améliorer leurs perspectives d'emploi et contribuer au développement de la société à laquelle ils appartiennent. C'est pour ça le système éducatif Marocain adopte l'approche par compétence (APC) à partir de l'année 2000, le choix de cette approche est motivé par la conviction des décideurs et des acteurs éducatifs de son apport scientifique et pédagogique pour l'amélioration des conditions de l'enseignement et l'apprentissage afin que ceux-ci soient adaptés aux mutations affectant l'environnement scolaire et social à tous les niveaux. Les compétences développées sont groupées en:

- Compétences personnelles qui développent l'estime de soi;

- Compétences sociales qui participent à la transformation de la société dans les dimensions spirituelles, intellectuels et matérialistes;
- Compétences capables de participer au développement dans les secteurs productifs économique et social, qui permettent au système d'éducation et de formation de répondre à l'exigence d'intégration dans les secteurs économique et social.

3- Évolution des curricula marocains dans les sciences physiques

Actuellement, le système éducatif se compose de trois cycles: Le cycle fondamental qui englobe l'enseignement préscolaire de trois ans à cinq ans et l'enseignement primaire de 6 ans, qui est l'âge obligatoire pour l'entrée à l'école, à 12 ans; le cycle secondaire qui englobe le collégial de trois ans (obligatoire) et le secondaire qualifiant de trois ans également, qui lui succède, allant du tronc commun, 1^{ère} année et 2^{ème} année du baccalauréat. Ce dernier, se ramifie en cinq pôles: les filières scientifiques; les filières techniques; les filières professionnels, les filières littéraires et enfin les filières originelles; le cycle supérieur universitaire et non universitaire qui obéit au schéma (LMD) (Licence, Master, Doctorat) correspondant respectivement à 3 ans, 5 ans et 8 ans d'études supérieures.

L'enseignement scolaire des sciences physiques et chimiques au Maroc a été introduit pour la première fois dans le programme des lycées de fils des notables mis en place par le protectorat. Au niveau de l'enseignement original qui existait avant le protectorat (1912-1956), figuré dans les deux universités islamique El-Karawiyine de Fès et Ibn Youssef de Marrakech. L'historien Abdellhadi Tazi dans a mis en évidence l'existence, à des périodes diverses, d'un enseignement d'astronomie, de mathématiques et de médecine dans les établissements d'enseignement traditionnel marocains.

Depuis l'indépendance du Maroc, et jusqu'à 1976, les programmes des disciplines scientifiques ont été les mêmes que ceux de la France, que ce soit pour la langue d'enseignement, les leçons d'éveil scientifiques et les leçons de calcul au primaire ou pour les sciences physiques au secondaire. En conséquence, pendant cette période, il n'y avait pas de manuels scolaires marocains pour ces disciplines scolaires, exception faite de certains manuels en langue arabe produits par des enseignants égyptiens, irakiens, libanais et syriens qui enseignaient dans les lycées d'enseignement originel où l'enseignement des sciences était complètement arabisé depuis le début mais ces lycées n'abritaient qu'une minorité d'élèves. Pour les lycées d'enseignement général, qui abritaient la quasi-totalité des élèves du secondaire, l'enseignement des sciences était dispensé en langue française jusqu'en 1985. La première promotion de bacheliers scientifiques entièrement arabisés a accédé à l'enseignement supérieur en 1990. L'arabisation totale de l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire est réalisée entre 1985 et 1990, pourtant dans le cycle universitaire la langue d'enseignement des sciences restent la langue française (Chafiqi et al., 2011). Mais à partir 2011, le système éducatif marocain a installé un changement progressive qui porte sur les langues d'enseignement des matières scientifiques en particulière la physique et la chimie au cycle secondaire dans la mesure où le français, l'anglais et l'espagnole devient langues d'enseignement des sciences a côté de l'arabe standard.

L'arabisation de la langue d'enseignement est instaurée par des choix opérés différent de ceux des pays arabes (notamment en Égypte, en Syrie et en Iraq). Les décideurs marocains ont arabisé seulement le discours accompagnateur du formalisme scientifique, tout en conservant

les symboles du système international d'unité (symboles, les grandeurs physiques et chimiques, vecteurs, équations différentielles, schémas électriques, etc.).

Aujourd'hui au niveau du programme scolaire de physique et chimie, les décideurs marocains adoptent les mêmes principes et orientations pédagogiques, édités dans les documents officiels qui cadrent l'éducation, l'enseignement et la formation du pays, comme:

- Les apprenants doivent savoir ce qu'est la science occupe une place importante dans le développement du pays dans tous les secteurs;
- Acquérir à l'apprenant une culture scientifique et technique spécialisée dans un domaine du savoir scientifique;
- Préparer les élèves à poursuivre les progressions scientifiques et techniques, étude et pratique;
- Initier et pratiquer la démarche scientifique;
- Développer les savoirs, les savoirs faire et les compétences de la recherche scientifique chez l'apprenant;
- Aider l'apprenant à choisir son parcours personnel vers les filières scientifiques et technique selon ses capacités.

Les élèves marocains suivent l'enseignement des sciences physiques à partir de la première année collégiale à raison de deux séances par semaine d'une heures chacune sur 32 heures de cours semestriel, pour leurs permettre d'exprimer le goût des sciences et aussi d'acquérir les modes de raisonnement essentiel dans un parcours qui leur ouvre la voie aux études supérieures relevant des domaines des sciences exactes, de la pharmacie, de la technologie, de l'informatique, des mathématiques, l'ingénierie, etc.

L'enseignement des sciences physiques, à la fois fondamentales et appliquées, contribuent de manière inhérente à l'acquisition d'un ensemble de savoirs, de savoir-faire et de savoir-être indispensables dans l'apprentissage des sciences de l'ingénieur, des sciences de la vie et de la Terre et, en même temps, constituent un environnement fertile de contextualisation pour les mathématiques et l'informatique. Au lycée qualifiant, seuls les élèves des filières scientifiques, professionnels et techniques industrielles reçoivent un enseignement de sciences physiques et chimiques (entre trois et sept heures par semaine selon la filière choisi).

Le programme de physique chimie de la classe secondaire qualifiant s'inscrit dans la continuité pédagogique et didactique de celui de la classe secondaire collégiale (Orientations pédagogiques marocains, 2007, 2014, 2015, 2018), en promouvant la démarche scientifique pour comprendre et expliquer le monde qui nous entoure, pratiquer l'activité de communication essentielle à la vie, que ce soit à l'école ou sur le plan interpersonnel, notre quotidien social est bien plus harmonieux lorsque nous communiquons correctement et efficacement.

Ladite programme favorise l'utilisation des technologies numériques dans différentes plats formes pour vérifier et enrichir l'acquisition des connaissances, l'usage des outils numériques en classe ou à la maison réussissent significativement un meilleur apprentissage à long et moyenne terme car l'apprenant comprennent plus vite et mieux ce qu'ils lisent. Acquérir la méthodologie de recherche et l'autoformation dans différents domaines cognitifs, scientifiques et technologiques occupe une place centrale pour former un citoyen équilibré, responsable et qui savent agir individuellement et collectivement dans un monde en constante évolution.

L'étude des sciences physiques dans les niveaux scolaires est prolongée et permet ainsi à l'élève d'étudier progressivement, dans la continuité et de manière approfondie, un nombre de sujets dont les vertus formatrices sont avérées pour une préparation efficace à l'enseignement supérieur.

4- Compétences spécifiques des sciences physiques

Un ensemble de compétences spécifiques travaillées et attendus à la fin du cycle secondaire qualifiant, ces compétences sont organisées se forme de compétences procédurales et de savoirs, elles constituent le cahier des charges des enseignants pour l'enseignement des élèves. Sept compétences spécifiques sont ainsi visées en physique chimie:

1. Concevoir une stratégie de résolution expérimentale des problèmes;
2. Pratiquer les étapes fondamentales de la démarche scientifique pour résoudre un problème;
3. Anticiper les risques éventuels pour une situation expérimentale et utiliser les moyennes de sécurité convenable;
4. Analyser les constituants d'une problématique scientifique, rechercher et exploiter l'information utile afin de choisir à bon escient les outils et les techniques pour la résolution;
5. Prouver et justifier les possibles relations entre les éléments d'un problème à partir des résultats obtenus, juger l'efficacité des objectifs tracés;
6. Expliquer les phénomènes de la vie quotidien par les concepts et les théories physique et chimie;
7. Utiliser les principes, les théories et les modèles de physique chimie dans différentes situations spécifique ou nouvelles.

5- Organisation horaire du programme physique chimie

Selon la réforme des curricula de 2002, le cycle secondaire englobe le secondaire collégial de trois ans, suivi d'une année d'orientation appelé le tronc commun dans le but de permettre à l'élève de choisir progressivement une des filières, regroupées dans les cinq pôles suivants: Pôle de l'Enseignement originel; Pôle Lettres et sciences humaines; Pôle Sciences; Pôle Technologie et pôle professionnel introduit en 2014. À la fin de ce tronc commun, l'élève s'oriente vers la filière choisie (niveau première année du baccalauréat) et à la fin de la première année du baccalauréat il pourra être orienté vers l'option convenable.

Dans le tableau ci-dessous, nous présentons la répartition horaire avec le coefficient pour chaque cycle et niveau scolaire, cette répartition permet de couvrir tous les domaines et le poids de chaque compétence tel que défini dans le cadre de référence relatif aux sciences physiques (Orientations pédagogiques, 2007, 2014, 2015, 2018).

Tableau 1: Répartition horaire selon les orientations pédagogique des années (2007, 2014, 2015 et 2018)

Cycle	Niveau	Volume horaire par année	Volume horaire par semaine	Coefficient	
Secondaire collégial	1 ^{ère} année	64	2	2	
	2 ^{ème} année	64	2	2	
	3 ^{ème} année	64	2	2	
Tronc commun	Scientifique	136	4	4	
	Technique	136	4	4	
	Professionnel (Industriel et Agricole)	136	4	4	
Cycle du Baccalauréat	1^{ère} année Bac	Série Sciences expérimentales	136	4	7
		Série Sciences mathématiques	170	5	7
		Série Sciences et techniques	136	4	6
		Bac Pro série génie mécanique	93	3	5
		Bac Pro série génie électrique	93	3	5
		Bac Pro série génie agricole	93	3	5
	2^{ème} année Bac	Sciences physiques	198	6	7
		Sciences de la vie et de la terre	132	4	5
		Sciences agricoles	132	4	5
		Sciences maths (A)	198	6	7
		Sciences maths (B)	198	6	7
		Génie mécanique	136	4	5
		Génie électrique	136	4	5
		Bac Pro génie mécanique	93	3	5
Bac Pro génie électrique	93	3	5		

6-Échelle des niveaux de codétermination didactique

Le programme de physique chimie dans les niveaux scolaires marocains traitent un ensemble de concepts scientifiques vécu dans la vie de tous les jours en tenant en comptes des dimensions morales, écologiques, économiques et préventifs. Afin que l'élève interagisse positivement avec les connaissances scientifiques et technologiques et avec leurs sources, ainsi construire sa personnalité en possédant des compétences et des valeurs cohérentes. Le contenu du

programme est réparti selon une méthodologie qui repose principalement sur (Orientations pédagogiques, 2007, 2014, 2015, 2018):

- La construction spirale de concepts qui vise à fournir progressivement des connaissances et des concepts scientifiques à travers l'investissement et l'approfondissement des prérequis;
- L'intégration de nouveaux concepts pour préparer l'apprenant à une prochaine insertion dans les niveaux supérieurs;
- Diversifier les approches du travail pédagogique en adoptant diverses méthodes pédagogiques (Investigation, la résolution de problèmes, l'approche par projet...);
- Diversifier les sources de connaissances en intégrant les différentes technologies de l'information et de la communication dans l'enseignement, permettant ainsi l'indépendance de l'apprenant, l'auto-apprentissage, l'éducation au choix, l'encouragement à l'initiative et à la prise de décision.

Ainsi ce programme disciplinaire est planifié autour d'une organisation physique chimie au sens d'Yves Chevallard, cette dernière détermine les conditions spécifiques de l'enseignement de la discipline (pour nous, la physique chimie) en interaction permanente avec les niveaux supérieurs: Celui de la pédagogie qui comprend les conditions qui affectent la diffusion de toutes les disciplines, celui de l'institution (Ecole, collège,...) où l'on trouve ce qui fait la spécificité de l'enseignement et l'apprentissage scolaire d'une discipline, puis les niveaux plus génériques qui sont ceux de la société et de la civilisation. Les sous-niveaux du domaine, secteur, thème et sujet font référence aux différentes divisions qui structurent l'organisation physique et chimique enseignée de manière variée selon les institutions d'enseignement considérées, donc on peut rassembler ces différents niveaux dans un organigramme représenté dans la figure ci-dessous:



Figure 1:Échelle des niveaux de codétermination didactique

6-1 Organisation dans le cycle collégial

Le programme de physique chimie dans le cycle collégial est organisé autour de quatre domaines: (*D₁: Matière et environnement; D₂: Électricité; D₃: Mécanique et D₄: Lumière et image*). Ces domaines sont déclinés en secteur et chaque secteur se répartit en thèmes. Ces thèmes traitent des questions se forment de sujets qui visent la consolidation et l'enrichissement de la culture scientifique et technologique acquise par les élèves, qui s'appuie sur le développement des compétences puis repose sur la construction, la mobilisation de ressources de divers ordres comme: les concepts prescrits, les démarches, les stratégies, les attitudes et les

techniques. Nous présentons dans ce qui suit l'organisation du programme de physique et chimie dans le cycle secondaire collégial qui s'étale sur trois ans.

Tableau 2: Organisation du programme dans le cycle collégial

Discipline	Sciences physiques			
Domaine	D ₁ : Matière et environnement	D ₂ : Électricité	D ₃ : Mécanique	D ₄ : Lumière et image
Secteur	S1: Eau S2: Trois états de la matière S3: Transformations physiques de la matière S4: Mélanges S5: Traitement des eaux S6: L'air autour de nous S7: Quelques propriétés de l'air et ses composants S8: Molécules et atomes S9: Réaction chimique S10: Matières naturelles et synthétiques S11: Pollution de l'air S11: Exemples de certains matériaux utilisés dans notre vie quotidienne S12: Matériaux et électricité S13: Réactions de quelques substances avec l'air S14: Réactions de quelques substances avec des solutions S15: Dangers de l'utilisation de quelques matériaux dans la vie quotidienne sur la santé et l'environnement	S1: Electricité autour de nous S2: Circuit électrique simple S3: Types de branchement S4: Courant électrique constant S5: L'effet de la résistance électrique sur l'intensité du courant électrique S6: Loi des nœuds- loi d'additivité des tensions S7: Protection contre les dangers du courant électrique S8: Courant alternatif sinusoïdal S9: Installation électrique domestique S10: Résistance électrique - Loi d'Ohm S11: Puissance électrique S12: Énergie électrique	S1: Mouvement et repos S2: Actions mécaniques – Forces S3: Notion de force S4: L'équilibre d'un corps soumis à deux forces S5: Poids et masse	S1: Lumière autour de nous S2: Sources et récepteurs de lumière S3: Lumière et couleurs - diffusion de la lumière S4: Propagation de la lumière S5: Applications de la propagation rectiligne de la lumière S6: Lentilles minces S7: Applications: étude de quelques instruments optiques

6-2 Organisation au tronc commun scientifique, technique et professionnel

Après trois années d'étude collégiale de la physique-chimie, les élèves arrivent au lycée qualifiant avec des acquis de connaissances, de savoir-faire et des compétences propres à la physique-chimie. Ces acquis seront consolidés pendant la première année du lycée puis diversifiés et approfondis, pendant la 2^{ème} année, pour tous les élèves des branches scientifiques. L'enseignement et l'apprentissage de physique-chimie dans le cycle secondaire qualifiant se distingue également du secondaire collégiale par un volume horaire hebdomadaire plus conséquent, et des approches d'enseignement laissant davantage de place à l'expérimentation, la réalisation des projets, l'utilisation de l'outil informatique...etc.

Le tronc commun scientifique, technique et professionnel est une étape intermédiaire entre le cycle secondaire collégial et le cycle du baccalauréat. Au cours de cette étape, qui dure une année scolaire, les élèves suivent une formation qui a pour objectif de découvrir et d'approfondir un ensemble de concept scientifique. Le programme de physique chimie en tronc commun est organisé autour de deux domaines fondamentales (D_1 : *Mécanique* et D_2 : *Electricité*) pour la discipline physique et trois domaines (D_1 : *La chimie autour de nous*, D_2 : *Les constituants de la matière* et D_3 : *Transformations de la matière*) pour la discipline de chimie (Orientations pédagogiques, 2007, 2014, 2015, 2018).

Nous présentons dans les tableaux 3 et 4 l'organisation du programme physique chimie dans le niveau tronc commun se forment de domaines, secteurs, thèmes et sans détails à propos des sujets qui tiennent compte de divers facteurs: institution d'enseignement, limites et progression dans l'étude de l'œuvre...etc.

Tableau 3: Organisation de la discipline physique au tronc commun

Discipline		Physique	
Domaine		D1: Mécanique	D2: Electricité
Secteur		S1: Interactions mécaniques; S2: Mouvement; S3: Principe d'inertie; S4: Quantité de mouvement*; S5: Equilibre d'un corps solide.	S1: Courant électrique continu; S2: Tension électrique; S3: Montages électriques; S4: Montages électroniques.
Thème	S1	T1: Attraction universelle; T2: Exemples d'actions mécaniques.	T1: Les deux types d'électricité; T2: Le courant électrique; T3: Intensité du courant électrique.
	S2	T1: Relativité du mouvement; T2: Vitesse d'un point du corps en mouvement de translation; T3: Mouvement rectiligne uniforme - équation horaire; T4: Mouvement circulaire uniforme.	T1: Tension électrique continue- représentation de la tension; T2: Différence de potentiel; T3: Existence des tensions variables.
	S3	T1: Principe d'inertie.	T1: Association des conducteurs ohmiques; T2: Caractéristiques de quelques dipôles passifs T3: Caractéristique d'un dipôle actif.
	S4	T1: Quantité de mouvement d'un solide ¹ ; T2: La conservation de la quantité de mouvement d'un système pseudo-isolé; T3: La variation de la quantité de mouvement.	T1: Le transistor; T2: L'amplificateur opérationnel; T3: L'amplificateur opérationnel; T4: Notion de chaîne électronique.
	S5	T1: Force exercée par un ressort– Poussée d'Archimède; T2: Equilibre d'un corps solide soumis à l'action de trois forces; T3: Equilibre d'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe.	

¹ Consacré au tronc commun professionnel

Tableau 4: Organisation de la discipline chimie au tronc commun

Discipline		Chimie		
Domaine		D ₁ : La chimie autour de nous	D ₂ : Les constituants de la matière	D ₃ : Transformations de la matière
Secteur		S1: Les espèces chimiques; S2: Extraction, séparation et identification d'espèces chimiques; S3: Synthèse des espèces chimiques.	S1: Modèle de l'atome; S2: Géométrie de quelques molécules; S3: Classification périodique des éléments chimiques.	S1: Outils de description d'un système; S2: Transformation chimique d'un système.
Thème	S1	T1: Notion d'espèce chimique; T2: Inventaire et classification de quelques espèces chimiques; T3: Espèces chimiques naturelles et espèces chimiques synthétiques.	T1: Aperçu historique; T2: Structure de l'atome; T3: L'élément chimique; T4: Répartition électronique.	T1: De l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique: la mole; T2: Concentration molaire des espèces moléculaires en solution.
	S2	T1: Approche historique d'extraction d'espèces chimiques; T2: Techniques d'extraction d'espèces chimiques; T3: Techniques de séparation et d'identification	T1: Les règles du duet et de l'octet; T2: Géométrie de quelques molécules simples.	T1: Modélisation de la transformation chimique; T2: Bilan de matière.
	S3	T1: Nécessité de la chimie de synthèse; T2: Synthèse d'une espèce chimique; T3: Caractérisation d'une espèce chimique synthétique et comparaison avec la même espèce chimique naturelle.	T1: Classification périodique des éléments; T2: Utilisation de la classification périodique.	

6-3. Organisation de la 1^{ère} année du baccalauréat

Le programme de physique chimie de la première année du baccalauréat est organisé autour de trois domaines (D₁: Travail mécanique et énergie; D₂: Electricité; D₃: Optique) pour la physique et deux domaines (D₁: Mesure en chimie et D₂: Chimie organique) pour la chimie (Orientations pédagogiques, 2007, 2014, 2015, 2018). Nous présentons dans les tableaux 5 et 6 l'organisation

se forme de Domaine, Secteur, Thème et sans détails à propos du Sujet qui tient compte de divers facteurs: institution d'enseignement, manuels, limites et progression dans l'étude de l'œuvre...etc.

Tableau 5: Organisation de la discipline physique de la 1ère année du baccalauréat

Discipline		Physique		
Domaine		D ₁ : Travail mécanique et énergie	D ₂ : Electricité	D ₃ : Optique
Secteur		S1: Mouvement de rotation d'un corps solide non déformable autour d'un axe fixe; S2: Travail et puissance d'une force; S3: Le travail: mode de transfert d'énergie; S4: Travail et énergie interne ² ; S5: Energie thermique: Transfert thermique ² .	S1: Energie potentielle électrostatique ² ; S2: Transfert de l'énergie dans un circuit électrique- Puissance électrique; S3: Magnétisme.	S1: Conditions de visibilité d'un objet; S2: Obtention de l'image d'un objet; S3: Quelques appareils optiques.
Thème	S₁	T1: Abscisses curviligne et angulaire – Vitesse angulaire; T2: Vitesse d'un point du corps solide; T3: Mouvement de rotation uniforme.	T1: Champ électrostatique; T2: Energie potentielle d'une charge électrique dans un champ électrique uniforme.	T1: Rôle de l'œil dans la vision directe des objets; T2: Propagation rectiligne de la lumière: modèle du rayon lumineux.
	S₂	T1: Notion de travail d'une force constante; T2: Travail du poids d'un corps solide dans le champ de pesanteur uniforme; T3: Travail moteur et travail résistant; T4: Travail d'un ensemble de forces constantes appliquées à un corps solide en translation rectiligne; T5: Travail d'une force de moment constant appliquée à un corps solide en rotation autour d'un axe fixe; T6: Travail d'un couple de moment constant;	T1: Énergie électrique reçue par un récepteur- Puissance électrique du transfert; T2: Effet Joule – Loi de joule et applications; T3: Énergie électrique fournie par un générateur - Puissance électrique du transfert; T4: Comportement global d'un circuit; T5: Bilan énergétique d'un circuit comportant*: un Transistor et	T1: Images données par un miroir plan; T2: Images données par une lentille mince convergente.

² Consacré aux sciences maths et bac professionnel

		T7: Puissance d'une force ou d'un ensemble de forces.	amplificateur opérationnel.	
	S3	T1: Travail et énergie cinétique; T2: Travail et énergie potentielle de pesanteur; T3: Energie mécanique d'un corps solide.	T1: Champ magnétique; T2: Champ magnétique créé par un courant électrique; T3: Forces électromagnétiques; T4: Couplage électromécanique*.	T1: Modélisation expérimentale d'un instrument optique: lunette astronomique; T2: Le microscope.
	S4	T1: Effets du travail: déformations élastiques, élévation de température, changements d'état physiques ou chimiques; T2: Travail des forces appliquées à une quantité de gaz parfait; T3: Notion d'énergie interne; T4: Premier principe de la thermodynamique.		
	S5	T1: Chaleur massique d'un corps pur; T2: Quantité de chaleur; T3: Equilibre thermique- Equation calorimétrique; T4: Chaleur latente de changement d'état physique d'un corps pur; T5: Autre mode de transfert énergétique: Le rayonnement.		

Tableau 6: Organisation de la discipline chimie de la 1^{ère} année du baccalauréat

Discipline		Chimie	
Domaine		D ₁ : Mesure en chimie	D ₂ : Chimie organique
Secteur		<p>S1: Importance de la mesure des quantités de matière dans la vie courante;</p> <p>S2: Les grandeurs physiques liées aux quantités de matière;</p> <p>S3: Détermination des quantités de matière en solution à l'aide d'une mesure physique: Mesure de la conductance;</p> <p>S4: Détermination des quantités de matière en solution à l'aide de la réaction chimique.</p>	<p>S1: Evolution et extension de la chimie organique;</p> <p>S2: Lecture d'une formule chimique.</p>
Thème	S ₁	T1: Importance de la mesure des quantités de matière dans la vie courante.	<p>T1: Chimie organique et ses champs;</p> <p>T2: Le Carbone, élément de base de la chimie organique;</p> <p>T3: Quelques étapes dans l'histoire de la chimie organique;</p> <p>T4: L'omniprésence de la chimie organique.</p>
	S ₂	<p>T1: Masse, volume, pression;</p> <p>T2: Concentration et solutions électrolytiques;</p> <p>T3: Applications au suivi d'une transformation chimique.</p>	<p>T1: Présentation des molécules organiques;</p> <p>T2: Le squelette carboné;</p> <p>T3: Les groupes caractéristiques – Réactivité.</p>
	S ₃	<p>T1: Conductance d'une solution ionique G;</p> <p>T2: Conductivité d'une solution ionique σ;</p> <p>T3: Conductivité molaire ionique λ_i et relation entre les conductivités molaires ioniques et la conductivité d'une solution.</p>	
	S ₄	<p>T1: Réactions acido-basiques;</p> <p>T2: Réactions d'oxydoréduction;</p> <p>T3: Dosages (ou titrages) directs.</p>	

6-4. Organisation de la 2^{ème} année du baccalauréat

Le programme relatif de l'enseignement de la physique chimie dans cette année préparatoire à l'examen national du baccalauréat, pour les séries scientifiques, techniques et professionnelles, est organisé autour de huit domaines fondamentaux (*Ondes, Transformations nucléaires, Electricités, Mécanique, Transformations rapides et transformations lentes d'un système*

chimique, Transformations non totales d'un système chimique, Sens d'évolution d'un système chimique et Méthode de contrôle de l'évolution des systèmes chimiques). Pour la décomposition du programme en sous niveau (secteur, thème et sujets), nous utilisons la même analogie précédente, et pour un souci de ne pas charger le texte nous renvoyons le lecteur pour plus de tailles aux documents officielles (Orientations pédagogiques, 2007, 2014, 2015, 2018).

Le fil conducteur de cette organisation consiste à étudier l'évolution des phénomènes temporels de la vie quotidienne. Les exemples étudiés sont extraies dans différents domaines de la physique et de la chimie afin de traiter des situations expérimentales au niveau théorique et pratique. Sur le plan expérimental, l'observation et l'étude de l'évolution des phénomènes sont privilégiés par la mesure des grandeurs caractéristiques physiques et chimiques. Sur le plan théorique, cette étude demande l'introduction d'une variable temporelle dans les équations différentielles, l'évolution instantanée de ces grandeurs est modélisée par une dérivée, ensuite la résolution de l'équation différentielle par l'élève lui permet de déduire le comportement des phénomènes étudiés. Cependant, l'élève a une opportunité, durant cette année finale du secondaire qualifiant, de toucher les activités scientifiques, ainsi permettent à l'élève de se construire comme être vivant particulier capable d'agir et de s'inscrire peu à peu dans le monde qui l'entoure. Au travers des questions qu'il pose et s'appuyant sur son observation critique, il acquiert une maîtrise de son environnement grâce à une meilleure compréhension de celui-ci.

6-6 Organisation universitaire au Maroc

Du préscolaire à l'université, la réforme du système éducatif marocain s'appuie principalement sur les principes et les orientations énoncés dans la Charte nationale d'éducation et de formation de 1999, la loi 01-00³, le plan d'urgence entre 2009-2012 et la loi-cadre 51.17 relative au système d'enseignement, de formation et de recherche scientifique, qui découle de la vision stratégique de la réforme 2015-2030 élaborée par le Conseil Supérieur de l'Education, de la Formation et de la Recherche Scientifique (CSEFRS). Aussi le Département de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (DESRS) en 21 juin 2021 communique à plus grande échelle un projet de loi portant organisation de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique. Ledit projet reste également en harmonie avec les recommandations du rapport du nouveau modèle de développement.

Le système d'enseignement universitaire marocain instaure une multitude de mécanisme de coordination, d'orientation, d'évaluation et de contrôle pour appuyer son autonomie et son ouverture sur l'environnement socio-économique, parmi ces mécanismes: le conseil de l'université; la commission national de coordination de l'enseignement supérieur; Le conseil de coordination des établissements d'enseignement supérieur qui ne relevant pas des universités; La commission de coordination d'enseignement supérieur privé.

L'organisation des études universitaire au Maroc est basée sur le système LMD⁴. L'enseignement scientifique et technique universitaire est dispensé en langue française. L'année universitaire se compose de deux semestres comprenant chacun 16 semaines d'enseignement et d'évaluation et renvoyant à deux sessions (Une session d'Automne, et Une session de

³ Loi No 01-00 portant organisation de l'enseignement supérieur promulguée par le Dahir No 1.00.199 du 15 Safar 1421 (19 mai 2000)

⁴ (Licence- Master - Doctorat)

Printemps). Quant au semestre, il est composé généralement de 4 modules selon le système LMD. Les facultés marocaines offrent une multitude de filières, d'options et de spécialités, préparent pour des diplômes nationaux dans tous les cycles (Licence - Master - Doctorat). Les domaines d'études sont l'enseignement originel, les lettres, les sciences humaines, les langues, le droit et l'économie, la physique, la chimie, la biologie, la sociologie et la psychologie, la médecine, ...etc.

Une filière du cycle Licence est un cursus de formation comprenant un ensemble cohérent de modules pris dans un ou plusieurs champs disciplinaires et ayant pour objectif de faire acquérir à l'étudiant des connaissances, des aptitudes et des compétences. Toute filière peut comporter des parcours de formation. Une filière peut faire l'objet d'une formation en alternance entre l'université et le secteur socio-économique. Le module est l'unité fondamentale du système de formation. Son intitulé reflète son contenu et ses objectifs. Il comprend un élément, et exceptionnellement deux éléments cohérents. Le module peut être enseigné dans une ou plusieurs langues. Il peut être dispensé sous forme d'une ou de plusieurs formes suivantes: (Cours théoriques; Travaux dirigés; Travaux pratiques; Activités pratiques consistant en travaux sur le terrain; Projet ou Stage). L'architecture pédagogique⁵ selon le système LMD est illustrée dans la figure 2 ci-dessous:

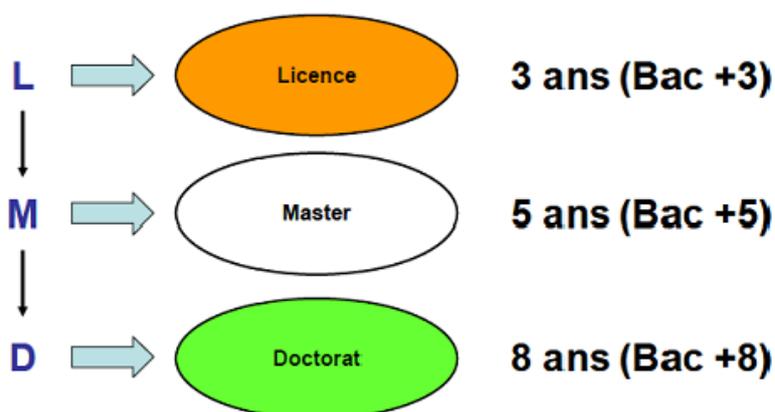


Figure 2: Architecture pédagogique selon le système LMD

Les conditions d'accès à l'enseignement supérieur au Maroc sont à accès ouvert (sans concours) et accès régulé (avec concours). Pour être admis dans l'enseignement supérieur public, l'étudiant doit être titulaire du baccalauréat. Le domaine d'étude attribué à l'étudiant dépend de la série et des options choisies pour ses études secondaires. Par exemple, pour pouvoir accéder à un établissement scientifique, un étudiant doit être titulaire d'un Baccalauréat scientifique ou technique. L'admission est basée sur les notes globales obtenues à l'examen de baccalauréat, parfois suivies d'un entretien ou d'un concours. En ce qui concerne l'admission dans d'autres institutions, telles que des écoles d'ingénieurs ou de commerce, la sélection des étudiants se fait par concours. L'admission dans l'enseignement supérieur privé n'obéit pas à des exigences spécifiques. Celles-ci varient d'un établissement à un autre. Selon les établissements, les étudiants peuvent être admis avec ou sans le Baccalauréat. Les conditions d'admission pour dans les universités varient en fonction du type d'établissement et des exigences spécifiques supplémentaires définies par chaque université et en fonction du domaine d'études. Pour ce qui

⁵ (MEN, Maroc, 2004)

concerne l'admission en Master et en Doctorat, la sélection est différente et dépend du parcours d'étude précédent, le tableau 7 présent un exemple de critère de sélection.

Tableau 7: Critère de sélection

Master	Doctorat
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prérequis ➤ Évaluation de dossier académique ➤ Examen écrit et/ou oral 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prérequis ➤ Évaluation de dossier académique ➤ Examen écrit et/ ou oral et/ou entretien

7-Enseignement scientifique et pédagogie au Maroc

Depuis l'indépendance, le Maroc a vécu nombreuse réforme et pédagogie qui visent l'instauration d'un système éducatif moderne considéré comme une rupture avec l'héritage précolonial et colonial, ledit système est considéré aussi comme un prolongement de l'enseignement moderne, instauré lors du protectorat. Parmi les principes fondateurs de ce système, on retrouve: l'arabisation tout d'abord de l'enseignement des sciences humaines, ensuite des sciences, des mathématiques et des sciences sociales, l'arabe est considéré comme langue véhiculaire des savoirs scolaires; l'orientation des maximums des élèves vers des formations scientifiques et techniques et vers des formations professionnelles à partir des années soixante-dix. Ce grand chantier est marqué par des épisodes marquants comme par le soutien apporté aux réformes du système éducatif et aux activités d'enseignement par des contingents de coopérants occidentaux (français, belges) et de coopérants des pays arabes de l'est (Égypte, Syrie et Irak) pour mettre en place l'arabisation, enfin la coopération avec la Roumanie et la Bulgarie pour assurer des enseignements des sciences et des mathématiques dans le secondaire.

Au Maroc, une réflexion sur l'enseignement des sciences a été menée par l'académie Hassan II des sciences et techniques en 2017. Celle-ci trace les grandes lignes de l'orientation à long terme de l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques. Elle prolonge les recommandations (CSEFRS)⁶ relatives à la réforme 2015-2030. Pour le besoin de notre recherche, nous présentons seulement les éléments en relation avec l'enseignement des sciences physiques et chimiques dans les établissements d'enseignement, aux instituts de formation des formateurs et dans un contexte générale.

7-1 Enseignement des sciences physiques

Une étude⁷, réalisée par l'académie Hassan II, s'intéresse aux cycles d'enseignements scolaires et de façon plus restreinte, au premier cycle du supérieur, elle traite de l'enseignement des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques. Bien entendu, l'enseignement des sciences ne peut être abordé que dans le cadre d'une vision systémique et cohérente de l'ensemble des composantes de formation de l'enfant, il vise l'acquisition des fondamentaux par tous les apprenants comme: apprendre à s'informer, s'exprimer et raisonner; apprendre à apprendre, à faire, à être et à vivre ensemble; se percevoir correctement dans le monde comme être conscient, étroitement solidaire et interdépendant de son environnement humain, social et biophysique.

⁶ Conseil supérieur de l'enseignement, de la formation et de la recherche scientifique

⁷ Perspectives pour l'enseignement des sciences au Maroc, version VI 24 avril 2017

Les finalités de l'enseignement des sciences sont à situer dans une vision plus large qui conduit à l'acquisition des compétences scientifiques essentielles pour tous par la démarche scientifique. La science est un fruit de civilisation relativement tardif, elle s'est développée et enrichi progressivement avec des contributions de plusieurs civilisations, dont la civilisation arabo-musulmane. La science exprime les spécificités cognitives et d'interaction de l'homme avec son environnement, son besoin naturel de comprendre et d'expliquer, en une démarche ou approche qui l'éclaire, qui aborde avec exigence quelques-unes de ses questions. La science est un questionnement dynamique et vivant plutôt qu'une accumulation de certitudes fermes et dogmatiques. C'est un questionnement qui améliore et affine progressivement notre concevoir et appropriation du monde et dont la pratique nous forme et enrichit notre humanité individuelle et collective. Les vertus de la démarche de la pratique des sciences sont nombreuses et universelles et ils dépassent largement de la seule pratique scientifique dogmatique. Former les apprenants à appréhender le monde par la démarche scientifique ne conduit pas à plus de superficialité, mais au contraire, à plus d'intelligence de cœur et d'esprit.

Les concepteurs de programme et décideurs éducatifs considèrent que la formation de très nombreux jeunes marocains par la science, en particulier les sciences physiques, est une condition fondamentale de développement humain social du pays et de faire bénéficier des bienfaits scientifiques et techniques, en termes de santé, d'énergie, d'environnement, de production et de diffuse,...etc. Malgré toutes ces ambitions, le système d'enseignement des sciences au Maroc souffre de plusieurs défauts à savoir:

- L'enseignement des sciences met l'accent sur une vision accumulative de matières scientifiques, vision largement obsolète qui transforme l'enseignement en une course à boucler le programme;
- Il néglige l'extraordinaire dynamique des savoirs et des métiers; peu des métiers que pourra exercer l'écolier dans 20 ans existent aujourd'hui ou perdureront dans leur état actuel;
- Le système d'enseignement introduit trop tôt des concepts et des modèles trop abstraits qui rebutent la majorité des apprenants, les éloignent d'un domaine perçu comme trop ardu et nécessitant trop d'efforts;
- Il fait de l'enseignement des sciences un moyen de sélection par l'échec qui déstabilise et réduit la confiance en soi des élèves;
- Les résultats médiocres obtenus par les élèves marocains dans les différents tests TIMSS⁸ et PNEA⁹;
- L'enseignement des sciences rajoute comme effet négatif l'absence d'une culture sociale des sciences, l'élitisme qui en résulte enferme les scientifiques et la science dans un endroit opaque, peu compréhensible au citoyen moyen;
- Les élitistes marocains alimentent d'abord les laboratoires internationaux les plus attractifs, au lieu de contribuer au développement national.

D'après ce qui précède, il en résulte que les objectifs de formation de nombreux apprenants aux sciences physique nécessaires au développement du pays, ne sont réellement atteignables que par une formation très large de tous les apprenants marocains par la démarche scientifique. Cependant faire apprendre tous les jeunes par la démarche scientifique est un objectif essentiel,

⁸ Trends in Mathematics and Science Study

⁹ Programme National d'Evaluation des Acquis

mais qui semble difficile à atteindre, car il se heurte aujourd'hui à plusieurs obstacles, par exemple:

- Le système d'évaluation national qui demande la mémorisation des définitions et des connaissances toutes prêtes et formatées pour l'examen, que de faire acquérir des processus ouverts de questionnement, d'expérimentation et de recherche de solutions;
- La plus part des enseignants des sciences ont eux même été formés selon l'approche quantitative accumulative et ceux du primaire ont très peu, voire aucune formation à la démarche scientifique;
- Les familles en mesure de suivre l'apprentissage de leurs enfants sont généralement dans la même situation; elles se retrouvent privées du cours classique qui permet d'aider l'enfant et d'accompagner ce qu'il a mémorisé.

En conclusion de cette étude, la nécessité urgente d'une réforme didactique ambitieuse de l'enseignement des sciences au Maroc, enseignement aujourd'hui largement déficient et qui présente des carences au niveau des connaissances et compétences de base prescrites par le curriculum.

7-2 Pédagogie active au Maroc

Les sciences physiques visent à révéler la logique et les lois qui régissent les phénomènes en présence de tous les jours, l'enseignement des sciences physiques basé sur des pédagogies dites actives permet à l'apprenant de renforcer tout naturellement la curiosité, l'imagination, la créativité, mais aussi la rigueur et la précision de rechercher des solutions technologiques à des problèmes dont la complexité évolue avec de développement de l'enfant et du jeune.

La vision stratégique 2015/2030 rêve d'une société de savoir « *Le Maroc constitue un hub régional en matière de recherche scientifique et d'innovation. Les entreprises marocaines sont nombreuses, capables d'innovation de rupture, et les entreprises étrangères s'installent au Maroc car la richesse intellectuelle de ce pays est reconnue. Des cadres supérieurs et intermédiaires aux employés à différents niveaux, le personnel est qualifiée et efficace. L'entreprise est généralement caractérisée par un haut niveau de confiance avec une démarche qualité où rigueur, pragmatisme, et plaisir collectif du travail bien fait sont dominants. Le Maroc a su tirer pleinement parti des nouvelles technologies pour identifier des créneaux de niches dans lesquels des avancées drastiques ont été réalisées, dans le respect de l'environnement et de l'humain. La société marocaine est une société de la connaissance: des grandes villes aux villages les plus reculés, le mot d'ordre de traduire l'ijtihad par la construction d'écoles et d'universités ouvertes sur la vie, au service du développement, a permis de mettre en relief la créativité de tous. L'enseignant est particulièrement respecté, parce que son rôle essentiel dans le devenir de la nation est perçu par tous, et parce que cette reconnaissance et cette confiance l'engagent vers un haut niveau d'exigence: il sait, et il transmet aux jeunes dont il a la charge, que l'effort, la ténacité, la curiosité et la confiance en soi sont essentiels pour arriver à des résultats dont on est fiers. Une réelle synergie existe entre tous les acteurs de l'éducation: Ministère, parents d'élèves, entreprises, société civile, chacun a pleinement joué son rôle pour transformer le paysage éducatif. L'époque où l'éducation était le grand point faible n'est évoquée que pour mesurer fièrement le chemin accompli: en pleine synergie, intégrité, intelligence collective et énergie ont porté leurs fruits*».

Malheureusement nous sommes loin de cette vision, et nôtre grand défi de chercher comment y arriver. La situation de l'enseignement et l'apprentissage des sciences est alarmante et présente des contradictions liées à la science et à la technologie, plusieurs indicateurs le démontrent dont:

- Chaque année, des élites marocaines qui ont bénéficié d'une formation d'excellence dans les classes préparatoires au Maroc sont admise aux concours d'entrée dans les prestigieuses grandes écoles françaises;
- Les résultats médiocres obtenus par les élèves dont l'enquête TIMSS dans les années 2015 et 2019, les figures 3 et 4 montrent la position de notre pays en sciences.



Figure 3: Scores et classement du rapport TIMSS 2015 en sciences

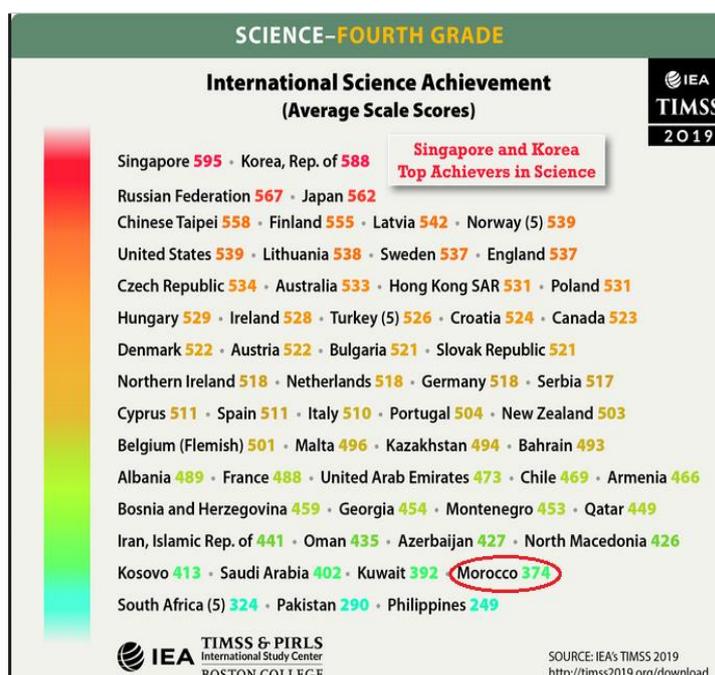


Figure 4: Scores et classement du rapport TIMSS 2019 en science

Ces résultats nous interpellent: ils sont directement liés à plusieurs facteurs de l'enseignement des sciences dans tout le système éducatif, malgré l'investissement dans l'éducation et un volontarisme politique et social fort traduit par le nombre de réforme éducative au Maroc et refonte des curricula. Les raisons du déficit éducatif sont complexes et multiples, par exemple: Programme mal construit ou mal corrélé, environnement social ou familial défavorable, transposition de savoirs, problème d'écologie, organisations des contenus disciplinaire non conforme,...etc.

L'analyse des expériences éducatives de certain pays avec des progrès rapides, tels que le Brésil, ou le Chili ressortent quelques éléments fondamentaux. Concernant l'enfant, les recherches établissent la relation forte entre la performance de l'élève en sciences et des facteurs liés à son environnement, approche pédagogique, le plaisir apporté par l'apprentissage des sciences, etc.

En corollaire l'évolution vers des pédagogies actives, par la démarche scientifique et d'investigation, est largement soulignée. Cet évolution souhaitée consiste à repositionner l'apprenant, dès son préscolaire, comme véritable opérateur forgeant sa capacité de réflexion et de questionnement, son sens de la logique, son observation des phénomènes physiques, à partir de situations concrètes et de défis qui sont des bases pour conceptualiser et pour apprendre. Le rôle de l'enseignant est fondamental avec une formation permanente et l'accompagnement du développement pédagogique des enseignants pour qu'ils soient pleinement partie prenante d'une pédagogie active et aussi l'apport des nouveaux technologique est important.

Chapitre 2: La didactique et ses concepts

1- Introduction

Nos outillages théoriques et conceptuels sont issus de deux champs qui sont: les didactiques des mathématiques et des sciences physiques. Cette partie est construite de façon à montrer que les deux perspectives mathématiques et sciences physiques, sont non seulement compatibles mais susceptibles de s'enrichir mutuellement, au profit d'une meilleure compréhension des phénomènes observés. S'agissant d'enseignement et d'apprentissage, les différents concepts que nous déclarerons sont issues de la Théorie Anthropologie du Didactique (Yves Chevallard, 1990) et parfois de la Théorie des Situations Didactiques (Guy Brousseau, 1998).

2- Contexte d'émergence de la didactique

Au 17^{ème} siècle, le philosophe, grammairien et pédagogue Jan Amos Comenius¹⁰ propose, dans son livre « La Grande Didactique ou L'art universel de tout enseigner à tous », une formule avec fermeté le double principe qui marquera l'orientation de l'instruction moderne, *il faut que tout soit enseigné à tous et aussi l'enseignement doit-il être résolument universel dans son objet, sa méthode, son public, sa finalité*. Au 18^{ème} siècle, l'Encyclopédie française se préoccupe des procédés d'enseignement. C'est à partir du 20^{ème} siècle que commence à s'organiser la scolarisation des savoirs en discipline et en contenus enseignables dans les écoles des enfants pour but de former l'esprit.

L'émergence du terme « didactique qui vient du grec ancien, didaktikós » comme équivalent de «Savoir professionnel de l'enseignant» est vue de façon négative. Didactique est pensée comme un terme péjoratif, opposé à «méthode expérimentale». C'est un terme renvoyant à la mécanisation par l'enseignant des compétences acquises durant sa formation au détriment du développement d'un «art d'enseigner». Et progressivement, par l'évolution de la psychopédagogie, l'émergence cette fois est positive du terme de «didactique des disciplines», elle est associée aux théories et méthodes visant à enseigner et aussi l'apprentissage d'une discipline scolaire, étymologiquement, dans «didactique», l'accent est plutôt porté sur la relation au savoir à transmettre. Contrairement à la pédagogie qui est davantage centrée sur la relation maître-élève en vue de l'éducation.

Pour l'historien Philippe Sarremejane¹¹, la didactique n'est « ni théorique parce qu'elle ne veut pas rompre avec le sens pratique, ni pratique, parce que vouloir comprendre la pratique nécessite la médiation mutilante d'un code symbolique qui inévitablement se coupe du réel » (Ibid., p.186). Cette définition du terme alors interroge à proprement dit, pas de stabilisation sémantique (Figure 5).

¹⁰ Jan Amos Comenius (1592-1670), Jean Piaget le nomme le grand éducateur.

¹¹ Histoire des didactiques disciplinaires (2001).

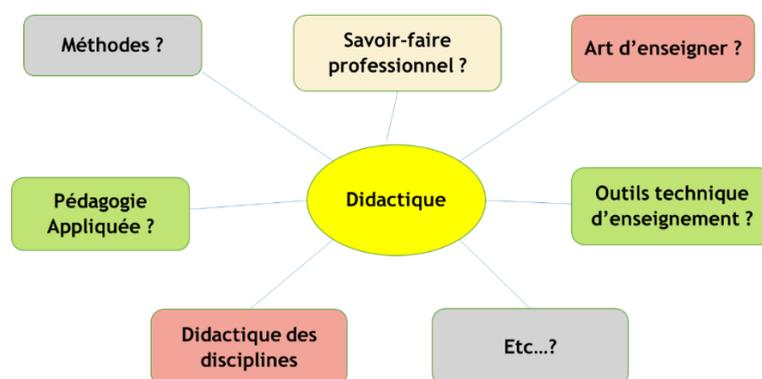


Figure 5: Sémantique du terme didactique

Le terme didactique est venu couvrir une réalité composite qui existe avant le terme, pour répondre aux revendications statutaires et aussi pour une démarcation disciplinaire, ce moment réflexif qui signe certainement le commencement de la didactique. Le mot de didactique a, lui aussi, une histoire. En fait, à l'époque, on hésitait entre le terme de didactique et celui d'«*Epistémologie expérimentale*», parce qu'il s'agit pour Guy Brousseau de l'organisation des savoirs; et cette épistémologie est dite «*Expérimentale*» étant donné qu'elle devait être pratiquée. Mais en fin de compte, c'est le mot de didactique qui a été retenu et popularisé grâce aux travaux de Brousseau dans le domaine de la didactique des mathématiques (Brousseau, 1976). Par la suite, le terme s'est imposé dans des disciplines proches des mathématiques: dans la didactique de la physique avec Francis Halbwachs¹² et peu après dans d'autres didactiques.

Le début de la pensée didactique date de l'année 1960, dans la plupart des pays francophones, et cette réflexion, dit Samuel Joshua (1993) «*a constitué une véritable révolution dans un secteur entier de l'enseignement*», une conjoncture nouvelle s'installe: les savoirs se sont renouvelés, des théories et des domaines de recherches ont apparus qui obligent à actualiser les programmes et revoir toutes pratiques enseignantes sur une base scientifique. A partir de l'années 1970 sous l'influence de la mouvance des activités d'éveil, dans l'enseignement primaire où l'on cherche à redéfinir des périmètres disciplinaires, et surtout à la suite de l'émergence de la didactique des mathématiques et la didactique des sciences physiques, la didactique des langues, alors la didactique est devenue inséparable d'une image disciplinaire.

Dans leur acception courante, les expressions «*Didactique des sciences et techniques* », «*Didactique des mathématiques* », «*Didactique du SVT* » renvoient à l'instruire des techniques, méthodes d'enseignement adaptées à ces champs disciplinaires du savoir. La didactique est fondée sur la diffusion des faits, du savoir, de l'information. Elle élabore les principes théoriques concernant le contenu, la méthode et l'organisation de l'enseignement, ainsi que sur les conditions d'acquisition, de la transmission, d'appropriation, de la construction...relatifs au domaine de cette discipline. Elle doit faire du savoir enseigné un savoir vivant, fonctionnel et opératoire. Les principaux domaines d'investigation de la didactique sont: l'étude du curriculum (relation Enseignant-Contenu), l'étude de l'enseignement (relation Élève-Enseignant), l'étude de l'apprentissage (relation Élève-Contenu), et les interrelations entre ces trois domaines. Ces trois pôles de réflexion sont représentés historiquement par le triangle

¹² La pensée physique chez l'enfant et le savant / Francis Halbwachs

pédagogique et grâce aux développements récents de la didactique, le triangle pédagogique s'est progressivement transformé en triangle didactique, tel qu'illustré par Yves Chevallard en 1985. A la fin du 20^{ème} siècle des cadres théoriques originaux ont été élaborés par des chercheurs universitaires plus familiers avec leurs disciplines d'appartenance que des théories psychosociologiques ou psychanalytiques. Par exemple: la théorie de l'action conjointe, la théorie des situations, la transposition didactique, gestion des processus, schèmes d'action et connaissances implicites, langage et symbolisme, champ conceptuel...etc.

3- Branches de la didactique

Aujourd'hui la didactique se subdivise en plusieurs branches:

- Didactique générale;
- Didactique disciplinaire propre à chaque discipline scolaire;
- Didactique professionnelle;
- Ingénierie didactique;
- Didactique curriculaire;
- Didactique heuristique;
- Etc.

3-1 Didactique générale

La didactique générale s'occupe de l'enseignement et de l'apprentissage d'un certain contenu à l'occasion de la conduite d'une classe scolaire (cours magistraux, leçons dialoguées, travaux pratiques individuels ou collectifs, utilisation de manuels,...etc.). La didactique générale consiste en une discipline des relations et des interrelations entre les trois domaines du triangle didactique: l'enseignement, l'apprentissage et le contenu des connaissances visées. Elle s'intéresse à la planification, à la préparation et à la conduite de l'enseignement en tenant compte des caractéristiques des différentes composantes de la situation pédagogique. La didactique générale est problématique puisque les problèmes d'enseignement et d'apprentissage sont pour un très large part relatif aux contenus spécifiques d'enseignement. D'autre part, les disciplines ont constitué leur didactique selon le contexte, l'histoire, et à des rythmes différents.

3-2 Didactique disciplinaire

Dans le dictionnaire « *Pédagogie: dictionnaire des concepts clés* » conçu par Françoise Raynal et Alain Rieunier (1997), on retrouve deux orientations du mot didactique qui semble difficile à définir précisément. En effet, si l'on se réfère à la définition commune du sens du mot didactique, la didactique s'intéresse à l'enseignement d'une discipline particulière pour une classe, un cycle d'études, un ordre d'enseignement (Domaine, Secteur, Thème et Sujet) et à l'utilisation de techniques et de méthodes d'enseignement propres à chaque discipline. Samuel Johsua (1993) donne la définition suivante: « *La didactique d'une discipline est la science qui étudie, pour un domaine particulier (ici les sciences physiques) les phénomènes d'enseignements, les conditions de la transmission culturelle propre à une institution (singulièrement ici les institutions scientifiques) et les conditions de l'acquisition de connaissances par un apprenant* ». Et si l'on s'appuie sur une définition plus moderne, la didactique est une science ayant un ensemble de théories, de notions, de concepts et également à tout ce qui relève de la discipline en question, qu'il s'agisse de savoirs, de savoir-faire, de

savoir-être, d'attitudes, de valeurs reliées à la discipline, etc. Ses problématiques de recherches s'articulent autour de trois types de réflexion:

1. La réflexion épistémologique qui étudie l'évolution des savoirs et des contenus, puisque chaque discipline ayant ses savoirs spécifiques. En effet, c'est une interrogation sur la nature même du savoir scolaire ou universitaire qu'on voulait enseigner;
2. La réflexion praxéologique qui met en avant l'intervention didactique en classe, on parlera alors d'une didactique des sciences physiques, des sciences de la vie et de la terre,...etc. En outre, on n'enseigne pas les langues comme on enseigne la chimie, et on n'enseigne pas la poésie comme on enseigne la mécanique. D'où la nécessité pour le didacticien de questionner sur ce qui est caractéristique au savoir à enseigner. Cette interrogation sur la topologie (au sens du mathématicien) du savoir scolaire constitue le principe de départ de la réflexion didactique et en même temps ce qui la distingue de la pensée pédagogique;
3. La réflexion psychologique qui s'intéresse à la part active du sujet apprenant, pour désigner la manière dont un apprenant stabilise à un moment donné certaines conceptions et pour savoir comment il traite l'information intégrée.

3-3 Didactique professionnelle

La didactique professionnelle a pour but d'analyser le travail en vue de développement des compétences professionnelles. Née en France dans les années 1990 au confluent d'un champ de pratiques, la formation des adultes, et de trois courants théoriques, la psychologie du développement, l'ergonomie cognitive et la didactique, elle s'appuie sur la théorie de la conceptualisation dans l'action d'inspiration à partir des travaux de Jean Piaget, Lev Vygotski notamment, Pierre Pastré, son hypothèse: l'activité humaine est organisée sous forme de schèmes et de situations, dont le noyau central est constitué de concepts pragmatiques. La didactique professionnelle cherche un équilibre entre deux perspectives: une réflexion théorique et épistémologique sur les fondements des apprentissages humains; un souci d'opérationnaliser ses méthodes d'analyse pour les faire servir à une ingénierie de la formation (Pastré et al., 2006).

Son champ pratique est celui de l'enseignement professionnel et de la formation professionnelle continue. La didactique professionnelle s'est construite autour de trois orientations, la première orientation: prévoit que l'analyse des apprentissages ne peut pas être séparée de l'analyse de l'activité de l'opérateur. Si on prend au sérieux une perspective de développement, il faut reconnaître une continuité profonde entre agir et apprendre par et dans son activité. Pour la deuxième orientation, si on veut pouvoir analyser la formation des compétences professionnelles, il faut aller les observer d'abord, non pas dans les institutions scolaires, mais sur les lieux de travail. Enfin, la troisième orientation, pour comprendre comment s'articulent activité et apprentissage dans un contexte de travail, il vaut la peine de mobiliser la théorie de la conceptualisation dans l'action, qui, initié par Jean Piaget et reprise par Gérard Vergnaud, utilisant les concepts de schème et d'invariant opératoire, permet de comprendre comment peut se développer une intelligence de l'action en activité. Ajoutons que la didactique professionnelle se veut pleinement une didactique, c'est-à-dire une étude des processus de transmission et d'appropriation des connaissances professionnelles en ce qu'elles ont de

spécifique par rapports aux contenus à apprendre. Simplement, elle se centre beaucoup plus sur l'activité opératoire que sur les savoirs.

3-4 Ingénierie didactique

L'ingénierie didactique a été introduite pour développer des dispositifs nouvelles d'enseignement élaborés par des ingénieurs didacticiens et qui répondent à deux exigences: la communicabilité et la reproductibilité (Artige, 1990; Chevallard, 2009). Des études de recherche ont été réalisées pour accompagner la production de ces dispositifs et pour analyser leur impact en référence avec les connaissances scientifiques théoriques et expérimentales du moment. Ces études portent sur l'aménagement des objets d'enseignement proposés, examinent les conditions d'utilisation des dispositifs en proposant un suivi et une analyse des activités effectivement réalisées, il s'agit donc de concevoir et de valider des objets et des démarches d'enseignement pour résoudre un problème d'enseignement. La conception, la mise en œuvre, l'évaluation et l'amélioration des situations d'enseignement et d'apprentissage sont envisagées en prenant en considération les outils de travail et les moyens technologiques utilisés. Les prototypes d'ingénierie didactique fabriqués dans le cadre de recherches expérimentales sont alors susceptibles d'éprouver leur robustesse dans différentes situations contrôlées. Aujourd'hui, les travaux de recherche en ingénierie didactique rassemblent collectivement différents acteurs (chercheurs, experts, formateurs et enseignants), ces collectivités cherchent de nouvelles démarches méthodologiques associant les connaissances expérimentales de type « *Recherche en laboratoire* » et la résolution de problèmes didactiques pratiques.

3-5 Didactique curriculaire

La didactique curriculaire étudiée tout ce qui relève de l'enseignement/apprentissage des contenus non reconnus comme relevant spécifiquement d'une discipline en particulier, l'enseignement/apprentissage d'attitudes sociales positives, de valeurs démocratiques, de préservation et protection de l'environnement, promotion de la santé, de développement de la personne, d'habitudes de travail scolaire, etc. Ainsi, les études curriculaires s'intéressent non seulement aux contenus disciplinaires (savoirs, savoir-faire, savoir-être, attitudes, valeurs reliées à la discipline, etc.) mais également s'intéressent aux finalités et aux buts de l'enseignement/apprentissage, ainsi qu'aux procédés adaptatifs ou transformationnels des contenus à enseigner.

Dans cette perspective, la didactique curriculaire est loin de se limiter au « *Programme d'étude* » d'une discipline mais s'intéresse à l'ensemble de la formation considérée: apprentissages; stratégies pédagogiques et processus didactiques; supports didactiques et aides pédagogiques pour les utilisateurs et les apprenants; contenus-matières ou contenus-disciplinaires; résultats attendus et modalités d'évaluation; modalités de gestion du curriculum y compris la formation initiale et continue nécessaire à sa mise en œuvre par les formateurs (Métral, 2020).

La didactique curriculaire propose aujourd'hui de mettre des concepts pour comprendre des pratiques professionnels et des processus d'enseignement/apprentissage d'objets qui ne sont pas des savoirs institués, mais des actions pour des situations professionnelles. Ceci en commençant par distinguer les différents lieux de formation (classe, laboratoire (TP), atelier technologique, entreprise) de manière à intégrer toutes les situations et modalités

d'enseignement-apprentissage, l'objectif est d'envisager la cohérence des contenus au regard des situations professionnelles de référence visées (*authenticité*); la cohérence des contenus au regard de la finalité professionnelle; la cohérence temporelle en matière de progressivité des apprentissages.

3-6 Didactique heuristique

La didactique heuristique qualifie tous ce qui aide à la découverte, à la recherche des faits ou des théories, ainsi que ce qui tend à trouver dans un contexte scolaire, « Etymologie: du grec ancien *heurisko*, trouver (qui a donné *eurêka*) », « *Une heuristique est un raisonnement formalisé de résolution de problème (représentable par une computation connue) dont on tient pour plausible, mais non pour certain, qu'il conduira à la détermination d'une solution satisfaisante du problème.* » (Dunot, 1991).

La didactique heuristique introduit les chemins de la découverte, de la compréhension, ceux de la liberté, donc de l'expression libre, de la recherche, de la création correspondent aux intérêts, aux curiosités, au plaisir, aux besoins personnels des individus et aux motivations internes profondes. Ces sentiers permettent de créer du sens, différents avec chaque individu, que la didactique heuristique privilégiait le plus possible car ils sont les fondements d'une différenciation dans la construction même des concepts, au niveau des apprentissages premiers, dans cette démarche inductive. Cependant, il se distingue deux types d'heuristique:

1. L'heuristique normative, elle a pour objet de donner des conseils aux élèves en vue de les aider à résoudre des problèmes;
2. L'heuristique descriptive qui étudie les démarches spontanées efficaces ou non conduites par l'apprenant confrontée à un problème. De par la présence de ce tâtonnement inhérent à cette définition, laissant la place à l'imprévu, à la création, au doute et caractérisant la recherche de solution à un problème.

La fonction de l'enseignant selon la didactique heuristique est une fonction d'éveilleur, de provocateur qui repose à placer les apprenants dans des situations d'inconfort intellectuel pour les conduisant à des questionnements en se fondant sur leur curiosité, leur étonnement et leur besoin naturel d'explication. Cette culture de l'étonnement chez l'apprenant qui pourra seule entretenir et enrichir une ouverture intellectuelle indispensable à tous progrès ultérieurs (Legrand, 1972).

4- Relation entre didactique générale et disciplinaire

On entend par la didactique générale, l'étude des relations et des interrelations entre l'enseignement et l'apprentissage d'un certain contenu, et afin de mieux cerner les limites du domaine, nous établissons que la didactique générale s'intéresse qu'aux phénomènes d'enseignement et d'apprentissage dans un contexte scolaire. La didactique générale est constituée de concepts généraux applicables, à des degrés divers, aux diverses didactiques disciplinaires, et par la suite toute didactique disciplinaire sera considérée comme un cas particulier de la didactique générale. Autrement dit, la didactique disciplinaire est obligée de construire ses concepts et ses méthodes d'analyse dans la didactique générale, pour un intérêt praxéologie toute didactique disciplinaire se déploie en domaines et en secteur ou thèmes d'analyse de plus en plus spécifiques. Dans le cas particulier de la didactique des sciences

physique, pareille perspective encourage les transversalités nécessaires entre didactiques de mécanique et de chimie (Figure 6).

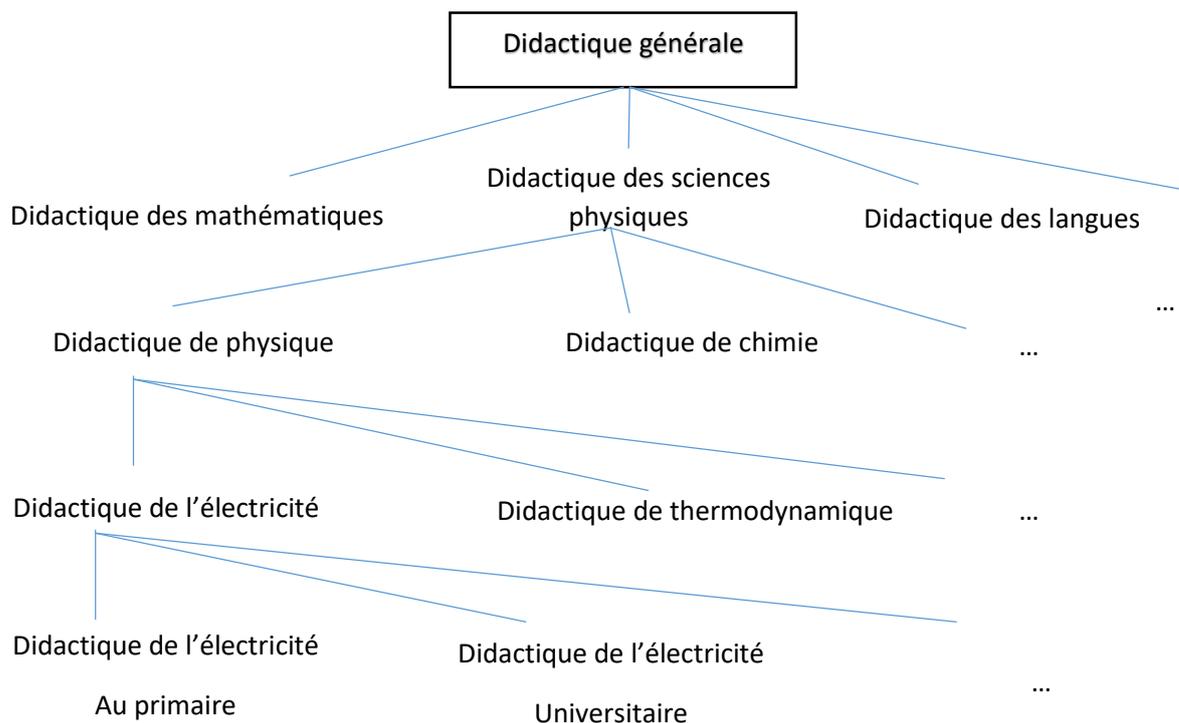


Figure 6: Système de relation entre didactique générale et disciplinaire

5- Fonctions du didacticien

Le didacticien est avant tout un spécialiste de l'enseignement de sa discipline. Il s'interroge surtout sur les notions, les concepts et les principes qui, dans sa discipline, devront se transformer en contenus enseignés. Le didacticien, tel le médecin, cherche à comprendre ce qui rend l'appropriation, l'acquisition... de telle ou telle discipline difficile. Aussi s'emploient-ils à la conception et à l'élaboration de nouvelles approches pour y remédier. Ils se livrent à un travail de fond sur les contenus-objets d'enseignement-apprentissage.

Le travail du didacticien consiste, pour l'essentiel, à prendre le contenu d'un champ de savoir savant de référence et à le mettre en forme (*organiser, médiatiser*) pour le transformer en un champ de savoir enseignable dans le but de maximiser les apprentissages scolaires. Le rôle du didacticien ne se limite pas à transformer des savoirs en savoirs enseignés. Son travail consiste à chercher les moyens d'enseignement des concepts scolaires et les stratégies d'acquisition des savoirs en prenant en considération le contexte et les acquis des apprenants. Il s'intéresse aussi aux modes de diffusion et d'évaluation des connaissances dans les institués scolaires.

Le didacticien universitaire qui met des mots sur des situations scolaires, souhaitant rendre intelligible des situations d'enseignement apprentissage, un didacticien dans son bureau d'étude, didactique de l'élucidation. Le didacticien inspecteur qui recommande et même prescrit qu'il faut faire cela et ne pas faire cela, didactique de l'injonction.

Le didacticien formateur qui éclaire des pratiques nouvelles, qui conseille des méthodes didactiques particulières, didactique de la suggestion. Évidemment, entre ces fonctions de la

didactique, il existe des intermédiaires et des mixtes, et ne renvoient pas forcément à des statuts institutionnels. (Develay, 1995).

6- Développement de la didactique

La didactique étudie chacun des processus de l'acte enseignement/apprentissage et met en évidence l'importance du rôle de l'enseignant, comme médiateur entre l'élève et le savoir... du côté de l'épistémologie des disciplines aux avancées du côté de la psychologie cognitive en passant par les situations de formation, c'est autant de concepts qui sont développés dans la didactique comme:

- Transposition didactique;
- Dévolution
- Représentations ou conceptions de l'apprenant;
- Opérations mentales;
- Contrat didactique;
- Système didactique;
- Moments didactiques;
- Obstacles;
- Etc.

7- Transposition didactique

La notion de transposition didactique depuis son introduction par le sociologue Michel Verret en 1975, mais repris et réélabore plus tard par le didacticien des mathématiques Yves Chevallard dans les années 80, dans la littérature des sciences de l'éducation des mathématiques étudié la manière la plus efficace pour faire apprendre aux apprenants un contenu spécifique au sein d'une institution, c'est une préoccupation centrale pour étudier les transformations du savoir de telle manière qu'il soit applicable à la réalité scolaire. Yves Chevallard dans son œuvre « *La transposition didactique – du savoir savant au savoir enseigné* » distingue entre ce qui est élaboré dans les contextes purement scientifiques et académiques et ce qui est développé dans des espaces éducationnelles. Par conséquent, l'enseignement d'un savoir subira des changements qui lui permettent d'être possiblement enseigné. « *La scolarisation de la culture ne se limite jamais aux savoirs, alors qu'elle passe toujours par des processus de transposition* » (Perrenoud, 1998).

Ainsi la transposition didactique est la réflexion permanent d'adapter le savoir savant à plusieurs questions liées au contexte scolaire: aux temps et aux espaces disponibles, à la taille du groupe d'apprenants, leurs niveaux, leurs prérequis, leurs projets, leurs rapports au savoir, au contrat didactique en vigueur, à la relation pédagogique, ainsi qu'aux impératifs de l'évaluation. Ces réflexions ont lieu effectivement dans une relation entre différents éléments qui composent le système didactique appelé aussi le triangle didactique (Enseignant, Apprenant et Savoir) (Chevallard, 1985).

7-1 Triangle didactique de Chevallard

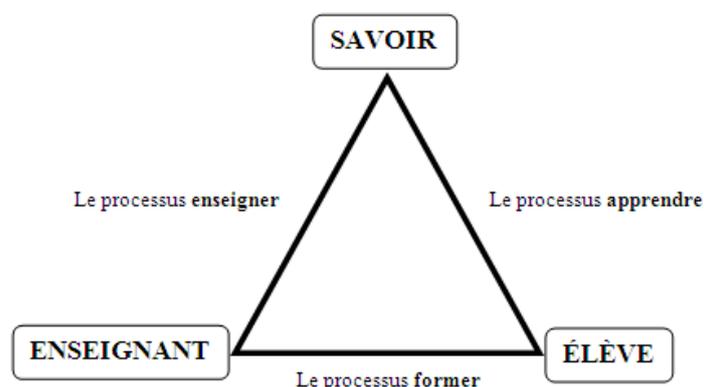


Figure 7: Triangle didactique (Chevallard, 1985)

Le triangle didactique est le modèle classique utilisé pour conceptualiser l'enseignement et l'apprentissage, en particulier dans le secteur de l'éducation formelle. Il est généralement représenté comme un triangle équilatéral. En réalité, les axes peuvent changer un peu si, par exemple, la mise au point est exclusivement sur le contenu (ou le processus) ou l'enseignant/formateur ou l'apprenant sont dans leur les esprits occupés avec d'autres choses et l'énergie y va, etc. Cette structure systémique, avec ses 3 pôles et 3 axes, montre les éléments qui composent le système didactique, et aussi les interactions qui existent entre eux. La position occupée par chaque élément ne signifie pas le pouvoir ou la distinction, mais une relation où chacun a une fonction et une pertinence singulière. L'ensemble des relations ternaires constituera le système d'enseignement, qui présente une association de dispositifs structurels qui permettent le fonctionnement didactique. Ce système détermine trois axes à partir des relations nouées entre les trois pôles:

- Processus enseigner: Axe savoir -enseignant;
- Processus former: Axe enseignant- élève;
- Processus apprendre: Axe élève- savoir.

7-2 Triangle pédagogique de Houssaye

Le triangle pédagogique selon Jean Houssaye (1988) est une révélation de toute médiation du savoir entre un enseignant et un enseigné, est formé des interrelations produites entre les trois pôles suivants: le savoir (en l'occurrence contenu scolaire), l'enseignant (Formateur) et apprenant (l'élève). Pour Houssaye, toute situation pédagogique privilégie la relation de deux éléments sur trois. Le troisième est alors délaissé, et chaque axe lorsqu'il est intensifié ou déséquilibré le pôle opposé étant mis de côté momentanément.

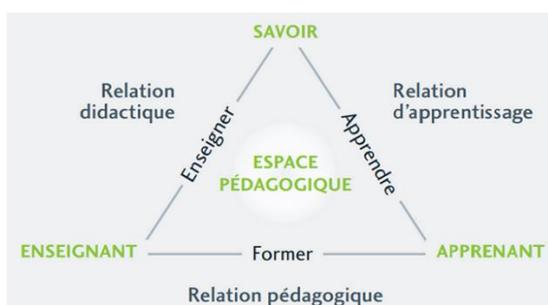


Figure 8: Triangle pédagogique (Houssay, 1988)

Si dans l'axe relation didactique le savoir est trop faible alors l'enseignement est vide de contenu et s'il est trop fort, il y a centration sur le savoir, l'enseignant qui est trop centré sur le savoir et risque de rendre trop faible la qualité de la relation, l'apprenant n'est pas considéré. Si dans l'axe relation pédagogique il y a déséquilibre de relation, soit l'apprenant est nié dans ses besoins, soit l'enseignant n'est là que pour piloté et se concentre trop sur l'apprenant. La place du savoir est mal considérée. Si dans l'axe relation d'apprentissage il y a déséquilibre de l'appropriation du savoir, l'enseignant fera toujours défaut. L'étude à part de chaque axe produit des concepts précisant les relations dans une situation d'apprentissage et définit implicitement les tâches de chaque pôle du triangle didactique.

7-3 Autre variantes du triangle didactique

Plusieurs modèles du triangle didactique s'est développée au fil du temps comme: Le tétraèdre de Faerber, le pyramide de Poisson et le pyramide de Sea Kim.

➤ Tétraèdre de Faerber

Le modèle de Faerber s'appuie sur le triangle de Houssaye, et garde la base solide du triangle didactique classique, puis il adapté au contexte de formation à distance dans lequel évolue la communauté éducative dispersée géographiquement. Le triangle devient ainsi un tétraèdre élaboré à partir de quatre éléments, à savoir: l'apprenant, l'enseignant, le savoir et le groupe. Les interactions entre les quatre pôles s'effectuent par l'intermédiaire du contexte de médiation et formant un environnement à la fois spatial, fonctionnel, matériel ou logiciel à l'intérieur duquel ou par lequel s'effectuent les interactions. L'introduction du 4^{ème} pôle groupe dans le triangle fait émerger, trois nouveaux processus s'ajoutant aux processus existants (Enseigner, Former, Apprendre) du triangle pédagogique classique. Ces nouveaux processus sont: Participer, Partager et Faciliter.

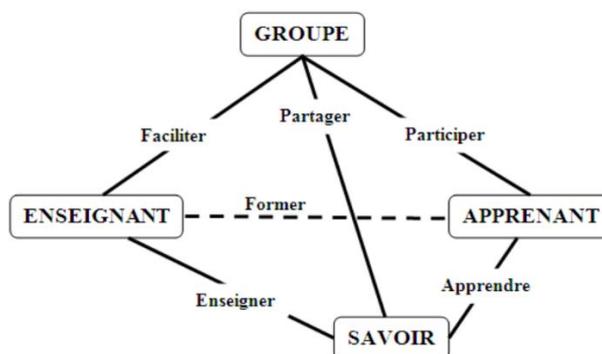


Figure 9: Tétraèdre (Faerber, 2003)

➤ Pyramide de Poisson

Le modèle pédagogique de Poisson est élaboré à partir d'une analyse de plusieurs modèles. Il est composé de quatre éléments: le savoir (S), le formateur (F), l'apprenant (A) et les ressources éducatives (R), alors le modèle du triangle classique, devient une pyramide nommée biodiversité pédagogique de quatre faces: face F-R-A (médiation), face F-S-A (formation), face F-R-S (médiatisation), et face A-R-S (autoformation).

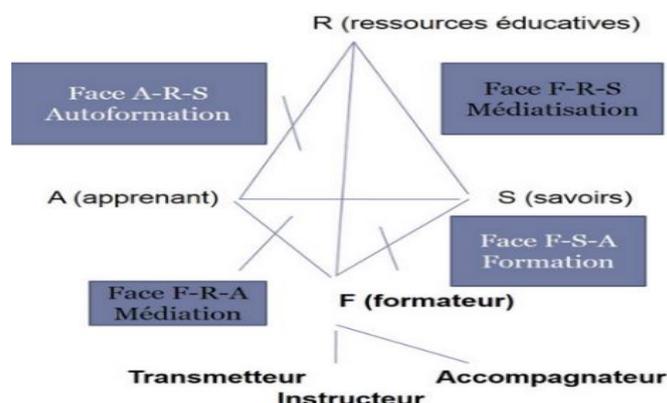


Figure 10: Pyramide (Poisson, 2003)

La base de la pyramide (Face formation) est un triangle pédagogique classique dans lequel se trouvent les relations entre apprenant, formateur, et savoirs. Les ressources éducatives possèdent à la fois une fonction de mise à disposition des savoirs ainsi qu'une fonction de socialisation et communication. L'apprenant peut être l'objet, le sujet ou l'agent dans la situation. Quant au formateur, il peut jouer le rôle de transmetteur, d'instructeur ou d'accompagnateur. Les savoirs peuvent être les savoirs à enseigner, les référentiels de formation ou de compétences. Dans le cadre d'un projet d'apprentissage, la réussite passe par le recours aux plusieurs faces cohérentes activées successivement nommées *biodiversité pédagogique* (Ciekanski, 2014).

➤ Pyramide de Sea Kim

Le pyramide de Sea Kim est composé de quatre éléments à savoir le formateur (F), l'apprenant (A), l'information (I) et le dispositif (D). Les trois premiers éléments forment un triangle au cœur duquel s'inscrit le dispositif. Les trois côtés sont représentés par la médiation, le processus d'apprentissage et la médiatisation le pôle savoir du triangle classique de Houssaye (2000) est remplacé par l'information.

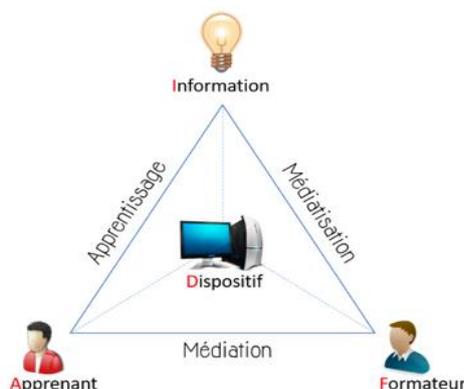


Figure 11:Pyramide de Sea Kim

Cette logique (FAID) repose essentiellement sur un accès à l'information. L'interrelation entre les trois pôles du triangle est supportée par le dispositif dont l'information est entrée et sortie. Le formateur joue un double rôle. Il régit, d'une part, le processus de médiation en vue de faciliter l'acquisition de connaissances par l'apprenant. Et d'autre part, il assume le processus de médiatisation, par lequel il est chargé de transformer une partie des savoirs collectifs en information utilisable pour l'apprentissage. Quant à l'apprenant, il régit le processus d'apprentissage et de médiation par lequel il a pour mission de transformer l'information en connaissance personnelle.

Finalement dans tous ces modèles, l'importance de l'apprenant (élève) et de l'enseignant (formateur) est indiscutable dans toute relation, bien au contraire, Chevallard relève à travers sa notion de transposition didactique, la transformation et la sélection de contenus qui vont former un programme scolaire « *le savoir scolaire* », à partir d'une source originale « *le savoir scientifique* ». Le processus de transformation et de modification du savoir scientifique en savoir scolaire est influencé par les différentes parties du système éducatif: enseignants, chercheurs, politiciens, auteurs de manuels, responsables de l'éducation,...etc.

7-4 Noosphère

Le processus de transformation et de modification du savoir scientifique en savoir scolaire est influencé par les différentes parties du système éducatif: enseignants, chercheurs, politiciens, auteurs de manuels, responsables de l'éducation,...etc. L'ensemble de ce réseau d'influences a reçu de Chevallard la dénomination de « *noosphère* », la noosphère est la médiation entre les besoins et les attentes de la société et le fonctionnement du système scolaire. Cette médiation est constante, car comme l'affirme Chevallard: « *Avec le temps, le savoir traité par le système d'enseignement vieillit; il apparaît un jour comme vieux par rapport à la société (par rapport au savoir savant et par rapport au savoir banalisé)* ».

L'évaluation permanente est nécessaire pour garder les savoirs et le système d'enseignement en parfaite équilibre avec les besoins et les attentes de la société. Les résultats de cet réévaluation exerce une importante influence dans la structuration des valeurs, objectifs et méthodes qui oriente le processus didactique d'enseignement/apprentissage en classe.

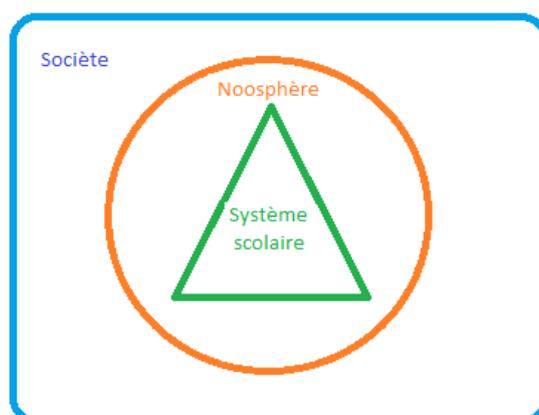


Figure 12: La noosphère didactique

L'influence de la noosphère est constante, il sera repris dès qu'on perçoit un nouveau besoin de la société. Ce besoin demandera une adaptation de l'école, comme pensait Yves Chevallard, tant que pour les autres influences « *Société et le système scolaire* » apparaissent dans la

structure didactique, selon, une approche épistémologique de l'enseignant qui soutient toute la pratique pédagogique et psychopédagogique, qui, souvent, devient rigide avec le temps, cette structure détermine un ensemble de représentations personnelles par rapport à la discipline enseignée.

7-5 Transformation du savoir

Yves Chevallard définit la transposition didactique dans ses rapports dans les années 80 ainsi « *Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit [...] un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le "travail" qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement est appelé la transposition didactique* », via cette définition, l'auteur distingue trois types de savoirs: le savoir savant, le savoir à enseigner et le savoir enseigné. Le passage de l'un à l'autre définit le processus global de transposition didactique, Chevallard distingue deux étapes: la transposition didactique externe et la transposition didactique interne.

7-6 Transposition didactique externe

Chevallard précise « *le centre opérationnel du processus de transposition [...] est la noosphère* ». Ce terme caractérise la médiation mutuelle entre les acteurs intervenant (les parents, les savants et l'instance politique décisionnelle,...) de la société et le système d'enseignement. Cette médiation joue, à vrai dire, un rôle important dans la phase de transposition didactique externe uniquement, c'est à dire dans le processus didactique qui permet de transformer un savoir savant en objet (savoir) à enseigner et qui vise la pratique éducative, elle se déroule en grande partie dans les universités et les instituts de recherche scientifique et se poursuit dans les milieux cultivés. Le savoir savant qui n'est pas accessible à l'apprenant en milieu scolaire, particulièrement à cause de son langage et de sa structure, plus proche des thèses, articles et livres spécialisés, alors que pour le savoir à enseigner, il est matérialisé dans les manuels scolaires, programmes d'enseignement et différents outils d'appuis pédagogiques.

7-7 Transposition didactique interne

La transposition didactique interne est toutes les transformations qui permettent de passer d'un objet (savoir) à enseigner à un objet (savoir) d'enseignement. Les savoirs sont décontextualisés de leur sphère de production académique et scientifique pour être décontextualisés dans la sphère scolaire. Cette étape de transformation est réalisée dans le plan de classe développé par l'enseignant et qui ne correspond pas forcément à ce qui a été imaginé dans les objectifs du niveau savoir à enseigner. Cette étape met en évidence les défis de la réalisation pratique d'une méthodologie d'enseignement qui ne peut pas être dissociée de la question des valeurs et de l'objet même de l'apprentissage.

En corollaire, Chevallard écrit à propos de la transposition didactique qu'elle n'est « *ni bonne ni mauvaise* », qu'elle est, ce qui signifie qu'il n'y a pas d'enseignement sans transposition, qu'« *Elle n'est pas un effet pervers, une dénaturation, mais une transformation normale, à laquelle nul n'échappe lorsqu'il veut transmettre un savoir.* » (Chevallard, 1998). De manière schématisée, les étapes de la transposition didactique sont ainsi constituées:

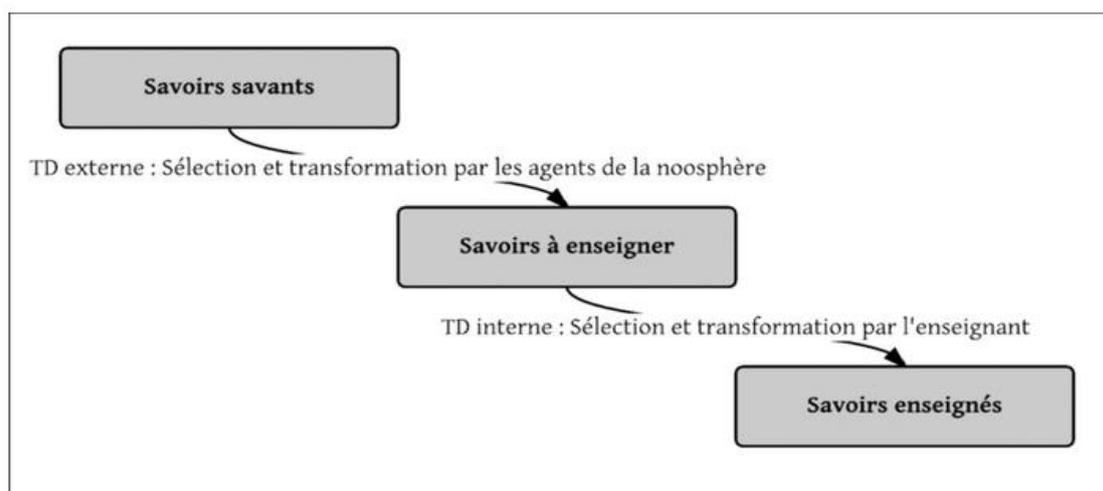


Figure 13: Etapes de transposition didactique (Chevallard, 1985)

Pour d'autres chercheurs, il existe un point qui n'a pas été abordé par Chevallard dans sa transposition didactique est le rôle de l'apprenant dans la situation d'apprentissage. Ce point est évoqué par le sociologue Philippe Perrenoud dans sa chaîne de transposition, il établit une troisième transposition didactique, réalisée par l'apprenant précisément au moment de son processus d'apprentissage, cette transposition montre le processus d'appropriation et de construction du savoir par l'apprenant, ainsi que l'apprentissage et le développement de ses compétences, et pour cela il est intéressant d'étudier le point de vue de l'apprenant, ses réflexions possibles, ses réactions et ses apprentissages.

8- Distance mésogénétique

La transposition didactique étudie les processus de transformations qui permettent de passer des objets du savoir (Physique, mathématique, chimique,..) savant à des objets savoirs à enseigner. Il existe évidemment une distance entre le savoir savant et le savoir enseigné. Mais il existe aussi un décalage temporel entre l'enseignant et les élèves. Il se manifeste entre le temps didactique, temps de l'enseignement d'objets de savoir nouveaux par l'enseignant et le temps de leur apprentissage par les élèves. D'autre part, les deux savoirs, celui de l'enseignant et celui des élèves, prennent leurs origines dans des institutions différentes, notamment sur les plans épistémologiques et didactiques. Pour l'enseignant à partir de ressources variées venues de sa fréquentation de diverses institutions: scolaires, centre de formation, universitaires, venues d'ouvrages savants ou de manuels scolaire, venues de programmes et instructions officielles, ainsi que des souvenirs de son expérience professionnelle passée, etc. Pour les élèves, ils prennent leur source de l'institution scolaire: école, manuels, cours particuliers ou de leurs parents, ils mobilisent aussi des connaissances antérieures autour de ce qu'ils ont étudié au cours des années scolaires précédentes ou de l'année scolaire présente.

Sur le plan didactique, les élèves sont contractuellement engagés à intérioriser les tâches physiques ou chimiques choisis par l'enseignant. Ils mobilisent alors certaines connaissances venues de niveaux d'organisation du savoir comme les sujets ou les thèmes, plus rarement des niveaux d'ordre supérieur comme les secteurs ou les domaines. Ils s'engagent alors dans des moments d'élaboration d'une (ou des) techniques personnelles appropriées ou de mise en œuvre de techniques qui leur ont été enseignées et qu'ils s'approprient. La comparaison de ces différents niveaux, qui correspondent à des éléments constitutifs de milieux différents permet

la détermination de la « distance mésogénétique », qui renvoie à l'écart entre les savoirs des élèves et au savoir institutionnellement attendu.

9- Contrat didactique

La notion de contrat didactique est liée à l'idée qu'il existe une relation entre l'enseignant, ses apprenants et un savoir (disciplinaire) dans une situation didactique. Cette relation serait donc l'ensemble des obligations réciproques qui déterminent, presque toujours de forme implicite, ce que chacun des partenaires (enseignant et apprenant) ont la responsabilité de gérer et des responsabilités qui ont par rapport à l'autre, cette ensemble de comportements spécifiques et réciproques est appelée « *Contrat didactique* » (Brousseau, 1986; Chevallard, 1988). Ce contrat fixe implicitement les droits et les devoirs de l'enseignant comme de l'apprenant, les places respectives de chacun au regard du savoir traité et même les conditions générales dans lesquelles ces rapports au savoir évolueront au cours de l'enseignement. (Joshua et Dupin, 1993).

Le contrat didactique agit comme un facteur d'équilibre entre enseignant, savoir et élève. Au cours de l'enseignement d'un savoir, les règles de communication, entre l'apprenant et l'enseignant, à propos d'objets de savoir, s'établissent, changent, se rompent et se renouent au fur et à mesure des acquisitions, de leur évolution et de l'histoire produite. Le contrat didactique caractérise les règles auxquelles obéissent les interactions entre l'enseignant et de l'enseigné, ces règles sont localement stables mais ne sont pas immuables.

Une négociation nécessaire implicite et explicite entre l'enseignant et les apprenants concernant les règles de la situation didactique, puisque les intérêts ou les choix pédagogiques, par exemple, peuvent changer pour s'adapter à une demande ou à un objectif spécifique. « *Ce contrat est l'ensemble des règles qui déterminent explicitement pour une petite part, mais surtout implicitement ce que chaque partenaire de la relation didactique va avoir à gérer et dont il sera, d'une manière ou d'une autre, comptable devant l'autre* ». « *Ce qui veut dire qu'au cours d'une séance (...), l'élève interprète la situation qui lui est présentée, les questions qui lui sont posées, les informations qui lui sont fournies, les contraintes qui lui sont imposées, en fonction de ce que le maître reproduit, consciemment ou non, de façon répétitive dans sa pratique de l'enseignement* » (Brousseau, 1990).

Dans la plupart du temps cette négociation passe inaperçue, elle se manifeste surtout lorsqu'il est transgressé ou rompu par l'un des partenaires de la relation didactique. Une grande partie des difficultés des élèves est explicable par des effets de contrat (effets Topaze, effets Jourdain,...), mal posé ou incompris par l'élève, qui ne sait pas qu'est-ce qu'on attend de lui exactement. Beaucoup de malentendus, de sentiments d'être brimé, ont pour origine un contrat didactique mal adapté ou incompris. Le désir d'adaptation des élèves peut se heurter à la versatilité d'un enseignant dont on ne sait jamais ce qu'il veut. De telles situations peuvent déboucher sur un refus scolaire et dans les cas extrêmes sur l'échec scolaire. Il se passe un changement de contrat didactique quand on passe d'un niveau scolaire à un autre supérieur. La classe ne peut fonctionner sans l'existence d'un contrat didactique. L'effet le plus néfaste du contrat didactique est que l'élève ne cherche pas à apprendre mais à faire plaisir à l'enseignant pour avoir une bonne appréciation. Le contrat didactique a comme conséquences une perte de sens.

9-1 Effet Topaze

L'enseignant réunit des conditions qui permettent la réponse attendue sans que l'élève n'ait eu à investir le moindre sens et effort cognitif.

Exemple: *des moutonssss*

Cet effet est défini par Brousseau par référence à la pièce de Marcel Pagnol où le maître dicte: "*des moutons...des moutons... moutonss*. Je dis *moutons*. *Etaient... étaieunnt*. C'est-à-dire qu'il n'y avait pas qu'un moutonne. Il y avait plusieurs *moutonssse*." Il ne s'agit plus de comprendre et connaître la règle du pluriel, mais d'entendre les sons. Dans l'effet Topaze, le maître négocie l'adhésion de l'élève en transformant complètement la tâche. Il prend à sa charge l'essentiel du travail. Les connaissances nécessaires pour produire la bonne réponse ne sont plus les mêmes, au point que le savoir visé disparaît.

9-2 Effet Jourdain

Pour éviter un débat de connaissance avec l'élève, et éventuellement un constat d'échec, l'enseignant accepte de reconnaître comme l'indice d'un savoir ou d'une démarche authentiques, une production ou un comportement de l'élève qui ne sont en fait que des réponses ayant des causes banales. L'effet Jourdain, défini par Brousseau, et baptisé par référence à la scène du *Bourgeois Gentilhomme de Molière*, où le maître de philosophie "enseigne" ce que sont les voyelles et la prose. Il remplace un savoir (l'orthographe, ce que sont les voyelles) par un *comportement* ("le A se forme en ouvrant fort la bouche" etc.) et laisse croire à l'élève qu'il a acquis un savoir.

10- Moments didactiques

Pour chaque organisation disciplinaire (tâche, technique, technologie et théorie), à étudier il est de la responsabilité de l'enseignant de créer et mettre en place les contextes visant à favoriser l'étude de cette organisation d'une manière progressive. La théorie d'anthropologie du didactique (TAD) initié par Yves Chevallard fournit un modèle exemplaire permettant de donner une description des contextes d'étude mises en place en terme de moments didactiques qui sont les phases méthodologiques. On soulignera d'emblée que l'ordre des moments est d'abord un ordre d'exposition et que leur réalisation s'effectue généralement en plusieurs épisodes, un même extrait de corpus pouvant relever de plusieurs moments de l'étude. Celles-ci se résument en six moment: Première rencontre, exploration du type de tâches, constitution de l'environnement technologico-théorique, travail de la technique, institutionnalisation, évaluation.

10-1 Moment de première rencontre

C'est le moment où les élèves vont rencontrer pour la première fois un type de tâches T problématique dont la résolution est, précisément, l'organisation disciplinaire (physique,...) enjeu de l'étude. Il ne s'agit pas à tout coup d'une première rencontre au sens chronologique, mais d'une rencontre qui signe le début d'un processus d'étude de T, c'est-à-dire qui fait voir T (à nouveau) comme type de tâches problématique. L'enseignant a pour mission de trouver une situation didactique permettant la rencontre effective des élèves avec une ou des tâches génératrices de l'organisation à enseigner est centrale.

10-2 Moment d'exploration du type de tâches et d'élaboration d'une technique associée

La résolution d'un problème de type de tâches T données constitué un embryon de technique τ , à partir de quoi une technique plus développée pourra éventuellement émerger, permettant d'accomplir T: il s'agit du moment exploratoire. L'étude d'une problématique particulière apparaît non comme une fin en soi mais un moyen pour qu'une telle technique de résolution se constitue, cette technique sera elle-même le moyen de résoudre de manière quasi automatique des problèmes de ce type.

10-3 Moment de constitution de l'environnement technologico-théorique

La technique élaborée durant de la première rencontre pour étudier l'organisation disciplinaire, sera produite en relation avec un environnement technologico-théorique relatif à la pratique $[T/\tau]$ qui justifie, produit et rendre intelligible la technique en constituant la technologie θ , et que cette technologie soit à son tour justifiée, intelligible, produite par une théorie Θ dans l'institution (sciences physiques,...). Ceux-ci justifient, contrôlent, et permettent de comprendre la pertinence de la technique.

10-4 Moment de travail de la technique

Le travail accompli lors de ce moment vise à rendre la technique la plus fiable et la plus efficace possible pour acquérir une plus grande maîtrise que l'on en a, il permet quant à lui la mise en main de cette organisation physique (OP), mais encore son emploi récurrent qui fait travailler l'OP et peut conduire à la retoucher. Cette fonction est généralement réalisée dans les organisations didactiques usuellement mise en place dans l'enseignement par le biais du dispositif de résolution d'exercices, les techniques de réalisation s'appuyant sur ce dispositif pouvant être diverses. Elle suppose en particulier un ou des corpus de tâches adéquats qualitativement aussi bien que quantitativement.

10-5 Moment d'institutionnalisation

Le moment d'institutionnalisation désigne l'ensemble des processus locaux et globaux par lesquels les connaissances construites au sein de la classe, individuellement et collectivement, sont reliées par l'enseignant aux savoirs institutionnellement reconnus visés par l'enseignement. Il vient mettre en forme l'OP constituée: en dehors du travail de synthèse et de formulation de l'ensemble de l'OP produite, il comprend l'amalgamation de cette OP aux OP antérieurement étudiées, contribuant ainsi à la constitution d'OMP locales, régionales et globales. C'est le moment au cours duquel il faut faire le point, de préciser ce qu'est exactement l'organisation OP élaborée de manière définitive et décider que certains éléments qui avaient mis en scène lors des moments précédents peuvent ne pas intégrer dans l'organisation visée.

10-6 Évaluation

Le moment de l'évaluation qui évalue non seulement la maîtrise acquise de l'OP construite, mais encore l'OP elle-même: c'est ainsi par exemple que, lors d'une évaluation en classe, l'échec des élèves dans l'accomplissement d'un type de tâches révèle généralement un problème dans l'organisation disciplinaire elle-même, le problème le plus fréquemment rencontré étant le manque d'étapes de contrôle explicitement présentes dans la technique. La

norme ayant été fixée au cours de l'institutionnalisation, on vérifie que le rapport personnel des élèves y est conforme avec le rapport institutionnel.

11- Chronologie des moments didactiques

La présentation ordonnée de moments didactiques, telle que nous l'avons proposé, peut conduire à penser qu'ils se succèdent dans le temps selon la chronologie associée à cette présentation. Il n'en est rien, car un moment de l'étude se réalise généralement en plusieurs fois, sous la forme d'une multiplicité d'épisodes éclatés dans le temps. Il peut même se trouver que deux moments soient simultanés.

12- Situation

Le système de relation didactique est situé dans un contexte, et on ne peut tenter de la décrire qu'en référence à la spécificité de ce contexte. La "théorie des situations didactiques" a été élaborée par Guy Brousseau (1998) pour permettre une description des phénomènes d'enseignement-apprentissage en mathématiques. La notion de situation est envisagée au départ par Brousseau de manière très large: Le terme situation désigne l'ensemble des circonstances dans lesquelles se trouve le sujet (élèves, professeurs...), les relations qui l'unissent un milieu (physique, culturel, sociaux, humains), l'ensemble des données qui caractérisent une action ou une évolution. Deux points de vue s'interagissent pour définir la situation didactique, d'un part, la situation est l'environnement de l'élève mis en œuvre et manipulé par l'enseignant ou l'éducateur qui la considère comme un outil, d'autre part, la situation est l'environnement tout entier de l'élève, l'enseignant et le système éducatif lui-même y compris. Les situations sont groupées en: Situation didactique, situation non didactique, situation a-didactique et situation fondamentale.

12-1 Situation didactique

La situation didactique exprime directement ou indirectement une volonté d'enseigner, elle est l'ensemble des relations pertinentes (explicites et ou implicite) d'un sujet (ou de plusieurs sujets) apprenant avec un sujet enseignant et avec un milieu mobilisé par ce dernier pour faire approprier un savoir déterminé. On peut définir une situation didactique comme la rencontre d'une situation (physique, chimique,...) et d'une intention d'enseigner et l'élève peut agir en réponse à l'attente supposée de l'enseignant: effets de contrat didactique, pas ou peu d'apprentissage.

12-2 Situation non didactique

Une situation non didactique est une situation élaborée de façon à ce que le résultat souhaité ne puisse être obtenu que par la mise en œuvre des connaissances visées, mais dont le milieu ne comporte aucun agent intervenant au cours du déroulement pour faire acquérir au sujet une connaissance déterminée: il n'y a pas d'intention d'enseignement et d'apprentissage dans la situation.

12-3 Situation a-didactique

Pour situation a-didactique, elle est une situation construite de façon à ce que le résultat souhaité ne puisse être obtenu que par la mise en œuvre des connaissances visées mais que l'élève ne puisse pas lire les intentions de l'enseignant concernant ses connaissances, pour prendre ses bonnes décisions, celles qui correspondent au savoir associé, constituent des

stratégies rationnelles d'actions sur un milieu, que l'enseignant n'a pas besoin de valider, puisque le milieu s'en charge. La résolution d'un problème est pour l'élève le seul enjeu de la situation.

12-4 Situation fondamentale

Une situation fondamentale d'un savoir visé est une situation à variables didactiques qui engendrent, par manipulation de ces variables, un ensemble minimal de situation à didactique suffisamment étendue pour couvrir toutes les formes du savoir visé. C'est une situation d'apprentissage lorsqu'elle permet l'acquisition de savoirs ou de connaissances nouvelles par un sujet.

13- Obstacles

Les obstacles se manifestent par des erreurs reproductibles et persistantes. Ces erreurs témoignent d'une connaissance erronée ou non conforme qui a réussi dans un domaine d'action, mais qui échoue dans les domaines de formulation ou de validation; elle persiste souvent après l'apprentissage d'un savoir conforme institutionnellement; leur origine peut être ontogénétique, didactique ou épistémologique. La recherche didactique distingue: Les obstacles ontogénétiques, les obstacles épistémologiques et les obstacles didactiques (Brousseau, 1976).

13-1 Obstacles ontogénétiques

Ils se manifestent comme des connaissances spontanées apparaissant naturellement au cours du développement et qui s'opposent aux apprentissages, ils sont relatifs au développement neurophysiologique de l'élève. On dit aussi qu'un élève rencontre un obstacle considérable comme ontogénétique, c'est que son processus d'apprentissage apparaît entravé par des fragilités au niveau de capacités: cognitives, affectives, ou sociales.

13-2 Obstacles épistémologiques

Les obstacles d'origine épistémologique sont attestés dans la genèse historique d'un concept et constitutifs du savoir actuel. Ils ont un statut particulier dans les situations d'enseignement et d'apprentissage, une grande variété d'apprentissages sont rendus possibles par la confrontation à un obstacle épistémologique et par le dépassement de ce dernier. En effet, les obstacles épistémologiques se situent dans l'écart entre: Les savoirs quotidiennes ou spontanées des élèves, qui précèdent l'enseignement et l'apprentissage, et les savoirs nouveaux dont l'apprentissage est visé par l'intermédiaire de la mise en place d'un dispositif didactique.

13-3 Obstacles didactiques

Les obstacles d'origine didactique: lorsqu'un élève est confronté à un empêchement didactique, son processus d'apprentissage est entravé par un effet du ou des dispositifs didactiques déployés par l'enseignant (Par exemple: *un support d'activité mal conçu; un problème d'organisation; la sélection d'une forme sociale de travail inappropriée pour un apprentissage; une perte de sens de l'apprentissage due au fait que ce dernier se déroule dans un contexte scolaire; une stratégie d'enseignement qui sème la confusion; etc.*). Ces obstacles didactiques résultent d'une transposition didactique antérieure non susceptible de renégociation par l'enseignant dans le cadre restreint de sa classe du moins. Le franchissement d'obstacles implique très souvent à la fois une restructuration des modèles d'action, du langage et des systèmes de preuve.

14- Registre de représentation sémiotique

La définition de registres de représentation sémiotique proposée par Duval (1993) est la suivante: « *Les représentations sémiotiques sont des productions constituées par l'emploi de signes appartenant à un système de représentations qui a ses contraintes propres de signifiante et de fonctionnement, l'ensemble de ces signes est appelé le registre de représentation sémiotique* ». Un registre de représentation sémiotique doit permettre les trois opérations fondamentales suivantes: la formation de représentations dans le registre, leur traitement à l'intérieur du registre, la conversion vers un autre registre de représentation. Par exemples, lors de la résolution d'une équation en sciences physiques, le développement mathématique interne de cette équation, comme la dérivée et l'intégration, permettent de la résoudre, mais les opérations de calcul ne peuvent pas être faites n'importe comment car il faut respecter entre autres, les différentes règles comme l'égalité ...etc. Ces normes de calculs assurent la formulation et la validité des résultats obtenus, elles légitimes le passage d'une étape à une autre et permettent aux pairs de valider ou non les résultats trouvés. Parmi les registres de représentations sémiotiques utilisées, on trouve: le registre de la langue naturelle, le registre des expressions symboliques algébriques, le registre des représentations graphiques, le registre de texte, le registre de la figure,... etc.

Précisons que plusieurs domaines et secteurs peuvent utiliser le même registre et que le travail dans un secteur mobilise généralement plusieurs registres. Mais il faut faire attention de ne pas, pour autant, confondre les concepts disciplinaires (mathématique, physique,..) avec leurs représentations, ce qui est difficile lorsque l'on a « *affaire qu'aux seules représentations*» (Duval, 1993). En effet la confusion entre les deux peut entraîner, d'après Duval « *une perte de compréhension et les connaissances acquises deviennent vite inutilisables hors de leur contexte d'apprentissage* ». Cette confusion entraîne chez l'apprenant un mimétisme, c'est-à-dire que l'élève utilise ce qu'il a appris par caméléonisme mais ne peut pas réutiliser ses connaissances dans un contexte différent de celui didactique. Alors, il devient nécessaire d'évaluer sur des contextes utilisant la compétence recherchée mais dans un cadre légèrement différent de celui vu en cours. Cependant, l'utilisation des registres de représentation sémiotique fait appel par définition aux représentations mentales de l'élève.

15- Opérations mentales

Les représentations mentales (inclus opérations mentales) sont alimentée par un ensemble des rapports d'un individu relativement à un objet de savoir. Elle diffère donc selon les individus, leur rapport avec l'objet et leur compréhension de la notion. Les opérations mentales définissent le plus souvent la mobilisation et le développement de la pensée scientifique, c'est une extériorisation des opérations mentales à des fins de production de connaissance, cependant les unes sont universelles et les autres sont personnelles. Elles nous permettent de construire et d'enrichir notre rapport à la connaissance de ce qui nous entoure et de compléter ce que nous en pensons, le développement des représentations mentales dépend d'une intériorisation des représentations sémiotiques. On peut distinguer chez l'apprenant trois types d'opérations mentales ou pensées (Duval,1993), celles qui sont innées, celles qu'il apprend, celles qu'il crée.

- 1- Les opérations mentales innées répondent aux besoins élémentaires universels (respirer, dormir, se nourrir, se protéger, se reproduire, s'amuser, avoir du plaisir, etc.), aussi tous les opérations de représentation d'un objet dans un système lisible, l'élève doit connaître quels

sont les éléments de l'objet qui peuvent être représentés et en donner le plus possible, pour que la représentation soit la plus significatifs et apporte un maximum d'informations sur l'objet représenté;

- 2- Les opérations mentales apprises pour exprimer, satisfaire représenter et transformer nos besoins instinctifs, elles sont les outils intellectuels, les règles, les contraintes et le matériel auxquels chacun recourt sans nécessairement en connaître le fonctionnement (utiliser un ordinateur sans connaître son fonctionnement). Il est possible d'approfondir la connaissance de ces opérations mentales apprises auprès de ceux qui savent; on leur fait confiance, et on les croit en ayant conscience de ne pas atteindre le niveau de pouvoir être critique;
- 3- Les opérations mentales créées par l'esprit expriment l'évolution de la pensée, selon Duval « *Convertir une représentation d'un système dans un autre système pour pouvoir expliciter d'autres significations de cet objet* », « *un point stratégique pour la compréhension des mathématiques* ».

Ces opérations seraient la capacité d'un apprenant à découvrir et créer pour s'adapter à son environnement mais aussi à le défier, le dépasser. Les opérations mentales créées relève de processus mentaux complexes impliquant mémoire, perception, interprétation, traitement, représentations mentales, les structures de décision, la curiosité au raisonnement, La logique, les déductions,...etc.

16- Manifestations du savoir

Guy Brousseau distingue trois domaines de manifestations du savoir et du langage sciences physiques: domaine de l'action, domaine de la formulation, et domaine de la validation.

16-1 Domaine de l'action

Le domaine de l'action consiste à placer l'apprenant devant un problème présentant plusieurs caractéristiques, et dont la solution du problème présente la connaissance visée. L'apprenant doit posséder un ou des modèles, plus ou moins perfectionnés, lui permettant de prendre des décisions et d'agir sur le milieu pour l'action, celui-ci lui apporte des informations et rétroactions en retour de ses actions, il contient du matériel et des objets, notions scientifiques qui lui permettant une validation empirique de son action, ces informations permettant de juger du résultat, d'ajuster cette dernière, sans l'intervention du maître.

16-2 Domaine de la formulation

La validation empirique obtenue lors de domaine de l'action est insuffisante pour une activité réelle mentale, et pour que cette formulation ait du sens pour l'apprenant, il faut qu'elle soit, en tant que formulation, un moyen d'action sur un milieu qui lui apporte des informations et rétroactions en retour de ses formulations. Le milieu de formulation est constitué par un élève qui peut agir et qui va suivre le modèle explicité, il nécessite de positions dissymétriques par rapport à l'action ou à l'information. Les situations de communication entre élèves, où seuls certains élèves peuvent agir, sont des exemples de telles situations. Dans ce domaine l'enseignant doit construire une situation de formulation dont l'objectif est de démontrer pourquoi le modèle créé est valable ou non.

16-3 Domaine de la validation

Pour que l'élève puisse expliciter lui-même la validité et de la pertinence de son modèle implicite, et pour que cette formulation ait du sens pour lui, il faut qu'il rencontre un nouveau modèle dans lequel la connaissance va obligatoirement intervenir sous forme de messages et énoncés, des preuves. « *Les messages échangés avec le milieu soient des assertions, des théorèmes, des démonstrations, émises et reçues comme telles* » (Brousseau, 1986).

17- Positions critiques envers la didactique

La didactique peut être aujourd'hui considérée comme une discipline consistante, si on mesure la consistance à la densité des questions théoriques nouvelles que pose une discipline aux « faits » empiriques. Rappelons à cet égard l'hommage que rendait Daniel Hameline aux didactiques: « *Phénomène démultiplié, imaginatif, parfois iconoclaste et flibustier, la saisie didacticienne a renouvelé profondément le regard pédagogique sur les savoirs et les compétences, que celles-ci soient disciplinaires ou transversales* » (Hameline, 2005). Si ce renouvellement a été possible, comme le suggère Hameline, c'est essentiellement en raison du regard critique qu'elle a porté sur les phénomènes scolaires, mais aussi sur ces propres enjeux et méthodes, élaborer une critique de la didactiques suppose de questionner son épistémologie, sa terminologie, sa méthodologie, c'est-à-dire, la constitution de ses savoirs pris au sens large: ses théories, concepts, modèles et pratiques explicites mais aussi ses représentations, croyances et impacts sociaux implicites. La critique opère une déconstruction des didactiques. La criticité exige de chasser tous les aspects cachés ou implicites des savoirs didactiques, qu'ils soient théoriques ou pratiques, qui contribuent à maintenir, reproduire ou renforcer des dynamiques d'oppression, de domination, de marginalisation et d'exclusion sociale et scolaire.

La recherche en didactique s'est dotée de cadres théoriques-conceptuels et méthodologiques favorables à l'analyse et l'investigation scientifique grâce aux travaux réalisés dans les didactiques disciplinaires. Mais l'accent mis sur les contenus ne contribue-t-il pas à une mise en sourdine des vulnérabilités sociales pourtant bien présentes dans les relations pédagogiques, didactiques et épistémologiques?

1- Introduction

La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD, comme abréviation), initiée par Yves Chevallard, didacticien des mathématiques, dans les années 90, insère la didactique des sciences dans le vaste champ de l'anthropologie humaine introduite par le sociologue Michel Verret dans les années 1975. Cette approche sociale suppose que le mode de fonctionnement des systèmes didactiques est conditionné par celui des institutions de la société dans laquelle ces systèmes prennent place. Ainsi, les savoirs sont les produits de constructions humaines, leurs places et leurs fonctions diffèrent suivant les lieux, les sociétés et dans le temps. L'ingénieur qui modélise l'activité d'une chaîne de production, le journaliste qui fait l'analyse des derniers sondages, l'architecte qui calcule la résistance d'un matériau, le professeur qui enseigne les opérations de calculs participent les uns comme les autres de diffusions sociales des connaissances, savoirs et savoir-faire disciplinaires au sein de groupes humains divers. De ce point de vue, les physiques, les mathématiques ... sont ainsi des activités humaines s'insérant parmi d'autres activités: produites, diffusées, pratiquées, enseignées au sein d'une large gamme d'institutions sociales.

Pour Chevallard (1985, 1998) *«on ne comprend pas ce qui se passe à l'intérieur du système didactique si l'on ne prend pas en compte son extérieur. Le système didactique est un système ouvert. Sa survie suppose sa compatibilisation avec son environnement. Elle lui impose de répondre aux exigences qui accompagnent et justifient le projet social dont il doit être l'actualisation.»*. *« Un savoir n'existe pas «in vacuo » dans un vide social: tout savoir apparaît, à un moment donné, dans une société donnée, comme ancré dans une ou des institutions. »*. A partir de ces énoncés on déduit les propositions suivantes:

- Tout savoir est « savoir » propre à une institution.
- Un même objet savoir peut exister de façons différentes dans des institutions différentes.
- Pour qu'un savoir puisse vivre dans une institution, il faut qu'il se soumette à un certain nombre de conditions et de contraintes, ce qui implique notamment qu'il se développe, sinon il ne peut pas se maintenir dans l'institution.

La théorie anthropologique du didactique (TAD) fournit un cadre théorique aux recherches sur les activités cognitives complexes, notamment celles qui relèvent des sciences et des techniques, celle-ci propose dès lors d'analyser l'activité disciplinaire humaine (science physique, mathématique,..) sous ses diverses formes: de production, d'enseignement et d'apprentissage,...etc. Elle suppose que le fonctionnement de systèmes disciplinaires et didactiques est conditionné par celui des institutions (université, école, enseignant, manuel,..) de la société dans laquelle ces systèmes prennent place. De ce point de vue, l'étude des sciences physiques sera considérée comme une activité humaine s'insérant parmi d'autres activités au sein des institutions sociales.

L'approche TAD propose une forme particulière d'appréhender les processus d'enseignement en relation avec les rapports personnels au savoir mis en jeu au sein d'institutions. L'utilisation de ce cadre théorique présente des avantages à la fois sur le plan interprétatif dans la prise en compte de la dimension institutionnelle constitutive de l'action didactique pour décrire l'organisation du savoir au sein d'une institution, les activités des sujets attendues par l'institution et même les

comportements erronées ou non attendues par l'institution, ainsi les erreurs d'étourderie ou de dérapage ponctuel ne sont pas considérés.

Sur le plan méthodologique, cette approche permet de questionner, les praxéologies disciplinaires mises à l'étude par l'institution, les praxéologies didactiques dans le cadre d'interactions entre les membres de l'institution. Sur le plan informatique, le modèle praxéologique me semble adéquat pour une implémentation informatique et donc à une modélisation informatique des connaissances.

Sur le plan épistémologie ou nature des sciences au sens anglophone, la Théorie Anthropologie du Didactique (TAD) considère la connaissance disciplinaire scientifique (physique, chimique, mathématique,...) comme une activité humaine s'insérant parmi d'autres activités au sein des institutions sociales, et qu'elle soit donc sensible à tout ce qui, affectant ces pratiques, affecte les moyens d'accès, les contenus et les formes de cette connaissance (Croset et Chaachoua, 2016).

L'analyse anthropologique utilise un modèle général désigné par *organisation praxéologique (OP)* (Bosch et Chevallard, 1999), selon lequel toute activité humaine, d'une part, consiste à accomplir une tâche d'un certain type T (écrire un texte, résoudre une équation différentielle du second degré, mesurer le pH d'une solution, ...etc.), au moyen d'une technique τ , justifiée par une technologie θ qui permet en même temps de la penser, voire de la produire, et qui à son tour est justifiable par une théorie Θ (Chevallard, 1999). D'autre part, ce modèle praxéologie est considéré comme une réponse à un besoin méthodologique, celui de décrire les rapports personnels et institutionnels qui contraignent le rapport personnel public d'un individu à un objet de savoir, et aussi déterminer l'organisation disciplinaire de référence et étudier les organisations didactiques (Elouardachi et al, 2018).

Le concept de rapport personnel à un objet est très large (Venturini & Patrice 2016). Il contient deux dimensions essentielles qui permettent de mieux le préciser, d'une part le concept de rapport à un objet de savoir renvoie à tout ce qu'un individu pense ou fait avec ou concernant cet objet de savoir et d'autre part, l'enseignement des objets de savoir est inscrit dans différentes institutions qui permettent et imposent une manière de le faire et de penser propre (Chevallard, 2003).

L'analyse des rapports sous l'angle praxéologie de la Théorie de l'Anthropologie Didactique (TAD) permet de mieux circonscrire l'objet d'étude: les praxéologies sont un moyen de modéliser les rapports d'un apprenant dans une institution à partir de son action que l'on peut décrire à partir de ses gestes et de ses productions en prenant en compte ce qui justifié et légitime cette action. Les rapports sont par définition tirés de la pratique, que ce soit à travers les gestes (tâches, techniques) ou par induction à partir de ces pensées (point de vue technologies et/ou théories), alors que les études sur les points de vue reposent essentiellement sur des éléments déclaratifs. Nous nous attachons ainsi à comprendre l'activité de l'apprenant en classe en lien avec son rapport à des objets de savoir, en étudiant les praxéologies qui nous permettent d'accéder à la composante de ce rapport personnel qu'il rend publique dans cette institution. Dans le but de développer ce modèle d'organisation praxéologique, nous envisageons dans les paragraphes suivants d'explicitier les notions fondamentales de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) qui propose de modéliser l'activité humaine au sein d'une institution donnée.

2- Notions fondamentales de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD)

2-1 Notion d'Objet O et d'Œuvre θ

Dans la Théorie Anthropologique du Didactique, la première notion fondamentale est celle d'objet (Chevallard, 2003): « *Est objet toute entité, matérielle ou immatérielle, qui existe pour au moins un individu. Tout est donc objet, y compris les personnes. Sont ainsi des objets le nombre sept, et aussi le chiffre 7, la notion de père et aussi ce jeune père qui promène son enfant, ou encore l'idée de persévérance (ou de courage, ou de vertu, etc.), et le concept mathématique de dérivée, et aussi le symbole δ , etc.* ». Donc le point de départ est que « *tout est objet* »: ouvrir la porte, un mal au dent, l'école, le professeur, le savoir, l'apprentissage, la fonction logarithme, ...etc. Les objets sont les matériaux de base de la construction théorique envisagée. Yves Chevallard distingue cependant trois types d'objets particuliers: individu X, institution I (école, université, séance de cours, famille, système éducatif, etc.) et les positions p qu'occupent les individus dans les institutions. En corollaire, toute œuvre, c'est-à-dire tout produit intentionnel de l'activité humaine, est un objet.

Une œuvre θ est une production humaine dont l'objet est d'apporter une réponse à une ou plusieurs questions Q , questions théoriques ou pratiques, qui sont les raisons d'être de l'œuvre, (Exemples: le champ magnétique, l'équilibre chimique, le manuel scolaire,...). Une œuvre θ vit en général dans plusieurs institutions I, I', I'...etc. On appelle transposition institutionnelle d'une œuvre θ , le processus global qui amène θ à vivre dans une institution I' à partir d'une institution I. Lorsqu'une institution I est à vocation didactique, telle qu'un système d'enseignement ou l'un de ses niveaux (une université, un cycle ou une filière d'enseignement, une classe...), la transposition de l'œuvre θ (ou de certains de ses morceaux) dans l'institution I est qualifiée de didactique. Elle a pour but d'adapter l'œuvre θ , de l'approprier pour que les sujets de I puissent devenir des acteurs de l'œuvre θ ainsi adaptée.

2-2 Notion de Rapport personnel R(X, O)

La deuxième notion fondamentale est celle de rapport personnel d'un individu X à un objet O, expression par laquelle Yves Chevallard désigne la fonction, notée « $R(x, o)$, de toutes les interactions que X peut avoir avec l'objet O que X le manipule, l'utilise, en parler, y rêver, etc. ». Le rapport personnel d'un individu (X) à un objet est défini par le système de toutes les interactions, sans exception, que l'individu peut avoir avec cet objet R(X, O), que X peut entretenir avec Objet O (Chevallard, 2003). Ainsi au sens de cette théorie, connaître un objet signifie que la personne a un rapport personnel à cet objet, quelle que soit la nature de ce rapport, qui relève « *de savoirs, de savoirs faire, de savoirs-être, de conceptions, de compétences, de maîtrise, d'images mentales, de représentations d'attitudes, de fantasmes...etc.* », et aussi tout ce qui peut être énoncé à tort ou à raison, pertinemment ou non, doit être tenu au mieux pour un aspect du rapport personnel de X à O.

« *Un individu X ne peut avoir, à un objet de savoir donné, Os, qu'un rapport personnel, lequel est émergent d'un système de relations institutionnelles (telle la relation didactique), relations ternaires où l'individu X entre en relation avec l'objet de savoir Os et un ou des agents de l'institution I. De ce rapport personnel relève notamment tout ce qu'on croit ordinairement pouvoir dire - en termes de "savoir", de "savoir-faire", de "conceptions", de "compétences", de*

"maîtrise", d' "images mentales", de "représentations", d' "attitudes", de "fantasmes", etc...- de X à propos de Os. Tout ce qui peut être énoncé - à tort ou à raison, pertinemment ou non - doit être tenu (au mieux) pour un aspect du rapport personnel de X à Os. Le concept de rapport (personnel) apparaît comme englobant les aspects fragmentaires en lesquels on le dissocie ordinairement (Chevallard, 1989)». L'ensemble de ces rapports à un objet de savoir forment l'univers cognitif pour l'individu (Venturini & Patrice, 2016).

2-3 Notion de Personne

La troisième notion fondamentale, celle de personne, est alors le couple formé par un individu X et le système de ses rapports personnels $R(X, O)$: «A un moment donné de l'histoire de x. Le mot de personne, tel qu'on l'emploie ici, ne doit pas faire illusion: tout individu est unipersonnel, y compris le tout petit enfant, l'infans (étymologiquement, celui qui ne parle pas encore). Bien entendu, au cours du temps, le système des rapports personnels de x évolue: des objets qui n'existaient pas, pour lui se mettent à exister; d'autres cessent d'exister; pour d'autres enfin le rapport personnel de x change» (Chevallard, 2003). D'après cet énoncé la personne change et l'individu reste un invariant pendant l'évolution au cours du temps, donc la personne se constitue à partir de ses propres assujettissements passés et présents, auxquels on ne saurait donc jamais les réduire une fois pour toutes.

2-4 Notion d'Institution I

Les rapports personnels s'établissent au sein d'institutions I, que Chevallard (1992) a défini ainsi: «L'institution est un dispositif social total qui peut avoir une extension très réduite dans l'espace social, mais qui permet et impose à ses sujets la mise en jeu de manières de faire et de penser». Particulièrement, il est constitué de personnes, des positions qu'occupent ces personnes dans cet espace, ainsi que des objets avec lesquels chaque personne de cet espace possède un rapport personnel, éventuellement vide. D'une façon simplifier l'institution peut être considéré comme: école, université, la famille, le livre scolaire, la classe, l'enseignant,...etc.

2-5 Notion de Rapport institutionnel $R(I, O)$

On appelle l'ensemble des *conditions* et des *contraintes*, sous lesquelles se créent et évoluent les rapports personnels idéalement d'un individu X à l'objet O, à un moment donné de son histoire, quand il devient sujet de l'institution I, *rapport institutionnel* à l'objet O. Ce rapport institutionnel dépend de la position P occupé par l'individu X (élève, professeur, directeur,...) dans l'*institution I*. « Étant donné un objet o, une institution I, et une position p dans I, on appelle rapport institutionnel à o en position p, et on note $RI(p, o)$, le rapport à l'objet o qui devrait être, idéalement, celui des sujets de I en position p. Dire que x est un bon sujet de I en position p, c'est dire que l'on a $R(x, o) \approx RI(p, o)$, où le symbole \approx désigne la conformité du rapport personnel de x au rapport institutionnel en position p. De même que pour une personne x, on parle alors de l'univers cognitif de la position p de I, $UI(p) = \{(o, RI(p, o)) / RI(p, o) = \emptyset\}$, et, par extension, de l'univers cognitif de I, $U(I) = \bigcup_p UI(p)$. En particulier, s'il existe une position p de I telle que $RI(p, o) \neq \emptyset$, on dit que I connaît o. Pour nombre d'objets o, on a $RI(p, o) = \emptyset$: les sujets de I en position p n'ont pas alors, en tant que tels, à connaître o » (Chevallard, 2003).

Dans une institution, une personne peut occuper plusieurs positions vis-à-vis des objets de savoir. Il y a ainsi une dialectique des rapports institutionnels et des rapports personnels: Les rapports

institutionnels $R(I, O)$ fournissent les *conditions* et les *contraintes* sous lesquelles se créent et évoluent le rapport personnel $R(X, O)$, ainsi Chevallard souligne que le rapport personnel émerge donc d'une pluralité de rapports institutionnels: « Le fait que le rapport personnel $R(x, o)$ émerge d'une pluralité de rapports institutionnels $RI(p, o)$, $R'I(p', o)$, $R''I(p'', o)$,...a plusieurs conséquences notables. En particulier, le rapport personnel $R(x, o)$ n'est jamais parfaitement conforme à tel rapport institutionnel $RI(p, o)$: la personne x est quasiment toujours, dans une certaine mesure, un mauvais sujet de I , parce que son rapport s'est formé par l'intégration, au fil du temps, des influences exercées par les divers rapports institutionnels auxquels elle a été assujettie - $RI(p, o)$, mais aussi $R'I(p', o)$, $R''I(p'', o)$, etc. En sens inverse, $R(x, o)$ n'est presque jamais vraiment original, en ce qu'il reflète, en les altérant plus ou moins, les rapports institutionnels sous l'influence desquels la personne x s'est formée. Par contraste, c'est précisément à leur capacité d'élaborer des rapports personnels institutionnellement inédits que l'on reconnaît les créateurs au sens fort du terme, lesquels d'ailleurs ne sont généralement créateurs qu'en tel ou tel domaine artistique, littéraire, scientifique, sportif, etc.» (Chevallard, 2003). Un individu X dans une institution I ne peut pas tout montrer de son rapport personnel $R(O, X)$ à l'objet O pour être qualifié de bon sujet, de ce fait son rapport personnel est fragmenté en: Rapport public et Rapport privé (Schubauer et al, 1994).

- **Rapport public**, visible à travers divers canaux et systèmes de signifiants relatifs à l'institution, ce rapport personnel était élaboré et validé au sein de la même institution. D'où, un apprenant ne sera évalué didactiquement que sur son rapport personnel public à un objet de savoir, et qu'il capable de le manifester conformément à l'institution (classe, lycée,...);
- **Rapport privé**, invisible à l'institution, qui échappe de l'évaluation conforme à l'institution, ce rapport personnel était élaboré par l'individu dans d'autre institution, c'est tout le reste demeurant l'affaire privée personnelle de l'individu.

2-6 Enseignement et apprentissage

D'après ce cadre, l'enseignement et l'apprentissage sont considérés comme une modification du rapport d'un individu X à un objet O dans les termes d'une institution I . Ce rapport se crée s'il n'existait pas déjà ou tout simplement se modifie s'il existait déjà. Ces rapports personnels d'individu changent son univers cognitif. Il y a enseignement et apprentissage pour une personne, s'il entre en contact avec un certain nombre d'objets O de manière à ce que son rapport personnel $R(X, O)$ soit, dans un temps limité, le plus conforme possible au rapport institutionnel $RI(O)$ à ces mêmes objets.

Dans un contexte scolaire, il y aura apprentissage dans une institution I pour les élèves X_i d'une classe, si leur enseignant arrive à faire évoluer leur rapport personnel $R(X_i, O)$ à certains objets O d'une œuvre O de façon à le rendre le plus conforme possible à $R(I, O)$ pour avoir le statut *bon sujet*, dans le cas contraire l'individu X sera qualifié de *mauvais sujet*. Ainsi, bon élève et mauvais élève ne renvoient plus à la bonne et mauvaise connaissance d'un objet par un élève, ils sont seulement des appréciations de la conformité entre le rapport personnel et le rapport institutionnel à l'objet. « une personne Y appelée à juger la connaissance qu'a une personne X d'un objet O ne sait guère qu'apprécier la conformité du rapport personnel $R(X, O)$ au rapport institutionnels $RI(p, O)$, où p est la position que X est censée occuper au sein de I » (Chevallard, 2003).

2-7 Ecologie

L'écologie d'un savoir est l'ensemble des conditions qui permettent, la *naissance*, l'*existence*, le *fonctionnement* et la *disparition* de ce savoir, ou de tel ou tel de ses éléments, qui en expliquent les modalités d'apparition, de fonctionnement, de changement et de disparition. L'analyse, en référence à un univers culturel déterminé, des conditions et des modalités (ou des formes) d'existence d'une formation épistémologique, réelle ou hypothétique, est appelée analyse écologique du savoir (correspondant à la formation épistémologique étudiée). Dans ce contexte, Chevallard emprunte aux écologues les notions qu'il associe au savoir: habitat, niche, écosystème et noosphère.

1. L'habitat des savoirs est caractérisé par les lieux où l'on peut trouver tel objet de savoir et les objets avec qu'il entre en association, en interaction, en situations d'enseignements dans lesquelles il apparaît et de l'espace de problèmes et d'exercices auquel on se réfère de manière privilégiée;
2. La niche est définie comme la place fonctionnelle occupée par l'objet dans un habitat donné;
3. L'écosystème est un lieu réunissant les conditions écologiques où un objet peut vivre, défini comme un système d'êtres et de relations. Les environnements considérés pour les objets du savoir sont des institutions qui se distinguent par différents "régimes épistémologiques": savant, didacticien, professionnel, noosphère. On parlera d'écosystème savant ou didactique scolaire;
4. La noosphère est le lieu de rencontre entre le système éducatif et son environnement sociétal, où s'arbitre la sélection des objets à enseigner et où est pensé le système didactique. L'environnement sociétal se constitue de tous les acteurs sociaux (individuels, associations de parents d'élèves, des associations d'enseignants, des chercheurs, des commissions de réformes, des instances politiques...) qui réfléchissent sur le système d'enseignement. La noosphère va donc contrôler la diffusion des savoirs dans l'enseignement, dans l'environnement sociétal et aussi entre les deux.

3- Notion de praxéologie en TAD

La question génératrice de la théorie de la transposition didactique de Chevallard (1985, 1991) est de mettre en évidence les interactions didactiques; le doublet chronogénèse / topogénèse est un outil conceptuel de mieux déterminer quel est l'objet d'étude qui n'est pas tout à fait le même et qui ne vit pas de la même manière d'une institution à une autre puisqu'on ne l'utilise pas pour faire la même chose. Pour décrire la genèse et l'évolution des objets de savoir dans une institution, pour décrire les rapports institutionnels et personnels à un objet de savoir, il est nécessaire d'avoir un modèle descriptif de ces savoirs, savoir-faire, connaissances. Mais il n'existe pas de connaissance isolée, toute connaissance est un agrégat. C'est la modélisation en termes de praxéologie qui décompose en praxis et en logos ces agrégats qui va permettre une avancée significative pour décrire et expliquer les savoirs en fonctionnement. Ce modèle a d'abord vu le jour à propos de l'activité mathématique, principalement dans le but d'analyser des rapports institutionnels, et en étroite relation avec la notion d'ostensif (Chevallard, 1994) (Bosch & Chevallard, 1999). Cependant, plusieurs didacticiens et chercheurs scientifiques utilisées ce modèle dans diverses disciplines (sciences physiques, langues, sciences de la vie et de la terre,...).

La notion de praxéologie est empruntée au vocabulaire de la philosophie. Bien que le terme « praxéologie » n'apparaisse pas dans les dictionnaires français de la langue courante, un article de l'encyclopédie Universalis (2000) en explique son origine et son apparition pour élargir l'objet de la morale, première science de l'action. En anglais, le terme *praxeology* fait partie de la langue courante; on le définit comme: « the study of human conduct » (The American Heritage® Dictionary of the English Language, 2022). Or, ce qui distingue la praxéologie des autres méthodes, c'est le regard constructiviste, subjectif et idiosyncratique qu'elle pose sur l'action humaine. Il s'agit non seulement d'une étude de l'action, mais essentiellement, c'est une étude réalisée à partir de l'action; l'action étant le point de départ et le point d'arrivée de l'investigation. La praxéologie, ainsi utilisée comme synonyme de la science-action cherche à combler l'écart qui existe entre la théorie et la pratique, entre la science et l'action (St-Arnaud & al, 2002). La science-action permet de considérer, dans l'univers scientifique, des situations qui, en raison de leur unicité, de leur degré élevé d'incertitude et de leur instabilité, ne permettent pas l'application des théories et des techniques de la science traditionnelle. Avec ce paradigme, on assiste à ce que l'on appelle un virage réflexif (Heynemand & Gagnon, 1994). En effet, la science de l'intervention se trouve ainsi confrontée au savoir et à l'agir, deux sources obéissant à une épistémologie qui s'alimente à des points d'ancrage différents: épistémologie des savoirs que construit le chercheur en organisant en un tout systématique les fruits de son observation et l'épistémologie de l'agir, partant des actions que pose le praticien à la découverte de son inspiration cachée. Du point de vue du praticien aux prises avec des problèmes complexes et pour lesquels il n'a pas de solutions toutes faites, il se retrouve dans l'action et doit développer un regard lucide de son action et un savoir pratique et pertinent.

Dans le contexte didactique disciplinaire, la notion de praxéologie met l'accent, d'une part, sur les techniques qui permettent d'accomplir les types de tâches, en mettant en évidence la pluralité des techniques existantes pour un même type de tâches que masque l'assujettissement à un système d'enseignement. D'autre part, sur la fonction technologique du savoir (fonctions de production, de justification et d'intelligibilité des techniques) qui met notamment en évidence un système de conditions et de contraintes agissant sur la présence ou l'absence de telle technique, en telle institution, et qui donne à la notion même de savoir une extension décisive.

Un savoir est d'abord un discours permettant de justifier, de produire, de rendre intelligible des techniques et pas seulement ce que la culture nous donne à voir sous l'étiquette « savoir ». Ainsi la *praxis* réfère-t-elle à la pratique, aux savoir-faire en quelque sorte, tandis que le *logos* fait référence à la théorie, aux discours qui décrivent, légitiment, expliquent la *praxis*. Une *praxéologie* ne désigne donc pas l'étude de la pratique humaine mais la « science », personnelle ou institutionnelle, d'une certaine pratique. Elle est ainsi relative à la personne qui met en œuvre cette *praxéologie* ou à *l'institution* au sein de laquelle cette praxéologie peut vivre. Les *praxéologies* sont un modèle fondamental qui permet d'appréhender les objets de savoirs, d'étudier leurs transformations, de rendre compte de ce qui se fait dans telle institution avec ces objets et rend explicite le modèle épistémologique de référence qui nourrit les analyses des phénomènes de transposition (Chevallard, 1992, 1997, 1999).

4- Organisation praxéologique

La théorie anthropologie du didactique (TAD) propose d'analyser l'activité humaine (chimique, physique,...) sous ses diverses formes (production écrite ou orale, enseignement,

apprentissage...) à travers un modèle général désigné par modèle au *organisation praxéologique* (OP) qui s'intéresse à la façon dont un être humain, au sein d'une institution I, résout une type de tâche donnée (comme: résoudre une équation différentielle, calculer l'avancement final x_f d'une réaction, exprimer le quotient de réaction Q_R, \dots etc). La notion de praxéologie a été utilisée dans plusieurs travaux antérieurs pour caractériser le rapport institutionnel, déterminer l'organisation disciplinaire de référence et étudier les organisations didactiques (Elouardachi & al 2018).

Le modèle praxéologie s'intéresse particulièrement, d'une part, sur les techniques qui permettent d'accomplir les types de tâches, en mettant en évidence la pluralité des techniques existantes pour un même type de tâches que masque l'assujettissement à un système d'enseignement. Il s'intéresse aussi sur la fonction technologique du savoir comme fonctions de production, de justification, de validation et d'intelligibilité des techniques, et qui met notamment en évidence un système de conditions et de contraintes agissant sur la présence ou l'absence de telle technique, dans un telle institution.

Une organisation praxéologie désigne un quadruplet (4T), noté $[T/\tau /\theta/\Theta]$, formée d'une part d'une tâche et de la technique correspondante pour la réaliser à bien et d'autre part des technologies et des théories correspondantes. En toute institution, l'activité des personnes occupant une position donnée se décline en différents types de tâches T, accomplies au moyen d'une certaine manière de faire ou technique τ , le couple $[T/\tau]$ constitue un savoir-faire.

Mais un tel savoir-faire ne saurait vivre à l'état isolé, il appelle un environnement technologico-théorique $[\theta/\Theta]$ ou savoir, formé d'une technologie θ , discours rationnel pour justifier et rendre légitime la technique, et à son tour justifié et éclairé par une théorie Θ .

Autrement, une théorie Θ peut justifier un ensemble de technologies θ_j dont chacune à son tour justifie et rend intelligibles plusieurs techniques τ_{ji} correspondant à autant de types de tâches T_{ji} . Lorsque les types de tâches T relèvent de la physique et de la chimie, on parle de praxéologie ou d'organisation physique chimie et lorsque les types de tâches T sont des types de tâches d'étude on parle de praxéologie ou d'organisation didactique (Chevallard, 1996,1997).

4-1 Praxéologie (ou Organisation) sciences physiques

Le modèle praxéologique en sciences physiques désigne une organisation composée de quadruplet $[T/ \tau /\theta/\Theta]$.

➤ Type de tâche (T) et tâches (t)

Le système de tâches concerne toutes les activités d'une personne que ce soit routinières ou problématiques, c'est-à-dire comportant des difficultés susceptibles d'empêcher son accomplissement. Effectivement « *A la racine de la notion de praxéologie se trouve les notions solidaires de tâche, t, et de type de tâches T, on écrira parfois: $t \in T$. Dans la plupart des cas, une tâche (et le type de tâches parent) s'exprime par un verbe: balayer le sol, réécrire l'expression littérale donnée, multiplier un entier par un autre ...* ». « *Au point de départ, il y a la notion de type de tâches, T. Rappelons seulement, ici, que les tâches auxquelles on se réfère se découpent dans toute la diversité de l'activité humaine. Résoudre une équation du second degré* » (Chevallard, 1999).

Soit par exemple la tâche t qui consiste à équilibrer l'équation chimique suivante:



Il s'agit d'une tâche t relevant du type de tâches T « équilibrer une équation chimique ».

➤ **Technique (τ)**

La technique permet la réalisation soit de l'ensemble des tâches du type T, soit d'une partie d'entre elles; C'est une manière de faire ou de réaliser, grâce à la maîtrise d'une technique, «*En toute institution, l'activité des personnes occupant une position donnée se décline en différents types de tâches T, accomplis au moyen d'une certaine manière de faire, ou technique, τ* » «*Cette technique pourra varier dans le temps, mais aussi de pays à pays, et, plus généralement d'institution à institution* » (Chevallard 1999).

Une technique τ standard pour réaliser la tâche t donnée ci-dessus consiste à procéder ainsi: Equilibrer ou pondérer une équation chimique, c'est utiliser des coefficients stœchiométriques adéquats pour qu'il y ait conservation des éléments chimiques et de charge électrique du côté des réactifs et des produits. Soit l'équation non-équilibrée: $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

L'équation équilibrée est: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

Soulignons que pour un même type de tâche T, il peut exister plusieurs techniques τ dont certaines peuvent être plus efficaces que d'autres selon le type de tâches proposé. Par exemple, pour notre type de tâche «équilibrer une équation chimique» possède plusieurs techniques: la méthode algébrique, la méthode des demi-réactions, la méthode de conservation des atomes et des charges...etc.

➤ **Technologie (θ)**

La technologie est le discours rationnel destiné à expliquer, valider et produire la technique pour réaliser la tâche (le « pourquoi »). En réalité une technologie est chargée de deux fonctions, une fonction de justification de la technique et une fonction explicative, «*...un discours rationnel (logos) sur la technique τ, discours ayant pour objet premier de justifier rationnellement la technique τ, en nous assurant qu'elle permet bien d'accomplir les tâches du type T, c'est-à-dire de réaliser ce qui est prétendu* » (Chevallard, 1999). Pour l'exemple cité: Comme technologie θ pouvant légitimer les techniques utilisées dans la réalisation de la tâche t, on peut citer la méthode générale: La loi de la conservation de la masse (ou la loi de Lavoisier): Dans une réaction chimique, la masse totale des produits est toujours égale à la masse totale des réactifs.

➤ **Théorie Θ**

La théorie apportant une justification de niveau supérieur aux assertions que contient le discours technologique, le rendant compréhensible et le produisant, C'est aussi un discours rationnel qui a pour objectif de légitimer et de justifier la technologie. «*A son tour, le discours technologique contient des assertions, plus ou moins explicites, dont on peut demander raison. On passe alors à un niveau supérieur de justification-explication-production, celui de la théorie...* » (Chevallard, 1999). Pour l'exemple cité: Une théorie Θ pouvant être à l'origine de la technologie d'équilibrer les équations chimiques est la théorie générale des équilibres chimiques (Réactions chimiques en solution aqueuse, les équilibres acido-basiques, les équilibres de précipitation, les équilibres de complexation...). L'étude praxéologique réalisée dans l'exemple ci-dessus est décrite dans le tableau ci-dessous:

Tableau 8: Etude praxéologique de la tâche T « Equilibrer une équation chimique »

Types de tâches T	T_i « <i>équilibrer une équation chimique</i> »
Techniques τ	<p><i>Dans ce cas, une technique τ standard pour réaliser la tâche t donnée consiste à procéder ainsi:</i></p> <p><i>Equilibrer ou pondérer une équation chimique, c'est utiliser des coefficients stœchiométriques adéquats pour qu'il y ait conservation des éléments chimiques et de charge électrique du côté des réactifs et des produits.</i></p> <p><i>L'équation équilibrée est:</i></p> $4 \text{NH}_3 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{NO} + 6 \text{H}_2\text{O}$
Technologie θ	<i>La loi de la conservation de la masse (ou la loi de Lavoisier): Dans une réaction chimique, la masse totale des produits est toujours égale à la masse totale des réactifs.</i>
Théorie Θ	<i>la théorie générale des équilibres chimiques (Réactions chimiques en solution aqueuse, les équilibres acido-basiques, les équilibres de précipitation, les équilibres de complexation...).</i>

➤ **Praxéologie ponctuelle, locale, régionale et globale**

Généralement, en une institution I donnée, « *Les organisations ponctuelles qui se regroupent autour d'une technologique déterminée sont nommées praxéologies locales, $[T_i, \tau_i, \theta, \Theta]$. Les praxéologies locales relatives à une même théorie, $[T_{ij}, \tau_{ij}, \theta_j, \Theta]$, sont connues comme des praxéologies régionales. Finalement, on nomme organisations globales, notées $[T_{ijk}, \tau_{ijk}, \theta_{jk}, \Theta_k]$, « le complexe praxéologique obtenu dans une institution donnée, par l'agrégation de plusieurs organisations régionales correspondant à plusieurs théories Θ_k » (Chevallard, 1999).*

On déduit alors, que l'amalgamation de plusieurs praxéologies ponctuelles créera une praxéologie locale, ou régionale ou globale, selon que l'élément amalgamant est, respectivement, la technologie, la théorie ou la position institutionnelle considérée.

Si tous les éléments du quadruplet $[T, \tau, \theta, \Theta]$ sont spécifiques à un unique type de tâche T_i , la praxéologie correspondante est qualifiée de *ponctuelle*. Mais Généralement, une théorie Θ répond de plusieurs technologies θ_j , dont chacune à son tour justifie et rend intelligibles plusieurs techniques τ_{ij} correspondant à autant de types de tâches T_{ij} .

Les *praxéologies ponctuelles* vont ainsi s'associer et s'intégrer, d'abord en *praxéologie locale* $[T_{ij}, \tau_{ij}, \theta, \Theta]$, centrées sur une technologie θ déterminée, ensuite les praxéologies locales s'associent et s'intègrent en *praxéologies régionales* $[T_{ij}, \tau_{ij}, \theta_j, \Theta]$ formées autour d'une théorie Θ , au-delà, on nommera praxéologie globale le complexe praxéologique $[T_{ijk}, \tau_{ijk}, \theta_{jk}, \Theta_k]$ obtenu, dans une institution donnée, par l'intégration de plusieurs *praxéologies régionales* correspondant à plusieurs théories Θ_k . Nous illustrons ces différents types de praxéologies par des exemples précis.

➤ **Exemple de praxéologie science physique ponctuelle**

3. Matériaux conducteurs et matériaux isolants

Sami souhaite savoir si certains matériaux conduisent ou non le courant électrique.

1. Donne la définition d'un conducteur.
2. Donne la définition d'un isolant.
3. Donne la liste de matériel dont tu as besoin pour réaliser cette expérience.
4. Dessine le circuit électrique avec les symboles normalisés pour tester un clou en fer.
5. Attribue à chaque numéro du tableau le mot qui convient (conducteur ou isolant).

Matériau	Allumette en bois	Bouteille en verre	Mine crayon en carbone	Clou en fer	Gobelet en matière plastique
La lampe brille-t-elle?	1	2	3	4	5

Exercice 3 «ALMOUFID en physique chimie 1^{er} AC, 2020, p.146»

Dans cet exercice la tâche T « Distinguer les matériaux conducteurs du courant et les matériaux isolants » sur un tableau support donné dans l'énoncé, l'accomplissement de cette tâche T , par les élèves, est guidé et rythmé par des ordres telles que: Donne, donne, donne, dessine, attribue, qui constituent autant de sous tâches dans lesquelles il est nécessaire de s'engager pour accomplir T , ces sous-tâches constituent la manière de faire la technique τ associée à T , et qui vont permettre d'accomplir T .

Cette technique ayant été décrite, il faut alors un instant, dans le texte de cet exercice, pour garantir que, s'engageant à suivre ce qui lui est demandé, l'élève parviendra effectivement à distinguer les matériaux conducteurs du courant et les matériaux isolants. C'est l'évocation des propriétés physiques de certains matériaux et la notion de circuit électrique domestique qui, tout à la fois, justifie que la mise en œuvre de la technique décrite permet d'obtenir la tâche demandée et rend compréhensible la technique engagée.

Les propriétés physiques de certains matériaux et les notions de circuit électrique domestique jouent ainsi le rôle de l'élément technologique θ qui justifie et explique la technique donnée pour réaliser la tâche demandée par l'exercice. Pour décrire complètement la praxéologie physique bâtie autour de ce type de tâche T «Distinguer les matériaux conducteurs du courant et les matériaux isolants», il est nécessaire de rechercher l'élément qui, à son tour, va justifier la technologie θ justifiant cette technique. Ce dernier terme du quadruplet, théorique et noté Θ , peut être évoqué sous la forme de l'ensemble des connaissances physiques et chimiques nécessaires dans une institution où est proposé l'exercice 3. Ces connaissances varient considérablement d'une institution à l'autre. L'étude de ce seul «Exercice» du manuel révèle ainsi l'organisation physique sous-jacente quadruplet $[T, \tau, \theta, \Theta]$, et qui peut être explicitée. Pour cet exercice, on remarque qu'elle s'organise autour d'un seul type de tâche T «Distinguer les matériaux conducteurs du courant et les matériaux isolants». Il s'agit alors d'une *organisation physique ponctuelle*.

➤ **Exemple de praxéologie science physique locale**

Considérons les deux questions suivantes Q_1 et Q_2 :

Q1 On prends un glaçon bien froid dans le congélateur. On attends qu'il fonde légèrement en surface. On le lance sur une table en verre, bien lisse et horizontale. Peut-on le lancer de manière à ce que son centre décrive une trajectoire courbe? Expliquez.



Q2 Un de vos amis est fan de saut, il veut retarder au maximum le moment où il va ouvrir son parachute, pour profiter de sa chute.

Quel conseil pouvez-vous lui donner pour maximiser son temps de chute, pour une même hauteur de vol de l'avion qui le largue? Répondez par une discussion sur les forces appliquées.

Figure 14: Exercices d'applications du principe d'inertie

Ces deux questions Q₁ et Q₂ révèlent deux tâches t₁ et t₂ qui peuvent être considérées comme relevant des types de tâches respectives suivantes:

T₁: Expliquez pourquoi le centre de glaçon ne décrive pas une trajectoire courbe?

T₂: Quel conseil pouvez-vous lui donner pour maximiser son temps de chute, pour une même hauteur de vol de l'avion qui le largue?

Les deux types de tâches T₁ et T₂ engagent des techniques issues toutes de l'application du principe d'inertie. Ces techniques sont étroitement dépendantes, pour leur mise en œuvre, de l'élément technologique θ «Principe d'inertie». L'agrégation des praxéologies physiques ponctuelles $[T_i, \tau_i, \theta, \Theta]$ avec $i \in \{1,2\}$ autour de l'élément technologique θ «Principe d'inertie», définit une organisation physique locale. Concernant l'élément théorique Θ relatif à cette organisation physique locale on peut reprendre les mêmes remarques citées dans le cas de la praxéologie ponctuelle donnée ci-dessus.

➤ **Exemple de praxéologie science physique régionale**

Considérons les éléments technologiques suivants:

- θ_1 = « Première loi de Newton (1687) ou principe d'inertie »: « *Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, et ne le contraigne à changer d'état* ».
- θ_2 = « Deuxième loi de Newton (1687) ou principe fondamental de la dynamique de translation »: « *Soit un corps de masse m (constante): l'accélération subie par ce corps dans un référentiel galiléen est proportionnelle à la résultante des forces qu'il subit, et inversement proportionnelle à sa masse m* ».
- θ_3 = « Troisième loi de Newton (1687) ou principe fondamental de la dynamique de translation »: « *L'action est toujours égale à la réaction; c'est-à-dire que les actions de deux corps l'un sur l'autre sont toujours égales et de sens contraires* ».

Les trois éléments technologiques θ_j pour $j \in \{1, 2, 3\}$ ci-dessus sont justifiés par l'élément théorique $\Theta =$ «*Théorie de Newton concernant le mouvement des corps*». Dans une institution I donnée, chacun des éléments technologiques θ_j , pour $j \in \{1, 2, 3\}$ peut engendrer n_j types de tâches T_{ij} et des techniques associées θ_{ij} . L'organisation science physique $([T_{ij}, \tau_{ij}, \theta_j, \Theta]_{1 \leq i \leq n_j})_{1 \leq j \leq 3}$ définit ainsi une praxéologie régionale autour de Θ .

➤ **Exemple de praxéologie science physique globale**

Reprenons la praxéologie science physique régionale $([T_{ij}, \tau_{ij}, \theta_j, \Theta]_{1 \leq i \leq n_j})_{1 \leq j \leq 3}$ établie dans le paragraphe précédent. Les éléments technologiques: $\theta_j, j \in \{1, 2, 3\}$, justifiés dans le cadre de

la théorie $\Theta_0 = \langle \text{Théorie de Newton concernant le mouvement des corps} \rangle$. Peuvent aussi être légitimés (ou certains d'entre au moins) dans d'autres cadres sciences physiques, nous citons à titre d'exemples: le cadre de la théorie de la gravitation universelle, le cadre de la théorie corpusculaire de la lumière, et ces considérations permettent de définir dans une institution I une organisation science physique globale $\left(\left([T_{ij}^k, \tau_{ij}^k, \theta_j^k, \Theta^k]_{1 \leq i \leq n_j^k} \right)_{1 \leq j \leq 3} \right)_k$.

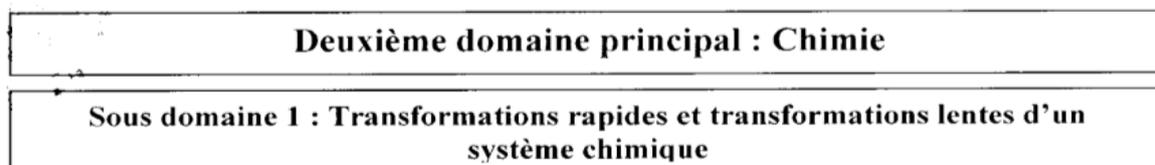
4-2 Praxéologie ou Organisation didactique

Dans l'analyse des rapports personnels, Yves Chevallard considère que l'insuffisance praxéologique disciplinaire se traduit, d'abord, par un manque de technique et peut-être surtout par la difficulté de répondre à la question: comment accomplir mieux les tâches de tel type T? Cette question apparaît comme « génératrice » de la praxéologie $[T, \tau, \theta, \Theta]$. Le type de tâches « Analyser rapports personnels » s'exprime par l'articulation entre quatre grands types de tâches. Par exemple, un objet O relatif aux rapports personnels, il s'agit « d'abord d'observer l'objet O (T_1), puis décrire et analyser l'objet O (T_2), ensuite d'évaluer l'objet O (T_3), enfin de développer l'objet O (T_4) » (Chevallard, 1998). Cette praxéologie didactique est aussi articulée en deux versants: praxis (pratico-technique) et logos (technologico-théorique).

La TAD propose la mise en place d'une praxéologie (ou organisation) didactique (OD) qui renvoie à la manière dont chacun des individus (élèves, enseignant...) d'une institution donnée organise les tâches sciences physiques. Elle met l'accent sur plusieurs questionnements comme: Comment étudier la praxéologie disciplinaire? Comment organiser les séquences d'enseignement? Quels sont les topos des individus? Comment élaborer les techniques? Les éléments de la TAD pour répondre à ces questions sont les notions de « programme d'étude », de « système didactique », de « topos » et de « moments didactiques », que nous développons par la suite.

➤ Programme d'étude

Pour modéliser l'étude dans les établissements scolaires, on est amené à préciser des œuvres Os avec lesquels les apprenants doivent entrer en rapport pour se « former ». Il convient pour cela d'identifier pour chaque œuvre Os un certain nombre de types de tâches T_1, T_2, \dots, T_n pour lesquelles les œuvres propose des réponses sous forme de praxéologies $[T_i, \tau_i, \theta, \Theta]$ avec $i \in \{1, n\}$ et que les apprenants sont censés à étudier. On fabrique ainsi un programme d'étude. Nous illustrons dans la figure ci-dessous un exemple de programme d'étude pour un objet de savoir chimie: Transformations rapides et transformations lentes d'un système chimique.



1- Transformations lentes et transformations rapides

- Ecrire l'équation de la réaction modélisant une transformation d'oxydoréduction et identifier les deux couples intervenants.
- Déterminer, à partir des résultats expérimentaux, l'influence des facteurs cinétiques sur la vitesse de réaction.

Figure 15: Cadres de référence Marocain, Bac science, Op. Français, 2015.

5- Système didactique

Le système didactique dans le sens large est un système de relations qui s'établissent entre trois éléments: le contenu d'enseignement, l'apprenant et l'enseignant. On représente souvent ces relations sous la forme d'un triangle didactique dont les trois éléments du système didactique forment les pôles: Ce qui caractérise le système didactique est la présence des trois pôles de ce triangle et les relations qu'ils entretiennent entre eux. On a vu que le système didactique se compose de trois éléments: l'apprenant, d'un point de vue didactique, est l'élève, mais envisagé dans sa dimension de sujet apprenant, à l'exclusion des autres dimensions du sujet scolaire. Précisons que le singulier d'apprenant désigne un élément du système didactique: il est rare que l'apprenant soit seul dans un système didactique scolaire; dans une réalité scolaire concrète, l'apprenant (abstrait) désigne donc ici l'ensemble des sujets réels en position d'apprenant. On peut par ailleurs, dans une définition plus large du système didactique, sortir de l'école: l'apprenant peut être alors tout sujet didactique en situation d'apprentissage — scolaire certes, mais aussi universitaire, professionnelle (c'est l'apprenant qu'envisagent les didactiques professionnelles) ou privée (dans toute relation où une personne reçoit un contenu transmis intentionnellement par une autre).

Dans la TAD, un système didactique est un triplé $SD(X, Y, T)$ constitué d'un ensemble X de personnes (équipe de chercheurs, élèves d'une classe, groupe d'enseignants...) qui étudient un type de tâches T . Au cours de cette étude, un autre groupe Y de personnes (enseignant(s), étudiant(s) d'un niveau supérieur à celui de X , parents ...), appelé « les aides à l'étude », peut intervenir pour aider les x de X à étudier T .

Le fonctionnement d'un système didactique $SD(X, Y, T)$ a pour but relativement au type de tâches T , de produire une organisation (ou praxéologie) $(T, \tau, \theta, \Theta)$ que les apprenants devront maîtriser. Le système didactique marocain est influencé par différents opérateurs, parmi les institutions responsables chargés de mettre en place, de coordonner, de suivre et d'évaluer le secteur de l'éducation nationale, le Ministère en tutelle et le Conseil supérieur (voir figure dessus).

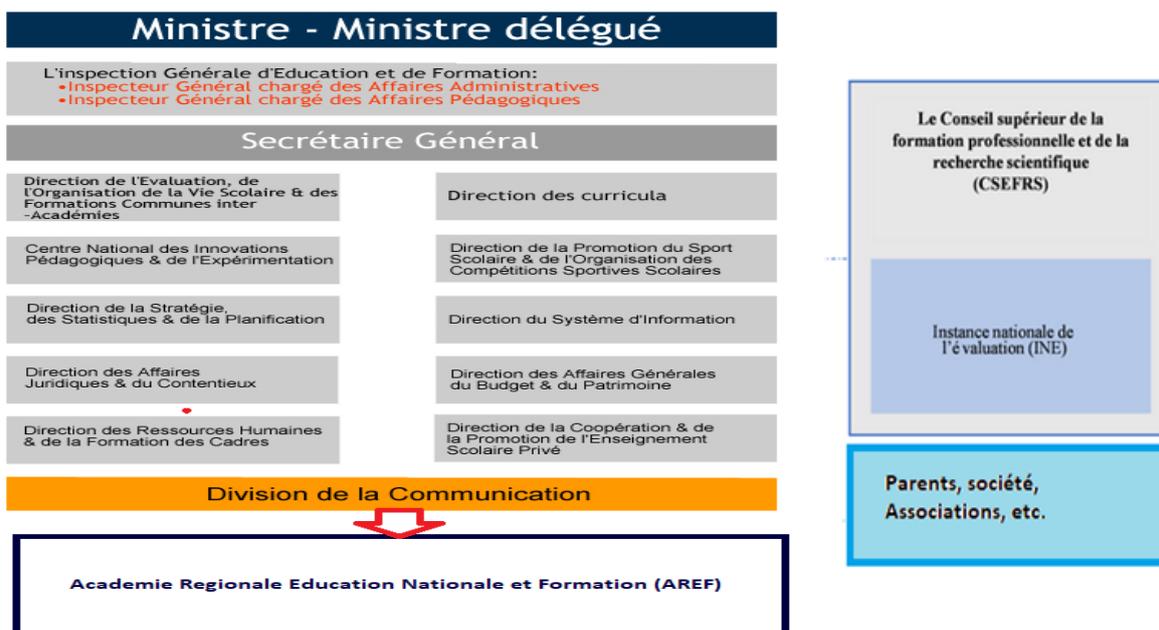


Figure 16: Institutions responsables du système éducatif et didactique au Maroc

➤ Notion de topos

Le mot topos vient du grec topos signifie “lieu”: Le topos [d’individu], c’est le “lieu” de [cet individu], sa “place”, l’endroit où, psychologiquement, [cet individu] éprouve la sensation de jouer, dans l’accomplissement de t [la tâche], “un rôle bien à lui”. Dans le cas d’une classe, on parlera du topos de l’élève et du topos du professeur. Ainsi, lorsqu’une classe de sciences physiques ou de chimie “fait un exercice”, ce qui est une tâche éminemment coopérative, la sous-tâche consistant à fournir l’énoncé de l’exercice revient, généralement, au professeur: elle appartient à son topos. La tâche consistant à produire — par exemple par manipulation, écrit, etc. — une solution de l’exercice relève, elle, du topos de l’élève, tandis que la tâche consistant ressortir au topos du professeur.

Chevallard (1998) affirme que: « *L’une des difficultés didactiques les plus ordinaires et les plus pressantes pour un professeur est celle qu’il rencontre pour « donner une place aux élèves », c’est à dire pour créer, à leur intention, et à propos de chacun des thèmes étudiés, un topos approprié, qui donne à l’élève le sentiment d’avoir « un vrai rôle à jouer ».* Les tâches didactiques, en effet, s’effectuent, dans un contexte, *coopératives*, en forme de *concert*, l’ensemble des gestes produites par chacun des acteurs constitue alors son rôle dans l’accomplissement de la tâche coopérative t, ces gestes (selon la position de l’acteur) étant à la fois différenciés et coordonnés entre eux par la technique τ mise en œuvre collectivement. L’ensemble de ces tâches et sous-tâches produites par un individu, lorsque t est accomplie selon τ , est nommé alors le topos de cet individu.

4-3 Évaluer une praxéologie

L’évaluation est un moment didactique fondamentale dans l’étude d’une praxéologie donnée (disciplinaire ou didactique) et un indice fort pour vérifier si une telle praxéologie répond convenablement aux critères préalablement définis et dont la satisfaction est supposée nécessaire pour un bon fonctionnement de la dite praxéologie d’une part, et pour qu’elle puisse atteindre les objectifs qui étaient à l’origine de sa construction d’autre part. Selon Chevallard (1998), évaluer une praxéologie physique, chimie et didactique consiste évaluer son quadruplet (4T), noté $[T/\tau /\theta/\Theta]$, en considérant des critères, comme: Identification, raison d’être, la fiabilité, la justification et la pertinence.

Pour évaluer chaque partie d’une praxéologie disciplinaire, Chevallard (1998) propose des critères:

- « *Critère d’identification: Les types de tâches T_i sont-ils clairement dégagés et bien identifiés? En particulier, sont-ils représentés par des corpus effectivement disponibles de spécimens suffisamment nombreux et adéquatement calibrés? Ou au contraire ne sont-ils connus que par quelques spécimens peu représentatifs? ».*
- « *Critère des raisons d’être: Les raisons d’être des types de tâches T_i sont-elles explicites? Ou au contraire ces types de tâches apparaissent-ils immotivés? ».*
- « *Critère de pertinence: Les types de tâches considérés fournissent-ils un bon découpage relativement aux situations mathématiques les plus souvent rencontrées? Sont-ils pertinents au regard des besoins mathématiques des élèves, pour aujourd’hui? Pour demain? Ou au contraire apparaissent-ils comme des « isolats » sans lien*

véritable –ou explicite- avec le reste de l'activité (mathématique et extra mathématique) des élèves? » (Chevallard, 1998).

- *«Critère de fiabilité: Les techniques proposées sont-elles effectivement élaborées, ou seulement ébauchées? Sont-elles faciles à utiliser? Leur portée est-elle satisfaisante? Leur fiabilité est-elle acceptable étant donné leurs conditions d'emploi? Sont-elles suffisamment intelligible? Ont-elles un avenir, et pourront-elles évoluer de manières convenables? ».*
- *«Critère de justification: le problème de sa justification est-il seulement posé? Ou bien cet énoncé est-il considéré tacitement comme allant de soi, évident, naturel, ou encore bien connu ("folklorique")? Les formes de justification utilisées sont-elles proches des formes canoniques en mathématiques(Ou physique)? Sont-elles adaptées à leurs conditions d'utilisation? Les justifications explicatives sont-elles favorisées? Les résultats technologiques rendus disponibles sont-ils effectivement et optimalement exploités? ».*

4-4 La dialectique nécessaire entre ostensifs et non-ostensifs

Les notions d'ostensifs et de non-ostensifs sont introduites dans la TAD pour décrire la *nature* et le *fonctionnement* qui composent les types de tâches, les techniques, les technologies et les théories des différentes organisations praxéologiques constitutives du savoir (science physique, chimique, etc.). L'observation de l'activité disciplinaire conduit à distinguer: les objets *ostensifs* réfèrent aux objets ayant une nature sensible, matériels et perceptibles; les objets *non ostensifs*, comme les idées, les notions, les intuitions ou les concepts, existent institutionnellement sans pourtant pouvoir être vus, dits, entendus, perçus ou montrés par eux-mêmes. *« On appelle ostensifs les objets qui ont pour nous une forme matérielle, sensible au demeurant quelconque. Un objet matériel (un stylo, un compas, etc.) est un ostensif. Mais il en va de même pour les gestes, les mots, les schémas, les dessins, les graphismes et les écritures et formalismes. [...] Le propre des ostensifs est de pouvoir être manipulés. [...] Au contraire des ostensifs, les non-ostensifs - soit ce que l'on nomme usuellement notions, concepts, idées, etc. - ne peuvent pas à strictement parler, être manipulés: ils peuvent seulement être convoqués à travers la manipulations d'ostensifs associés. » (Chevallard, 1994).* C'est ainsi qu'il y a une dialectique entre les ostensifs et les non-ostensifs qui considère les seconds comme des émergents de la manipulation des premiers et, en même temps, comme des moyens de guidage et de contrôle de cette manipulation. Nous utilisons ces notions lorsque nous analysons les organisations sciences physiques intervenant dans les programmes, les manuels ou dans les rapports personnels.

6- Niveaux de codétermination didactique

Au sein de la TAD, l'étude des conditions qui permettent, et des contraintes qui entravent, la mise en place et le développement des praxéologies didactiques et disciplinaire (science physique et chimie,...) constitue un axe de recherche fondamental de *l'écologie du didactique*, plus généralement, le système d'étude se doit *« d'identifier et d'organiser de manière optimale les conditions de l'étude sous l'ensemble profus des contraintes qui lui sont imposées, [et de prendre] en compte les différents niveaux de détermination didactique » (Chevallard, 2003).* Cette manière optimale en recourant à ce qu'on appelle l'échelle des niveaux de

codétermination didactique qui permettent de mettre en avant ce conditionnement multiple et de penser l'interdépendance des différents niveaux de conditions.

Cette échelle est hiérarchisée de la manière suivante, en allant du plus spécifique au plus général: *Sujet ou questions, Thème, Secteur, Domaine, Discipline* (où siègent les conditions spécifiques de l'enseignement d'un contenu particulier – pour nous, la science physique et la chimie), *Pédagogie, École, Société*, ainsi « *chaque niveau impose aux niveaux plus profonds des contraintes déterminées, tandis que ces niveaux exercent en retour sur les niveaux supérieurs une pression qui tend à modifier les contraintes y ayant leur siège* », les flèches dans la figure dessous indiquent que les niveaux interagissent l'un sur l'autre.

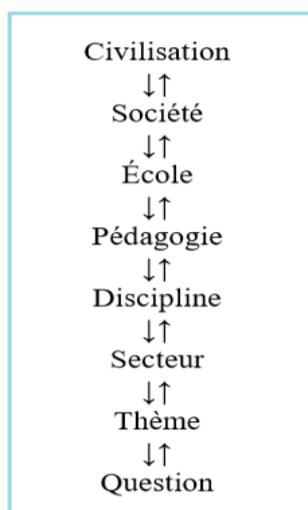


Figure 17: Echelle des niveaux de codétermination didactique

On retrouve, à travers ce schéma de la figure dessus, le modèle praxéologique $[T/\tau/\theta/\Theta]$. On y retrouve aussi l'agrégation des praxéologies sciences physiques, c'est-à-dire des organisations physiques qui, partant d'une organisation ponctuelle relative à un sujet donné, s'insèrent dans des organisations plus vastes: locales, régionales et globales pour désigner respectivement les thèmes, secteurs et domaines. L'ensemble des domaines constitue la discipline; à savoir les sciences physiques enseignées à un niveau déterminé. Les quatre derniers niveaux supérieurs déterminent les conditions et les contraintes venant de la pédagogie, de l'École, de la société et de la civilisation et qui interviennent dans l'organisation didactique (Matheron, 2010).

Pour exemplifier, le programme des sciences physiques de la classe tronc commun scientifique (1^{ère} année secondaire qualifiant) au Maroc est scindé en deux domaines d'étude qui sont intitulés: Mécanique (38h) et Electricité (38h). Le domaine mécanique est quant à lui divisé en 4 secteurs d'études nommés: Interactions mécaniques (7h), Mouvement (7h), Principe d'inertie (6h) et Equilibre d'un corps solide (18h) (*Praxéologie régionale*). Le dernier de ces secteurs se scinde à son tour en trois thèmes nommés: Force exercée par un ressort - Poussée d'Archimède, Equilibre d'un corps solide soumis à l'action de trois forces et Equilibre d'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe (*Praxéologie locale*). Pour terminer, le dernier thème d'étude se divise en plusieurs sujets d'étude impliquant un certain nombre de types de tâches différents, dont faire calculer le moment d'une force, calculer le moment d'un couple de forces, appliquer la deuxième condition d'équilibre et utiliser le moment du couple de torsion (*Praxéologie ponctuelle*).

L'échelle des niveaux de codétermination du didactique nous offre un outil intéressant pour interpréter les organisations disciplinaires et didactiques pour repérer de quel niveau (sujet, secteur, thème, domaine) émane: la désarticulation, l'incomplétude et la rigidité des praxéologies disciplinaires scolaires dans l'enseignement et la perte des raisons d'être des sciences physiques ou de chimies enseignés qui en résulte. Bosch & Chevallard (1999) admettent l'existence d'indices caractéristiques du degré de *complétude* d'une *praxéologie*, dont le manquement met en évidence certains aspects de *rigidité* de ces *praxéologies* et leur limite à s'articuler et à s'intégrer dans des praxéologies de niveau supérieur. Les principaux de ces indices étant (Bosch et al, 2004):

1. Intégration des types de tâches composant la praxéologie disciplinaire ponctuelle (PDL), soit par un discours technologique, soit par le développement successif des techniques associées;
2. Existence de techniques alternatives associées aux types de tâches des (PDL) et présence d'éléments technologiques permettant de mettre en question ces techniques, d'analyser leurs équivalences ou leurs différences et d'effectuer un choix approprié parmi plusieurs techniques pour réaliser une tâche donnée;
3. Indépendance des techniques par rapport aux objets ostensifs (symboles physique ou chimique) à leur description et à leur application, et importance du choix et de la gestion des ostensifs dans la réalisation de la tâche donnée;
4. Existence de techniques réversibles permettant de résoudre une tâche et la tâche inverse;
5. Possibilité d'interpréter le fonctionnement des données et/ou des techniques et de leurs résultats, ce qui attribue plus de fonctionnalité au discours technologique;
6. Existence de tâches disciplinaires ouvertes, où les données, les inconnues et/ou le mode de raisonnement à adopter ne sont pas préétabli ou indiqués complètement à l'avance;
7. Incidence des éléments technologiques associés aux praxéologies disciplinaires ponctuelles (PDL) sur la pratique scientifique, comme la génération de nouveaux types de tâches et de techniques (Par le biais, entre autres moyens, d'un changement de cadre de travail ou de système de représentation.

7- Description des praxéologies de références

Pour les recherches d'Enseignement et d'Apprentissage dans un environnement informatique, les objets à enseigner sont souvent représentés informatiquement pour doter d'outils de calcul afin de produire des diagnostics, des rétroactions vers l'élève ou l'enseignant,... (Chaachoua, 2010). Le modèle praxéologique a été utilisé pour représenter les connaissances des élèves par des organisations disciplinaires (OD) personnelles et les objets à enseigner par les (OD) à enseigner. Une organisation disciplinaire (OD) à enseigner constitue un modèle praxéologique du curriculum disciplinaire (mathématique, science physique,...) obtenu à partir d'une analyse des programmes et des manuels. L'identification de ces (OD) à enseigner passe donc par la caractérisation des types de tâches institutionnels et peut être vue comme une «reconstruction» du chercheur. Pour des raisons problématiques, la construction alors d'un modèle praxéologique de référence (MPR) regroupant les praxéologies à enseigner, enseignées mais également enseignables, devient un choix de modélisation didactique pertinente pour répondre à ces questions problématiques. Ce modèle rend ainsi possible l'analyse de ce qui a cours dans différentes instances d'un système d'enseignement (comme les manuels ou le cours d'un enseignant), permet de rendre compte de la variété des OD à enseigner, de repérer et donc de

pallier les manques éventuels. Il sert aussi de référence pour analyser les praxéologies apprises et en particulier pour les situer au regard des praxéologies enseignées.

La conception de ce modèle de praxéologie de référence MPR se fait généralement à partir des OD savantes qui légitiment le processus d'enseignement. Mais, le MPR ne coïncide pas nécessairement avec les OD savantes; cependant, il se formule dans des termes proches et pour des considérations méthodologiques, l'institution d'enseignement constitue le point de départ de sa conception ne serait-ce que par réalisation d'une enquête sur les types de tâches explicités dans les programmes. Ainsi, selon Bosch et Gascón (2005) l'élaboration d'un MPR se compose de plusieurs étapes: Identification d'une OD à enseigner à partir des programmes et des manuels, complétion du modèle en s'appuyant sur une enquête épistémologique, cognitive et didactique, description du MPR et reconstruction, enfin validation par confrontation à des données empiriques éventuellement suivie d'un retour sur le modèle (Bosch & Gascon, 2005).

On construit par la suite une carte d'organisations disciplinaires de référence en prenant en compte une institution qui soit la plus large possible, par exemple le lycée ou l'enseignement universitaires. De plus, on introduit les organisations disciplinaires physiques ODP pouvant exister dans l'institution considérée. A partir de cette carte on peut en extraire d'autres qui correspondent OD à enseigner à un niveau donné. Les ODP sont renseignées par certaines informations comme: si elles sont enseignées ou non, si oui à quel(s) niveau(x), leurs raisons d'être (par rapport à d'autre ODP)... Ces renseignements nous permettent de construire des cartes praxéologiques pour un niveau scolaire donné ou étudier la dynamique de la mise en place des différentes praxéologies selon les niveaux scolaires, nous utilisons cette construction de carte de référence pour la modélisation générique à l'aide des praxéologies (Chaachoua, 2010).

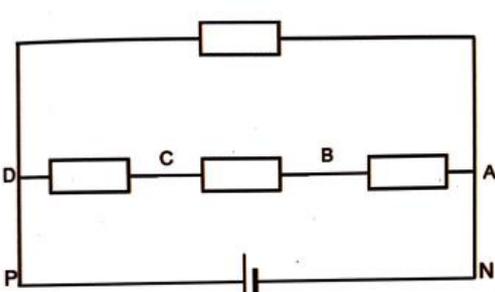
8- Description des praxéologies institutionnelles

Parmi les fondements de la théorie Anthropologique du Didactique (TAD) la notion de *rapport au savoir*, en effet dans l'un des textes fondateurs de cette théorie, Chevallard introduit la notion de *rapport institutionnel* à un *objet O*. Cette notion détaille ce qui se fait dans une institution I donnée avec l'objet du savoir O, comment cet objet y est mis en jeu (Chevallard, 1989). Du point de vue TAD, *le rapport institutionnel* regroupe tous les *conditions* et les *contraintes* sous lesquelles se crée, se forme et évolue «*toutes les interactions, sans exception, que X peut avoir avec l'objet O—que X le manipule, l'utilise, en parle, y rêve, etc.*».

Pour des raisons problématiques et méthodologiques la description du rapport institutionnel dans sa globalité nécessiterait un modèle praxéologique institutionnelle qui permettrait de construire l'organisation disciplinaire (OD) des institutions où l'objet pourrait avoir potentiellement une interaction. Ce modèle PI se fait directement à partir des OD institutionnelle en considérant l'énoncé de la tâche prescrite et le contexte institutionnel de prescription, d'une manière générale l'institution de l'enseignement I organise l'étude des organisations disciplinaires (OD) tout le long de la scolarité. Mais à un niveau scolaire donné on se limite à un petit nombre d'organisations ponctuelles comme le précise Chevallard: «*en une institution I donnée, à propos d'un type de tâches T donné, il existe en général une seule technique, ou du moins un petit nombre de techniques institutionnellement reconnues, à l'exclusion des techniques alternatives possibles—qui peuvent exister effectivement, mais alors en d'autres institutions.*» (Chevallard, 1999).

Le choix de la technique ne se pose pas: soit on donne à l'élève la possibilité de reconnaître la spécificité de l'énoncé de la tâche prescrite soit par le contexte associé à la tâche que la technique est induite. L'énoncé est une mise en texte de la tâche physique en ajoutant éventuellement des indications sous forme de couleurs ajoutées à des éléments d'un dessin, des données supplémentaires ou des questions qui prennent en charge partiellement ou complètement les étapes de la technique attendue. Considérons les deux exercices ci-dessous:

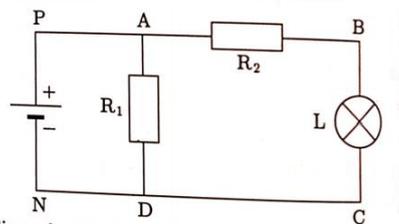
6 Mesure d'une tension à l'aide d'un oscilloscope.
On considère le circuit représenté ci-dessous :



Pour mesurer la tension U_{BC} , on utilise un oscilloscope .

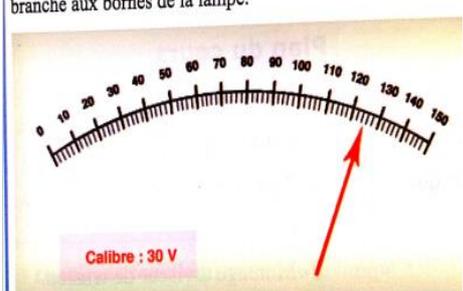
- Indiquer sur le schéma le branchement de l'oscilloscope.
- On règle l'oscilloscope sur la sensibilité verticale $S_y = 2V/div$, déterminer la valeur de la tension U_{BC} , sachant que la ligne lumineuse se déplace vers le bas de 5 divisions.
- Sachant que la tension $U_{AB} = U_{CD} = -5,5V$, calculer la valeur de la tension U_{PN} .

5 Mesure d'une tension à l'aide d'un voltmètre.
1. On considère le circuit représenté ci-dessous :



- Indiquer le sens du courant dans les différentes branches du circuit.
- Placer le symbole du voltmètre sur le schéma du circuit pour mesurer la tension U_{BC} , en précisant son branchement dans le circuit.

2. La figure ci-dessous représente le cadran d'un voltmètre branché aux bornes de la lampe.



- Déterminer la tension U_{BC} mesurée par ce voltmètre .
- Sachant que la classe de l'appareil est 1,5, déterminer l'incertitude absolue ΔU et donner l'encadrement de la tension U_{BC} .
- Calculer l'incertitude relative.

Figure 18: « AL moufid Physique Chimie, Tronc commun Scientifique Et Technique, 2021, p. 122-123 »

Nous avons deux énoncés des tâches prescrites dans un même manuel scolaire «AL moufid Physique Chimie, Tronc commun Scientifique Et Technique, 2021 », Chacun indique la technique attendue, on peut leur associer la même tâche physique: T « Mesurer la tension électrique ». Dans ce modèle praxéologique institutionnel, les tâches sont regroupées autour d'un type de tâches T qui peuvent être accomplies au moyen d'une technique. La délimitation des tâches pose problème comme le souligne (Bosch et Chevallard, 1999), « *le problème de la délimitation des tâches dans une pratique institutionnelle donnée reste ouvert et variera selon que l'on adopte le point de vue de l'institution où se déroule la pratique ou bien celui d'une institution extérieure d'où l'on observe l'activité et pour la décrire dans un but précis* ».

Du côté de l'institution, les types de tâches sont souvent définis par le type de réponse attendue et plus précisément, par des caractéristiques de la réponse. Par exemple le type de tâches T « Mesurer la tension électrique » renvoie à un genre de tâche « mesurer » qui impose que la

réponse doit respecter les règles de la manipulation expérimentale, en particulier, l'approche expérimentale et les règles de la mesure en utilisant des appareils. La caractérisation des réponses par la définition des types de tâches T est déterminante et insuffisante lors du choix de la technique τ , justifiée par une technologie θ qui elle-même justifiée par une théorie Θ . Le quadruplet $[T/\tau/\theta/\Theta]$, constitue une praxéologie ponctuelle. Ainsi, à chaque type de tâches est associé plusieurs $(1, 2, \dots, n)$ organisations disciplinaires ponctuelles $(T, \tau_k, \theta_k, \Theta_k)$. Ces différentes organisations ponctuelles ne sont pas mises en place en même temps, et l'institution de l'enseignement I organise ses études durant de la scolarité.

9- Description des praxéologies personnelles

Le modèle praxéologique a été introduit pour décrire le rapport personnel, y compris, parfois, quand celui-ci n'est pas conforme ou inadapté au rapport institutionnel de référence, en particulier ses connaissances erronées (Croset et Chaachoua, 2016). De plus, il s'agit d'un cadre adéquat pour une implémentation informatique ce qui a été retranscrit dans les travaux d'Hamid Chaachoua et al (2013) en mathématiques. La caractérisation de ces praxéologie (organisation) personnelles apprises par l'apprenant permet d'identifier les technologies dominantes mobilisées, elle apporte aussi des explications sur les techniques utilisées par les élèves et les étudiants qu'elles soient conformes, erronées ou inadaptées pour une l'institution (Pilet, 2012). Nous illustrerons dans ce qui suit l'évolution de ce modèle pour décrire aussi bien les connaissances correctes, qu'elles soient attendues ou non par l'institution, que les connaissances erronées.

8.1 Première évolution entre 1987 et 1997

Durant cette période des travaux de recherches se sont intéressés à l'étude de rapports personnels des élèves ou des enseignants ainsi qu'à leur conformité au rapport institutionnel, Géralde Bronner et Chaachoua s'intéressent au sujet « *Enseignant* ». Ils décrivent leurs rapports personnels en termes d'attentes et de contrats institutionnels ou didactiques. En plus Bronner étudie aussi les rapports personnels des sujets, il utilise le terme de « *théorèmes-en-acte* » pour modéliser les connaissances des élèves à l'aide du triplet « *problème, règles d'actions, signifiants* ».

Brigitte Grugeon-Allys élabore une grille d'analyse multidimensionnelle qui se décline en six composantes, elle l'utilise aussi bien pour le rapport personnel d'élèves que pour analyser le rapport institutionnel. Pour Assude, il a utilisé à un niveau macro pour mettre en exergue la ou les cultures institutionnelles afin d'expliquer les contradictions repérées dans les productions d'enseignants en les rattachant à des institutions différentes car la théorie anthropologique du didactique, à ce stade de son évolution, n'offre pas des outils méthodologiques pour décrire les différents rapports aux savoirs. Ainsi, (Assude et al, 2007) proposent de classer les techniques mises en œuvre suivant les rapports personnels que les élèves entretiennent avec celles-ci:

- *Techniques invisibles*: l'apprenant est dans un rapport d'action, il produit une réponse à la tâche;
- *Techniques faibles*: l'apprenant est non seulement dans un rapport d'action mais aussi dans un rapport de formulation, c'est-à-dire il produit une réponse on manipulant des outils symboliques et des représentations langagiers normalisés;

- *Techniques fortes*: l'apprenant est dans un rapport d'action, dans un rapport de formulation et éventuellement dans un rapport de validation, il manipule des représentations et il justifie aussi cette technique, il formule un discours rationnel sur la pertinence des représentations utilisées, qui sont des systèmes de notations et les notions associées et la justification devient travail de la consistance d'une théorie.

L'utilisation de cette classification des techniques est dialectique entre l'existence et l'absence des éléments technologico-théoriques associés. D'autres auteurs ont cherché à situer le modèle des conceptions par rapport à la notion de rapport personnel au savoir.

8.2 Deuxième évolution entre 2000 et 2010

Cette deuxième partie d'évolution du modèle praxéologie personnel que nous proposons de distinguer se situe donc après l'introduction du quadruplet praxéologique $[T, \tau, \theta, \Theta]$ par Bosch et Chevallard (1999) pour décrire le rapport institutionnel, rapport qui contraint le rapport personnel d'un sujet à un objet de savoir, les travaux ont pour caractéristique d'être, pour la plupart, des études de comparaisons d'institutions ou des études sur des transitions institutionnelles (Bessot & Comiti, 2013), l'apprenant est étudié pour mieux comprendre les institutions auxquelles il est assujéti et faire évoluer ou tester de nouvelles praxéologies scolaires. Cette période est donc bien caractérisée par l'utilisation du modèle praxéologique pour décrire les rapports au savoir.

8.3 Troisième évolution entre 2009 jusqu'à présent

Cette 3^{ème} période est caractérisée par l'étendue du modèle praxéologique à la description du rapport personnel, y compris, parfois, quand celui-ci n'est pas en conformité avec le rapport institutionnel. Les travaux étudiés pour cette période sont ceux de Croset et al (2016), Chaachoua (2010), (Wozinak, 2012) et Pilet (2012). Nous les considérons comme des contributions d'élargissement de l'utilisation du quadruplet praxéologique même si ce n'était pas un enjeu de recherche pour ces auteurs; ils ont été menés isolément et avec des inclinations distinctes. Des chercheurs intègrent l'erreur au niveau de la technique du modèle praxéologique sans la prendre en compte au niveau de la technologie, en effet le travail cherche à relier l'origine des erreurs à des choix institutionnels.

Quant à Romo-Vazquez, elle interroge comment des praxéologies issues d'une institution théorique sont transposées au sein d'une institution professionnelle. Pilet cherche à identifier les éléments qui interviennent donc dans les techniques personnelles, ce qui lui permet d'identifier quelle est l'organisation locale mobilisée par l'élève et si cette organisation est articulée ou non avec une autre organisation locale. Si l'erreur est présente dans le volet technique, elle ne l'est toujours pas dans le volet technologique. Le travail de Dhieb, en revanche, remonte jusqu'au volet de la technologie personnelle en intégrant l'erreur à travers les théorèmes en acte et définition en acte emprunte de la théorie du champ conceptuelle. Wozniak propose de classer les praxéologies mises en œuvre suivant les rapports que les élèves entretiennent avec. Pour cela, il propose de classer les praxéologies selon le type de technique mise en jeu on:

- *Une praxéologie muette* lorsqu'elle se donne à voir uniquement à travers sa composante praxis et seule la technique mise en œuvre dans un rapport d'action est visible;

- *Une praxéologie faible* laisse entrevoir la composante logos au travers des ostensifs associés à la technique mise en œuvre mais le discours technologique reste limité à la seule description de la technique dans un rapport de formulation non encore abouti;
- *Une praxéologie forte* met en œuvre dialectiquement les deux composantes praxis et logos dans des rapports d'actions, de formulation et de validation

9- Conclusion

Pour achever, nous avons présenté les concepts élémentaires de la théorie anthropologique du didactique (objet, institution, personne, rapport,...) développée par Yves Chevallard (1992) et les relations qu'elles entretiennent. A partir de notre problématique qui concerne le rapport au savoir, ici les sciences physiques, nous avons choisi le modèle praxéologique dans la TAD dont l'utilisation a été étendue à la description du rapport personnel à objet de savoir, Nous appelons praxéologie disciplinaire et didactique le quadruplet $[T/\tau/\theta/\Theta]$: type de tâches ou tâche, technique, technologie, théorie, composant deux parties: savoir-faire « praxis » et savoir « logos », nous avons choisis de graduer les praxéologies entre praxéologies complètes et incomplètes. Ceci nous permettra d'analyser le savoir mis en jeu dans le programme officiel et dans le manuels scolaire lorsque les types de tâches relèvent de la discipline, le rapport personnel à un objet de savoir, ainsi que dans les activités d'un sujet institutionnel lorsque les types de tâches relèvent de la didactique.

Partie II: Recueil et exploitation des données

Chapitre 1: Analyse d'une praxéologie de référence du concept champ magnétique

Chapitre 2: La praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant: Cas des réactions acido-basiques

Chapitre 3: Transposition didactique et analyse praxéologie institutionnelle: Cas du manuel scolaire

Chapitre 1: Analyse d'une praxéologie de référence du concept champ magnétique

1- Introduction

Les difficultés inhérentes à l'enseignement et l'apprentissage des sciences chez les élèves ne cessent de préoccuper enseignants et chercheurs, et ce, dans la plupart des pays. L'évolution marocaine des curriculums et les changements des approches d'enseignement (par objectifs, par compétences, etc.) qui ont marqué les programmes d'enseignement au secondaire qualifiant depuis la Charte Nationale d'Education et de Formation (Octobre 1999) ne semblent pas parvenir à atténuer les difficultés ressenties.

Une revue de littérature montre l'existence des difficultés concernant la compréhension et l'utilisation du concept de champ magnétique chez les élèves et les étudiants. Ces difficultés sont semblables dans l'ensemble et ne dépendent pas, en apparence, du contexte d'enseignement ni de niveau scolaire, « *L'envie d'apprendre les sciences* » commence par un constat: « *les études scientifiques n'attirent plus les jeunes !* », et cette situation est loin d'être une spécificité française » (Venturini, 2007).

Selon Venturini et al. (2000), les étudiants de licence ont des difficultés à donner un sens physique aux concepts fondamentaux de l'électromagnétisme (champ magnétique, flux magnétique et induction) et à établir des liens entre eux. L'étude des conceptions sur les phénomènes magnétiques de certains des élèves marocains interrogés par Maarouf et al. (1997) montre qu'ils ont une représentation de l'aimantation qui est « *causale linéaire* ». Ces deux auteurs ont constaté également une représentation conçue à partir des interactions magnétiques, attribuant au magnétisme « *Le statut d'une chose abstraite (force magnétique)* ». Ainsi Tarisco et al. (1998) ont examiné les modèles mentaux utilisés par des lycéens, des professeurs de physique, des techniciens et des ingénieurs anglais spécialistes en électricité, leurs résultats montrent que la notion de champ magnétique reste donc confuse et l'interaction magnétique n'est que rarement explicitée.

Cette brève synthèse de revue de littérature met en évidence l'existence de difficultés importantes liées à l'utilisation du concept de champ magnétique chez les élèves et les étudiants dans le contexte scolaire. C'est pourquoi nous avons choisi de réaliser une analyse praxéologie de référence du concept champ magnétique dans le programme scolaire Marocain (Orientation pédagogique, 2007, 2017), qui constitue un moyen de rendre compte l'organisation science physique(OP) et l'organisation didactique(OD). Du point de vue de la transposition didactique, Bosch et Gascon (2004) avancent deux postulats:

- 1- On ne peut comprendre ni expliquer l'organisation praxéologie (OP) apprise sans comprendre et expliquer les (OP) des étapes antérieures,
- 2- L'unité d'analyse des processus didactiques doit contenir une organisation didactique qui permette de mettre en place, au moins, une organisation praxéologie locale (OPL).

Le but donc de cette étude vise à décrire et analyser l'organisation de la discipline physique(OP) dans le programme scolaire officiel, en tenant compte du concept particulier du champ magnétique, pour comprendre et expliquer comment contribuent les choix institutionnels d'enseignement dans la mise en place des difficultés d'apprentissage chez les élèves du

secondaire qualifiant marocain. Ce programme scolaire de l'enseignement des sciences physiques et chimiques est édité en novembre 2007 par la direction des curricula au Ministère de l'Education Nationale du Royaume du Maroc. Il définit les fondements et les contenus de l'éducation dispensée, la quantité de temps disponible pour chaque type d'enseignement, les caractéristiques des établissements d'enseignement, la pédagogie, les coefficients, les ressources et les supports didactiques pour l'apprentissage, l'expérimentation, les profils de l'évaluation, etc. Autrement dit, le programme définit pourquoi, quoi, quand, où, comment et avec qui/à qui apprendre les sciences physiques et chimiques. Ainsi notre analyse s'oriente vers la 1^{ère} année du baccalauréat pour les filières générales scientifiques, technologiques et professionnelles. Les concepteurs du programme proposent de commencer l'enseignement des phénomènes magnétiques générales et le champ magnétique en particulier, pour cela ces décideurs dressent un tableau dans lequel ils mettent les compétences exigibles en termes de savoir, de savoir-faire d'activités et de contenu, le tableau est commenté par des instructions se forme d'orientations didactiques. Cette organisation officielle s'inscrit dans une perspective scientifique, stratégique et qui permet aux élèves de construire, de s'approprier le concept du champ magnétique et la notion du champ vectoriel via des situations physiques bien choisi.

Pour analyser cette organisation officielle disciplinaire, nous utilisons le modèle praxéologie de référence, basée essentiellement sur la théorie anthropologique du Didactique (TAD), initiée par Yves Chevallard (1992), en tenant compte de objet de cette partie de notre recherche qui s'intéresse à décrire et analyser l'organisation de la discipline physique(OP) dans le programme scolaire d'enseignement et qui prévoit à identifier dans ces choix officiels une insuffisance éventuelle et à la caractériser, nous avons trouvé approprié de nous situer dans l'approche anthropologique du didactique. Nous utilisons les indicateurs de 1 à 7 relatif à la non-rigidité et la complétude des praxéologies cités le modèle théorique pour analyser l'organisation physique relative au champ magnétique. Pour ce faire, nous présentons dans la section suivante notre méthodologie et les résultats de notre travail. Nous terminons par expliquer comment interviennent les choix institutionnels concernant l'enseignement et l'apprentissage du champ magnétique au secondaire qualifiant dans l'installation de discontinuités et de ruptures dans la construction cognitives de l'élève.

2- Méthodologie

Cette étude vise donc, à décrire et analyser les fondements mets en jeux pour comprendre l'organisation des sciences physiques (OP) à fin d'identifier dans ces choix une insuffisance éventuelle et à la caractériser, en tenant compte du concept particulier du champ magnétique et de la manière dont il été met en œuvre dans le programme. Nous donnons dans cette section un aperçu sur l'institution secondaire qualifiant Marocaine et nous présenterons ce que disent le programme à propos de concept champ magnétique, ensuite nous présentons les organisations sciences physiques mises en place.

3- Aperçu sur l'institution secondaire qualifiant Marocaine

Au Maroc, l'enseignement secondaire qualifiant (se ramifie en cinq filières: Scientifiques, Techniques, Professionnel, littéraires et originelles) est organisé dans deux cycles, un cycle de tronc commun d'une durée d'une année et un cycle du baccalauréat d'une durée de deux années et comprenant les cinq filières principales. Le cycle du tronc commun, ouvert aux élèves titulaire du brevet d'études collégiales, dans lequel les élèves recevront d'abord des modules

communs puis, à la fin de l'année et avec l'appui des conseillers d'orientation, ils effectueront des choix de branches préparant à une orientation progressive adéquate. Le cycle du baccalauréat, d'une durée de deux années, est ouvert aux élèves issus du tronc commun et comprend les filières principales, étant entendu que chaque filière est composée de plusieurs branches et que chaque branche comporte des disciplines obligatoires et des disciplines à option.

Au lycée qualifiant, seuls les élèves des filières scientifiques, techniques et professionnelles reçoivent un enseignement de sciences physiques (entre 3 et 7 heures par semaine selon les filières). On peut considérer ainsi, le programme discipline physique chimie définit les compétences exigibles en termes de savoirs, de savoir-faire et les exemples d'activité, nous présentons dans la figure 20 et le tableau 9 ces-dessous un extrait de cette organisation avec les orientations didactiques officielles, notons que cette organisation est éditée en langue arabe.

التوجهات التربوية العامة والبرامج الخاصة بتدريس مادة الفيزياء والكيمياء بالتعليم الثانوي التاهيلي 2007

المحتوى	أنشطة مقترحة	معارف ومهارات
<ul style="list-style-type: none"> معرفة تحديد اتجاه ومنحى المجال المغنطيسي بواسطة ابرة ممغنطة معرفة مميزات متجهة المجال المغنطيسي معرفة بعض أشكال الأقطاب المغنطيسية معرفة مركبي المجال المغنطيسي الأرضي. 	<ul style="list-style-type: none"> إنجاز دراسة وثائقية حول تاريخ المغنطيسية والكهرمغنطيسية. إنجاز تجربة المغنطيس المكسر. مقارنة مجالين مغنطيسيين. الإبراز التجريبي للمجال المغنطيسي الأرضي. 	<p>3. المغنطيسية: (جميع الشعب).</p> <p>3.1. المجال المغنطيسي</p> <ul style="list-style-type: none"> تأثير مغنطيس وتأثير تيار كهربائي مستمر على ابرة ممغنطة - متجهة المجال المغنطيسي - أمثلة لخطوط المجال - المجال المغنطيسي المنتظم. ترابك مجالين مغنطيسيين-المجال المغنطيسي الأرضي.
<ul style="list-style-type: none"> معرفة العلاقة بين B و I وتطبيقها. 	<ul style="list-style-type: none"> الإبراز التجريبي للمجال المغنطيسي المحدث من طرف تيار مار في: <ul style="list-style-type: none"> موصل مستقيم؛ موصل دائري؛ ملف لولبي؛ مقارنة المجال المغنطيسي الخارجي لملف لولبي بمجال قضيب ممغنط. الدراسة التجريبية لمميزات المجال المغنطيسي المحدث من طرف ملف لولبي. 	<p>3.2. المجال المغنطيسي المحدث من طرف تيار كهربائي.</p> <ul style="list-style-type: none"> تناسبية قيمة B مع شدة التيار الكهربائي في غياب أوساط مغنطيسية. المجال المغنطيسي المحدث من طرف تيار مستمر مار في: <ul style="list-style-type: none"> موصل مستقيم- موصل دائري ملف لولبي
<ul style="list-style-type: none"> معرفة وتطبيق قانون لابلاص. معرفة مبدأ اشتغال: 	<ul style="list-style-type: none"> الإبراز التجريبي لقوة لابلاص استعمال قانون لابلاص للتفسير كفيًا تجارب مثل: 	<p>3.3. القوى الكهرمغنطيسية - قانون لابلاص</p> <p>اتجاه ومنحى وتعبير شدة قوة لابلاص</p>

التوجيهات

- يلاحظ التأثير المطبق على ابرة ممغنطة صغيرة كأداة تجريبية لتقديم مفهوم المجال. وتعطى وحدة شدة المجال المغنطيسي. كما تقاس قيمته بمجس هول (التسلا متر).
- تعطى تعابير المجال المغنطيسي بالنسبة لتيار مستقيمي وفي مركز تيار دائري .
- تعطى الصيغة المتجهية لقوة لابلاص بالنسبة لشعبة العلوم الرياضية فقط لكن تحدد مميزاتها بالنسبة لجميع الشعب.
- يتم إبراز الدور الهام للقوى الكهرمغنطيسية التي يمكنها أن تحول بشكل شبه كلي الطاقة الكهربائية والعكس. كما تعتبر هذه القوى أساس اشتغال عدة مجموعات الكتروميكانيكية. ويتم توضيح هذا الدور بتمثيل قوى لابلاص على دارة بسيطة كما يسمح شغل قوى لابلاص (مثلا في حالة السكتين) بتوظيف مفهوم الشغل الذي تمت دراسته في الميكانيك.
- تعطى أهمية للمردود الكلي لهذا التحول وذلك باختيار مجموعة تجريبية ملائمة.
- يعتبر ظهور قوة كهرمحركة مثلا لظاهرة التحريض التي تمت دراستها بالإعدادي. لكن ينبغي الاقتصار فقط على ملاحظة الظاهرة لإبراز المزوجة.

Figure 19: Orientations de la discipline physique chimie, 2007, le magnétisme, p: 60-61

Tableau 9: L'orientation de la discipline physique chimie officielle édité en langue française

Contenu	Savoir et savoir faire	Exemples d'activités
<p>3. Magnétisme</p> <p>3.1. Champ magnétique.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Action d'un aimant, et d'un courant continu, sur une aiguille aimantée. ➤ Vecteur champ magnétique. ➤ Exemples de lignes de champ magnétique. ➤ champ magnétique uniforme. ➤ Superposition de deux champs magnétiques. ➤ Champ magnétique terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utiliser une petite aiguille aimantée pour déterminer la direction et le sens du champ magnétique dans une petite région de l'espace. ➤ Connaitre les caractéristiques du vecteur champ magnétique. ➤ Connaitre quelques aspects des spectres magnétiques. ➤ Connaitre les composantes du vecteur champ magnétique terrestre. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Etude documentaire sur l'histoire du magnétisme et de l'électromagnétisme. ➤ Comparaison de deux champs magnétiques. ➤ Mise en évidence expérimentale du champ magnétique terrestre.

4- Choix et critères d'analyse

Considérant que le concept champ magnétique est un objet de savoir qui illustre fortement les difficultés d'apprentissage, nous avons opté pour cette notion pour notre travail. Ce choix s'explique tout d'abord par le fait que, outre l'importance que jouent le concept champ magnétique en magnétisme, celle-ci est présente dans le programme d'étude de l'institution secondaire qualifiant. D'un autre côté, ce choix résulte du fait que notre parcours professionnel comme enseignant des sciences physiques nous a permis de constater les difficultés dans l'environnement praxéologique relatifs à l'enseignement des phénomènes magnétiques, et également des difficultés d'apprentissage chez les élèves liées à l'usage de ces concepts.

Pour étudier comment interviennent les choix institutionnels d'enseignement dans la détermination des conditions de l'enseignement et l'apprentissage, et en nous référant aux travaux antérieurs cités précédentes, nous nous intéressons particulièrement, dans nos analyses, aux deux facteurs suivants:

1. L'organisation praxéologique mise en place dans l'institution secondaire qualifiant pour l'enseignement et l'apprentissage du concept champ magnétique;
2. La non rigidité et la complétude des praxéologies physiques construites et possibilités de leur intégration.

Tenant compte de ces choix, nous analysons dans la section qui suit le rapport de l'institution secondaire qualifiant au concept champ magnétique fixé pour notre recherche et nous regardons comment évolue ce rapport lors de la transition du savoir à enseigner au savoir enseigner.

Le concept champ magnétique est présent dans le programme de sciences physiques de l'enseignement secondaire qualifiant avec une enveloppe horaire de 8, 12 et 17 heures respectivement pour les branches: professionnel, sciences expérimentales et technologies et sciences mathématiques, le concept champ magnétique joue un rôle important dans le développement des divers thèmes d'étude. Particulièrement, le champ magnétique produit par un courant électrique, la force électromagnétique de Laplace et ses applications, le couplage électrique-mécanique pour la filière sciences mathématiques. Ces concepts interviennent également dans l'étude de plusieurs thèmes d'électromagnétisme, d'onde lumineuse et de mécanique physique. Malgré cette importance, aucune organisation praxéologique et didactique pour l'enseignement de ces notions n'est prévue par le programme officiel. Celui-ci se limite à recommander d'introduire ces notions dans des activités documentaires sur l'histoire du magnétisme et de l'électromagnétisme et par l'observation d'une petite aiguille aimantée et d'éviter tout développement théorique à leur propos.

5- Caractérisation de l'OP de référence pour le type de tâches visés

La lecture anthropologique du programme selon l'approche praxéologique de référence consiste à décrire en termes de types de tâches et en termes de techniques nécessaires à la réalisation des tâches. Par inférence à partir des types de tâches et techniques, et par une analyse à l'échelle microscopique des propos du programme au sujet de champ magnétique, nous avons ensuite déterminé les technologies et les théories sous-jacentes qui légitiment les types de tâches et techniques mises en œuvre. L'organisation disciplinaire physique de référence se construit autour de cinq types de tâches:

1. T_1 : Identifier un champ magnétique;
2. T_2 : Représenter par un vecteur le champ magnétique;
3. T_3 : Identifier les lignes et le spectre de champ magnétique;
4. T_4 : Superposer deux vecteurs champs magnétiques;
5. T_5 : Identifier les composantes du vecteur champ magnétique terrestre.

Soulignons que les intitulés ci-dessus des types de tâches ne sont pas nécessairement les formulations utilisées dans l'enseignement au niveau du manuel scolaire ou dans la classe.

A chaque type de tâches T_i est associé une organisation ponctuelle (OPP) simple ou complexe que nous présenterons ci-dessous. Pour les décrire nous adapterons et nous compléterons le découpage des organisations ponctuelles à enseigner dégagées dans cette analyse du programme et des manuels en fonction de notre problématique de recherche. Pour les organisations complexes nous présenterons les praxéologies ponctuelles qui peuvent être potentiellement associées au type de tâches T_i bien que dans certaines institutions l'ensemble de ces organisations ponctuelles ne seront pas associées à T_i . Ainsi, généralement on peut avoir le schéma suivant: Soit l'organisation physique ponctuelle complexe (OPPC) de référence:

$$OPPC(T) = [T; \{OPP_1(T), OPP_2(T), OPP_3(T), OPP_4(T), OPP_5(T)\}; \theta_T] \quad (1)$$

L'organisation physique ponctuelle complexe OPPC(T) peut changer dans le temps selon l'institution (par exemple, deux manuels, deux professeurs ou deux classes différentes).

Organisation ponctuelle pour chaque type de tâches T_i

- Ainsi le premier type de tâches (**T_1 : Identifier un champ magnétique**) admet 3 organisations ponctuelles ce qui nous permet d'écrire:

$$OPPC(T_1) = [T_1; \{OPP_1(T_1), OPP_2(T_1), OPP_3(T_1)\}; \theta_{T_1}] \quad (2)$$

Tableau 10: Présente la caractérisation de l'OPP1(T_1) = ($T_{1.1}$, $\tau_{1.1}$, θ_1 , Θ)

$T_{1.1}$	Utiliser une petite aiguille aimantée ou une boussole.
$\tau_{1.1}$	On abandonne une petite aiguille aimantée, elle s'oriente dans une direction privilégiée. Si on la perturbe un peu, après avoir oscillé quelques instants elle revient dans sa position initiale.
θ_1	Technologie expérimentale (La terre se comporte comme un gigantesque aimant, ceci est dû aux mouvements de convection des roches terrestres en fusion autour de son noyau, on dit qu'ils créent un champ magnétique).
Θ	Magnétisme

Tableau 11: Présente la caractérisation de l'OPP2 (T_1) = ($T_{1.2}$, $\tau_{1.2}$, θ_2 , Θ)

$T_{1.2}$	Utiliser un fil parcouru par un courant continu.
$\tau_{1.2}$	Une aiguille aimantée se situe à proximité d'un fil qui peut-être parcouru par un courant. L'aiguille prend l'orientation due au magnétisme terrestre. Si on établit un courant continu dans le fil, on remarque que l'orientation de l'aiguille change.
θ_2	Technologie expérimentale d'Oersted: le fil parcouru par le courant modifie les propriétés magnétiques autour de lui, on dit qu'ils créent un champ magnétique.
Θ	Magnétisme

Tableau 12: Présente la caractérisation de l'OPP3 ($T_1 = (T_{1.3}, \tau_{1.3}, \theta_3, \Theta)$)

$T_{1.3}$	Lire un document sur l'histoire du magnétisme.
$\tau_{1.3}$	Comprendre comment la notion de champ magnétique a émergé historiquement.
θ_3	Technologie documentaire historique.
Θ	Magnétisme

- Pour le deuxième type de tâches (**T₂: Représenter par un vecteur le champ magnétique**), l'organisation praxéologie complexe admette 2 organisations ponctuelles donc:

$$OPPC(T_2) = [T_2; \{OPP_1(T_2), OPP_2(T_2)\}; \theta_T]$$

Tableau 13: Présente la caractérisation de l'OPP1($T_2 = (T_{2.1}, \tau_{2.1}, \theta_2, \Theta)$)

$T_{2.1}$	Représenter le champ magnétique par un vecteur
$\tau_{2.1}$	Le champ magnétique est un vecteur B. Il possède donc certaines caractéristiques d'un vecteur: Une direction: celle de l'axe de l'aiguille aimantée à l'équilibre. Un sens: du pôle sud de l'aiguille vers son pôle nord. Une valeur: B qui est donnée en Tesla (T).
θ_2	Technologie mathématique
Θ	Magnétisme

Tableau 14: Présente la caractérisation de l'OPP2($T_2 = (T_{2.2}, \tau_{2.2}, \theta_2, \Theta)$)

$T_{2.2}$	Utiliser des petites aiguilles aimantées placées au voisinage d'un aimant droit.
$\tau_{2.2}$	On place les petites aiguilles aimantées dans une zone d'espace, elle s'oriente toutes dans une direction privilégiée. Si on approche un aimant droit des aiguilles, leurs orientations changent et prennent chacune des directions et des sens bien déterminées différentes des autres. L'expérience incite à représenter le champ en un point par une grandeur vectorielle
θ_2	Technologie expérimentale
Θ	Magnétisme

- Pour le troisième type de tâches (**T₃: Identifier les lignes et le spectre de champ magnétique**), on admet 2 organisations ponctuelles donc:

$$OPPC(T_3) = [T_3; \{OPP_1(T_3), OPP_2(T_3)\}; \theta_T]$$

Tableau 15: Présente la caractérisation de l'OPP1($T_3 = (T_{3.1}, \tau_{3.1}, \theta_3, \Theta)$)

$T_{3.1}$	Déplacer une aiguille aimantée dans la direction et dans le sens du vecteur champ magnétique B.
$\tau_{3.1}$	Lorsqu'on déplace une aiguille aimantée dans la direction et dans le sens du vecteur champ magnétique B, on dessine une courbe orientée appelée ligne de champ. Une ligne de champ commence au pôle nord d'un aimant et se termine en son pôle sud.
θ_3	Technologie expérimentale.
Θ	Magnétisme.

Tableau 16: Présente la caractérisation de l'OPP2(T₃)= (T_{3.2}, τ_{3.2}, θ₃, Θ)

T_{3.2}	Saupoudrer de la limaille de fer sur une plaque de plexiglas disposée au-dessus d'un aimant droit.
τ_{3.2}	Saupoudrer de la limaille de fer sur la plaque de plexiglas disposée au-dessus d'un aimant droit, observer le spectre magnétique formé par l'orientation de limaille de fer.
θ₃	Technologie expérimentale (Les grains de limaille de fer s'aimantent en présence de l'aimant droit et s'orientent dans le champ magnétique comme des aiguilles aimantées).
Θ	Magnétisme

- Le type de taches « **T₄: Superposer deux vecteurs champs magnétiques** » admet 2 organisations ponctuelles donc:

$$OPPC(T_4) = [T_4; \{OPP_1(T_4), OPP_2(T_4)\}; \theta_T]$$

Tableau 17: Présente la caractérisation de l'OPP1(T₄) = (T_{4.1}, τ_{4.1}, θ₄, Θ)

T_{4.1}	Disposer de deux aimants droits identiques autour d'une petite aiguille aimantée.
τ_{4.1}	L'aiguille est placée en un point P d'une feuille de papier. On relève l'orientation de l'aiguille en présence: <ul style="list-style-type: none"> • du 1er aimant; • du 2e aimant; • des deux aimants. On représente les vecteurs champs de même valeur B ₁ et B ₂ qu'on observe au point P en présence respectivement du 1er et du 2e aimant seul. On construit ensuite le vecteur champ résultant: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$.
θ₄	Technologie expérimentale(En présence des deux aimants, l'aiguille s'oriente dans la direction du vecteur champ résultant).
Θ	Magnétisme

Tableau 18: Présente la caractérisation de l'OPP2(T₄) = (T_{4.2}, τ_{4.2}, θ₄, Θ)

T_{4.2}	Superposer de deux champs magnétiques.
τ_{4.2}	Etant donné que le champ magnétique est une grandeur vectorielle: calculer la somme vectorielle $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ des deux champs magnétiques.
θ₄	Technologie mathématique(le vecteur champ résultant en un point est égale à la somme vectorielle des vecteurs champs magnétiques).
Θ	Magnétisme

- Le type de taches « **T₅: Identifier les composantes du vecteur champ magnétique terrestre** » admet 2 organisations ponctuelles donc:

$$OPPC(T_5) = [T_5; \{OPP_1(T_5), OPP_2(T_5)\}; \theta_T]$$

Tableau 19: Présente la caractérisation de l'OPP1(T₅)= (T_{5.1}, τ_{5.1}, θ₅, Θ)

T_{5.1}	Utiliser une petite aiguille aimantée et une boussole d'inclinaison pour identifier les composantes du champ magnétique terrestre.
τ_{5.1}	Une aiguille aimantée placée sur un axe vertical (boussole) permet juste de mettre en évidence la composante horizontale B _h du champ magnétique terrestre. Alors

	qu'une boussole d'inclinaison permet de mettre en évidence la composante verticale B_v du champ magnétique terrestre.
θ_5	Technologie expérimentale.
Θ	Magnétisme.

Tableau 20: Présente la caractérisation de l'OPP2(T_5)= ($T_{5.2}$, $\tau_{5.2}$, θ_5 , Θ)

$T_{5.2}$	Lire un document sur le champ magnétique terrestre et ses composantes.
$\tau_{5.2}$	Comprendre la notion de champ magnétique terrestre.
θ_5	Technologie documentaire.
Θ	Magnétisme.

6- Discussion

Nous présentons ci-dessous une synthèse descriptive des organisations praxéologiques (OP) de référence que nous organisons sous forme d'une carte praxéologique de référence. Il s'agit de l'organisation physique ponctuelle simple ou complexe, chaque type de tâche admet une organisation physique ponctuelle complexe de référence associée au concept « champ magnétique ».

Tableau 21: Carte praxéologique de référence du type de tâches visé T_i

T_1 : Identifier un champ magnétique	T_2 : Représenter par un vecteur le champ magnétique	T_3 : Identifier les lignes et le spectre de champ magnétique	T_4 : Superposer deux vecteurs champs magnétiques	T_5 : Identifier les composantes du vecteur champ magnétique terrestre
$(T_{1.1}, \tau_{1.1})$	$(T_{2.1}, \tau_{2.1})$	$(T_{3.2}, \tau_{3.2})$	$(T_{4.1}, \tau_{4.1})$	$(T_{5.1}, \tau_{5.1})$
$(T_{1.2}, \tau_{1.2})$	$(T_{2.2}, \tau_{2.2})$	$(T_{3.1}, \tau_{3.1})$	$(T_{4.2}, \tau_{4.2})$	$(T_{5.2}, \tau_{5.2})$
$(T_{1.3}, \tau_{1.3})$				

A partir de cette carte praxéologique de référence, pour un niveau scolaire donné, construire l'organisation physique locale ou régionale, analyser et comparer les praxéologies existantes dans plusieurs programmes ou manuels, ...etc. Car, l'organisation physique ponctuelle peut être différente entre deux institutions donnée. L'organisation physique (OP) de référence (Figure ci-dessous) est un modèle qui permettra d'analyser les reconstructions possibles proposées dans le programme officiel et dans les manuels à-propos du concept champ magnétique. Il est donc important de ne pas se limiter à une description des (OPP), mais de présenter l'OP de référence avec les différents niveaux de détermination. Dans notre exemple, l'OP de référence dans englobe et intègre en une OP régionale quatre OP locales (que nous désignons par OPL1, OPL2, OPL3 et OPL4) et chaque OP locale admet une ou plusieurs OP ponctuelles (simples ou complexe).

1. OPL1 est une organisation autour du concept champ magnétique qui engendre cinq OPP.

2. OPL2 est une organisation autour du champ magnétique créé par un courant électrique.
3. OPL3 est une organisation autour des forces électromagnétiques.
4. OPL4 est une organisation autour du couplage électromécanique.

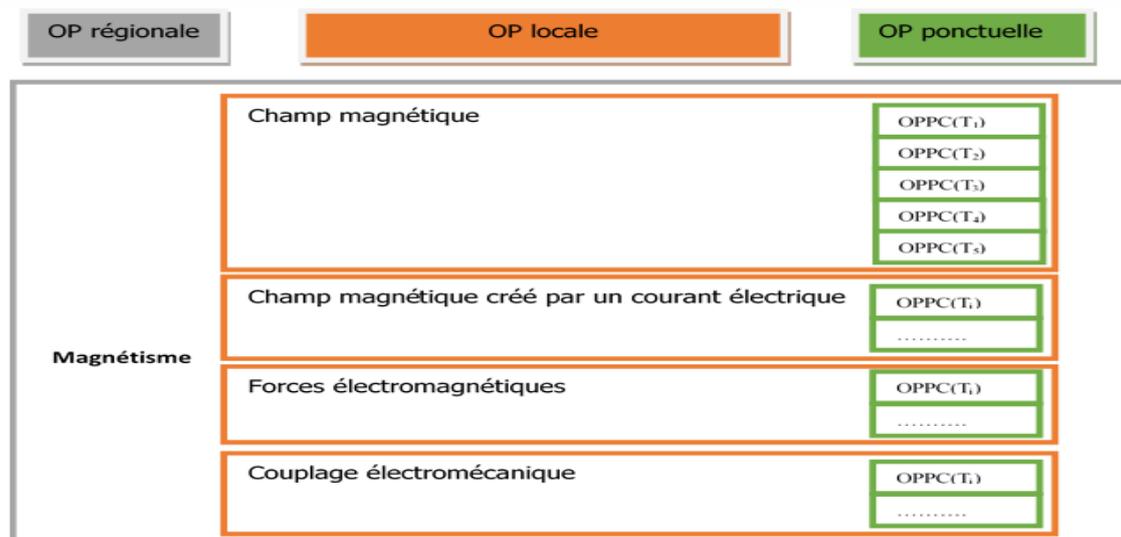


Figure 20: Organisation physique (OP) de référence

7- Environnement praxéologique du concept champ magnétique

Nous étudions à travers cette analyse l'environnement praxéologique relatif à l'enseignement du concept champ magnétique. Nous nous intéressons particulièrement à la mise en évidence des indices de la non-rigidité et de complétude des praxéologies disciplinaires physiques associées aux différentes tâches données dans le programme scolaire marocain, par référence aux indicateurs 1 à 7. Les principaux de ces indices étant (Bosch et al, 2004):

1. Intégration des types de tâches composant la praxéologie disciplinaire ponctuelle (PDL), soit par un discours technologique, soit par le développement successif des techniques associées;
2. Existence de techniques alternatives associées aux types de tâches des (PDL) et présence d'éléments technologiques permettant de mettre en question ces techniques, d'analyser leurs équivalences ou leurs différences et d'effectuer un choix approprié parmi plusieurs techniques pour réaliser une tâche donnée;
3. Indépendance des techniques par rapport aux objets ostensifs (symboles physique ou chimique) à leur description et à leur application, et importance du choix et de la gestion des ostensifs dans la réalisation de la tâche donnée;
4. Existence de techniques réversibles permettant de résoudre une tâche et la tâche inverse;
5. Possibilité d'interpréter le fonctionnement des données et/ou des techniques et de leurs résultats, ce qui attribue plus de fonctionnalité au discours technologique;
6. Existence de tâches disciplinaires ouvertes, où les données, les inconnues et/ou le mode de raisonnement à adopter ne sont pas préétabli ou indiqués complètement à l'avance;
7. Incidence des éléments technologiques associés aux praxéologies disciplinaires ponctuelles (PDL) sur la pratique scientifique, comme la génération de nouveaux types de tâches et de techniques (Par le biais, entre autres moyens, d'un changement de cadre de travail ou de système de représentation.

Nous remarquons que pour de telles tâches, les techniques mises en œuvre se trouvent étroitement dépendantes des ostensifs désignant le concept champ magnétique considéré (absence de l'indicateur de non-rigidité 3). Ces techniques peuvent être assimilées à une manipulation mathématique sur le symbolisme utilisé qu'il serait possible de reproduire sans se soucier de l'aspect et des propriétés champ magnétique (absence de l'indicateur de 5). Le discours technologique justifiant les techniques en question et les notions associées au champ magnétique n'interviennent pas dans la réalisation des tâches en question (absence de l'indicateur 7). Plusieurs indices de non-rigidité et de complétude sont ainsi absents des praxéologies physiques relatives aux tâches considérées.

8- Conclusion

Notre analyse du programme officiel montre que le concept champ magnétique constitue un outil indispensable pour l'enseignement de plusieurs thèmes des curriculums des trois années de lycée. Malgré cela, le programme officiel ne considère pas le dite concept comme d'objet d'enseignement. Ils recommandent de l'introduire dans des activités chaque fois que le contexte l'exige ce forme d'étude documentaire sur l'histoire du magnétisme et de l'électromagnétisme et/ou par la mise en évidence expérimentale du champ magnétique terrestre. Ceci place les enseignants devant un certain vide institutionnel qu'ils doivent gérer et aménager selon leur disponibilité et selon leur rapport au dite concept.

Nous notons également que les niveaux d'usage des praxéologies physiques concernées par l'étude du concept champ magnétique sont: Le premier concerne le développement théorique des thèmes des curriculums. À ce propos, les praxéologies physiques mises en œuvre sont généralement ponctuels, et les blocs technologico théoriques nécessitent des démonstrations et des développements théoriques. Ce niveau d'usage, que nous qualifions de formel-structural, pourrait s'expliquer par un souci de répondre aux exigences de rigueur mathématiques physiques et d'introduire un certain formalisme au niveau secondaire qualifiant; Pour le deuxième niveau, il concerne le travail dévolu aux élèves. De ce côté, notre analyse a montré une absence de la plupart des indicateurs de complétude et de non-rigidité des praxéologies physiques. Les tâches données dans le programme scolaire sont souvent routinières, leurs techniques de réalisation sont répertoriées, stéréotypées. La mise en œuvre de ces techniques ne fait généralement pas appel au discours technologico-théorique qui était à l'origine de leur production. L'environnement praxéologique résultant de cet état de fait est caractérisé par une dominance de praxéologies physiques ponctuelles, rigides et dont la mise en œuvre est essentiellement axée sur les blocs pratico-techniques.

En revanche, dans les développements théoriques des thèmes du programme, le concept magnétisme fonctionne à un niveau théorique-formel assez élevé; les praxéologies physiques sont généralement de niveau local et interviennent le plus souvent au niveau technologico-théorique, il se crée ainsi des discontinuités dans et entre les environnements praxéologiques construits dans l'institution secondaire qualifiant pour l'étude des notions associées au champ magnétique, entraînant un dysfonctionnement et une rupture conceptuel chez les élèves.

Chapitre 2: La praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant: Cas des réactions acido-basiques

1- Contexte de recherche et problématique

Le besoin d'enseigner la chimie dans les établissements scolaires et universitaire est apparu dès que la science a commencé à produire des concepts nouveaux. Le méga-développement des savoirs et des concepts scientifiques oblige de plus en plus à poser des questions, que doit-on enseigner? Quand on doit enseigner les sciences? Comment on doit enseigner les sciences? Ces questions et autres ont conduit Chevillard (1985) de proposer la transposition didactique des sciences, qui vise d'une manière simple à rendre compréhensibles et adaptatives par l'apprenant.

En ce qui concerne la situation de l'enseignement et l'apprentissage scientifique et plus particulièrement la chimie est aujourd'hui ne cessent de préoccuper enseignants, chercheurs en didactique des sciences, et ce, dans la plupart des pays (Orange, 2015). Au Royaume du Maroc, la démarche scientifique qui relève des méthodes et des processus prend une place grandissante dans les programmes d'enseignement des sciences dans le secondaire qualifiant comme dans beaucoup de pays, à l'instar de la démarche d'investigation au collège ou de (l'Inquiry Based Science Education) dans les pays anglophones. Le Ministère de l'Education National Marocaine prescrit des orientations pédagogiques générales pour l'enseignement de sciences physiques (MEN, 2010). Alors que très peu de détails sont donnés dans la suite de ces orientations prescrits en arabe à ce sujet. Ces orientations sont écrites en langue arabe en considérant les principes fondamentaux de la charte nationale et le livre blanc (figure 21).

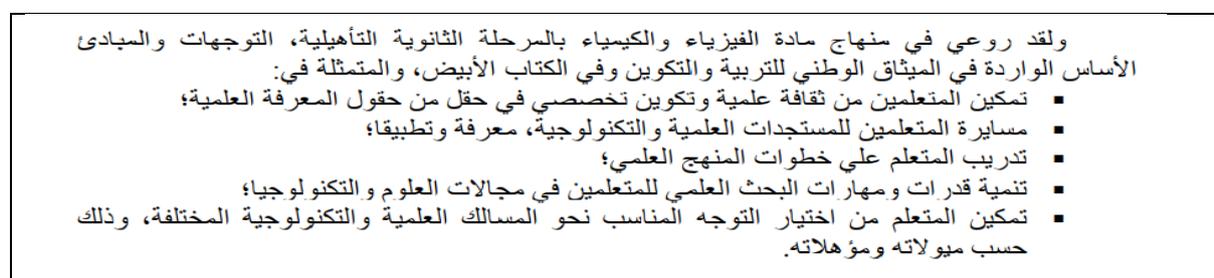


Figure 21: Orientation pédagogique générale pour l'enseignement de sciences physiques

➤ Traduction française de ces orientations pédagogiques pédagogique générale pour l'enseignement de sciences physiques

1. L'idée selon laquelle les apprenants doivent savoir ce que la science occupe une place importante dans le développement du pays dans tous les secteurs;
2. Autonomiser l'apprenant d'une culture scientifique et technique spécialisée dans un domaine du savoir scientifique;
3. Préparer des élèves à poursuivre les progressions scientifiques et techniques, étude et pratique;
4. Initier et pratiquer la démarche scientifique;
5. Développer les savoirs faire et les compétences de la recherche scientifique chez l'apprenant;

6. Aider l'apprenant à choisir son parcours personnel vers les filières scientifiques et technique selon ses capacités.

Des recherches conduites au Maroc ont constatés que l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques comme pour la chimie maintient son caractère traditionnel (Chekour, 2015) (Cherkaoui, 2017), c'est-à-dire qu'il est en grande partie basé sur l'approche traditionnelle de transmission des contenus scientifiques par l'enseignant, sur l'apprentissage par cœur et par répétition des concepts de la part des apprenants et sur des exercices de résolution de problèmes suivant des méthodologies algorithmiques proposées par l'enseignant qui transforme l'enseignement en une course à boucler le programme.

L'enseignement est également conditionné par les manuels scolaires, les polycopies de cours produits par les enseignants et les cours du soir ou de soutiens qui insistent sur l'aspect quantitatif du savoir plutôt que sur le développement du raisonnement logiques et critiques des élèves. Pour plus de détails nous avons réalisés des discussions *WhatsApp* sur l'écologie de l'enseignement de la chimie avec des enseignants des matières scientifiques et parents. Durant ces débats, j'ai constaté que plusieurs enseignants et parents sont encours convaincus que les activités et les exercices de résolution de problèmes d'une façon algorithmique sont quasi-équivalents à l'enseignement des concepts scientifiques et que les habiletés et les compétences de calcul et de résoudre des problèmes conduits à l'apprentissage des concepts scientifiques (Isabelle, 2008).

Deux axes problématiques ont guidé cette étude sur les praxéologies personnelles, celle de mon travail de thèse sur les problématiques de l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques dans les systèmes didactiques. La deuxième problématique particulière consiste à réaliser une analyse praxéologie de rapports personnels à un objet de savoir, chez les étudiants marocains en 1^{ère} année de la faculté des sciences et techniques de Settat (FSTS), relatif aux réactions acido-basiques en solution aqueuse, du point de vue praxéologie issu de la Théorie de l'Anthropologie du Didactique (TAD) (Chevallard, 1989, 1992, 1998, 1999). Nous présentons dans le paragraphe suivant le modèle praxéologique de la chimie, la TAD est l'outil de modélisation et d'analyse de ces activités humaines d'apprentissages, qui permettent de contrôler les assujettissements implicites que toute institution porte sur les pratiques qu'elle abrite.

2- Modèle praxéologie en chimie

La théorie anthropologie du didactique (TAD) propose d'analyser l'activité humaine (sciences physiques, mathématiques, langues...etc.) sous ses diverses formes (production écrite ou orale, enseignement, apprentissage...) à travers un modèle général désigné par le modèle praxéologique (OP) qui s'intéresse à la façon dont un être humain, au sein d'une institution, résout une type de tâche donnée (comme: mesurer le pH, résoudre du second degré, calculer l'avancement final x_f d'une réaction, exprimer le quotient de réaction Q_R ,...etc.). La notion de praxéologie a été utilisée pour caractériser le rapport institutionnel, déterminer l'organisation disciplinaire de référence et étudier les organisations didactiques.

Le modèle praxéologie s'intéresser particulièrement, d'une part, sur les techniques qui permettent d'accomplir les types de tâches, en mettant en évidence la pluralité des techniques existantes pour un même type de tâches que masque l'assujettissement à un système

d'enseignement. Il s'intéresse aussi sur la fonction technologique du savoir comme fonctions de production, de justification et d'intelligibilité des techniques, et qui met notamment en évidence un système de conditions et de contraintes agissant sur la présence ou l'absence de telle technique, dans une telle institution.

Une praxéologie ne désigne donc pas l'étude de la pratique humaine mais la « Science », personnelle ou institutionnelle, d'une certaine pratique. Elle est ainsi relative à la personne qui met en œuvre cette praxéologie ou à l'institution au sein de laquelle cette praxéologie peut vivre. Les praxéologies sont un modèle fondamental qui permet d'appréhender les objets de savoirs, d'étudier leurs transformations, de rendre compte de ce qui se fait dans telle institution avec ces objets et rend explicite le modèle épistémologique de référence qui nourrit les analyses des phénomènes de transposition (Chevallard, 1992, 1997, 1999).

Nous rappelons qu'une organisation praxéologie en chimie désigne un quadruplet (4T), noté $[T/\tau/\theta/\Theta]$, formée d'une part d'une tâche et de la technique correspondante pour la réaliser à bien et d'autre part des technologies et des théories correspondantes. En toute institution, l'activité des acteurs (*Enseignant, élève, étudiant, ... etc.*) en contexte scolaire ou universitaire occupant une position donnée se décline en différents types de tâches T, accomplies au moyen d'une certaine manière de faire ou technique τ , le couple $[T/\tau]$ constitue un savoir-faire. Mais un tel savoir-faire ne saurait vivre à l'état isolé, il appelle un environnement technologico-théorique $[\theta/\Theta]$ ou savoir, formé d'une technologie θ , discours rationnel pour justifier et rendre légitime la technique, et à son tour justifié et éclairé par une théorie Θ . Autrement, une théorie Θ peut justifier un ensemble de technologies θ_j dont chacune à son tour justifie et rend intelligibles plusieurs techniques τ_{ji} correspondant à autant de types de tâches T_{ji} . Lorsque les types de tâches T relèvent de la chimie, on parle de praxéologie ou d'organisation chimique et lorsque les types de tâches T sont des types de tâches d'étude on parle de praxéologie ou d'organisation didactique. Le modèle praxéologique en chimie désigne une organisation composée de quadruplet $[T/\tau/\theta/\Theta]$.

3- Méthodologie

Pour le besoin de notre travail de recherche, nous avons élaboré un questionnaire (en annexe) sous forme de problème formé de trois parties mettant en œuvre le produit ionique de l'eau, la réaction de l'acide éthanoïque avec de l'eau, l'évolution d'un mélange d'acide éthanoïque. Nous avons procédé à une analyse a priori, d'une part de la partie du programme Marocain sur lequel porte le thème réactions acido-basiques en solution aqueuse, et d'autre part des tâches prescrits, ensuite nous recueillons les données à partir des productions écrites par les étudiants issus de ses réponses aux questions de problème, et nous l'avons analysé sous l'angle des praxéologies personnelles.

3-1 Analyse a priori dans le programme Marocain des concepts réactions acido-basique

L'enseignement des concepts relatifs aux réactions acido-basiques en solution aqueuse occupe une place importante à tous les niveaux scolaires de l'enseignement de la chimie. Il débute au collège avec l'identification des acides et des bases à l'aide du papier pH, des indicateurs colorés et leurs actions sur les matériaux. Au lycée qualifiant marocain, la modélisation selon le modèle de Bronsted des réactions acide-base comme réactions impliquant des transferts de protons, l'identification des acides et des bases contenus dans des produits de la vie courante:

vinaigre, détartrant, déboucheur de canalisations, etc. Ces notions sont enseignées en première année du baccalauréat scientifique pour toutes les filières, lors de l'introduction des dosages (ou titrages) directs, et ces réactions servent de support à l'introduction des transformations chimiques qui ont lieu dans les deux sens, des équilibres chimiques d'un système et pour l'introduction des transformations associées à des réactions acido-basiques en solution aqueuse en deuxième année du Baccalauréat scientifique.

Durant la 2^{ème} année du baccalauréat scientifique, technique et professionnel, dans le cadre du modèle de Bronsted, l'étude des équilibres chimiques relatif aux réactions acide-base est une occasion pour introduire le concept quotient de réaction Q_r et la constante d'équilibre K associée à l'équation d'une réaction, à une température donnée. Les élèves doivent par exemple être capables d'appliquer la loi d'action de masse aux réactions acide base de type $(A_1 + B_2 \leftrightarrow A_2 + B_1)$. Le sens d'évolution du système étant prévu par comparaison du quotient de réaction Q_r à la valeur de la constante K à l'équilibre. Une constante d'équilibre K_e associée à l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau, Une constante d'acidité K_A associée à l'équation de la réaction d'un acide avec l'eau et la constante d'équilibre K associée à l'équation d'une réaction acido-basique à l'aide des constantes d'acidité sont introduites. Les expressions donnant le pH de solutions d'acides ou de bases, en fonction de la constante d'acidité K_A et de la concentration initiale de la solution sont ensuite établies. Puis sont présentés les indicateurs colorés, leur rôle et leur zone de virage définie par rapport à leur pK_A . Enfin, elles sont étudiées diverses courbes de suivi pH métrique de titrages de monoacides ou de monobases, à cette occasion le point équivalent est défini comme étant « *le point où les quantités d'acide et de base introduites sont équivalentes* », et donc $n_A = n_{BE}$, soit $C_A V_A = C_B V_{BE}$, les indicateurs colorés passent du statut d'objet d'étude, en tant que couples acide-base conjugués dont on détermine les constantes d'acidités K_A et pK_A , à celui d'outil pour le repérage du pH de l'équivalence. Enfin pendant le cycle universitaire, les savoirs enseignés en secondaire qualifiant, bien que supposés acquis par les étudiants, ils sont repris et approfondis à l'université aussi bien sur le plan théorique (*cours magistral et Travaux dirigés TD*) que sur le plan expérimental (*Travaux pratiques TP*).

3-2 Analyse praxéologique des types de tâches T_i

Avant de commencer l'analyse praxéologie, on admet que chacun de types de tâches est mis en place par plusieurs techniques $\Sigma\tau_i$, mais une seule technique τ_i sera acceptée par l'institution I, ils constituent l'organisation praxéologique ponctuelle institutionnelle relatives au type de tâche prescrite. Pour l'analyse praxéologique nous optons pour le modèle de découpage des tâches prescrites par des sous-tâches t_{ij} reconnues institutionnellement et qui permet donc de mieux comprendre les productions des étudiants dans la mise en place d'une technique. Le but est de faire apparaître ce qui nous semble être juste pour la description de la technique.

➤ T_1 : Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C

Pour le type de tâches T_1 « *Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C* », l'étudiant est censé d'utiliser le formalisme de la constante d'équilibre K_e associée à la réaction d'autoprotolyse de l'eau et en tenant on compte les constantes d'acidités des couples en présence. Ainsi la technique τ_1 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit:

Pour le couple H_2O/OH^- la constante d'acidité s'écrit: $pK_{A3} = 14$

L'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau: $2H_2O = OH^- + H_3O^+$

Donc la constante d'équilibre vaut: $K = K_{A3} = K_e = 10^{-14}$

Nous proposons dans le tableau ci-dessous le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 22: Découpage du type de tâche « T₁: Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C »

Découpage de la mise en œuvre de τ_1	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_1
$pK_{A3} = 14$	t_{11} : Utiliser la constante d'acidité du couple H_2O/OH^-
$2H_2O = OH^- + H_3O^+$	t_{12} : Ecrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau
$K_e = K_{A3} = 10^{-14}$	t_{13} : Ecrire la constante d'équilibre et la comparée à la constante d'acidité du couple H_2O/OH^-

Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{11} à t_{13} , la technique τ_1 correspond à (t_{11} ; t_{12} ; t_{13}), ce qui peut être une attente de l'institution

➤ **T₂: Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau**

Pour le type de tâche T₂ « Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau », la technique τ_2 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit: Dans une réaction acido-basique, l'acide d'un couple acido-basique réagit toujours avec la base d'un autre couple acido-basique, donc l'acide du couple acido-basique $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$ réagit avec la base du couple H_3O^+/H_2O selon l'équation:



Nous proposons le découpage du type de tâche prescrite.

Tableau 23: Découpage du type de tâche « T₂: Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau »

Découpage de la mise en œuvre de τ_2	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_2
L'eau peut jouer le rôle d'une base ou d'un acide selon le milieu dans lequel il se trouve. Ici CH_3COOH_{aq} est l'acide donc l'eau est la base du couple H_3O^+/H_2O	t_{21} : Définir un acide et une base au sens de Brønsted
$H^+ + H_2O = H_3O^+$ $CH_3COOH = H^+ + CH_3COO^-$	t_{22} : Ecrire les deux demi-équations mises en jeu
$CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$	t_{23} : Additionner les deux demi-équations pour déduire l'équation de la réaction

Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{21} à t_{23} , la technique τ_2 correspond à (t_{21} ; t_{22} ; t_{23}), ce qui peut être une attente de l'institution.

➤ **T₃: Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$ dans la solution.**

Pour le type de tâches T₃ « Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$ dans la solution », la technique τ_3 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit: Pour déterminer les domaines de prédominance en fonction du pH, on compare le pH d'une solution aqueuse contenant un acide A et sa base B avec son pK_A , ainsi:

Si $pH = pK_A$ l'acide et la base conjuguée ont la même concentration;

Si $pH > pK_A$ la base B est l'espèce prédominante;

Si $\text{pH} < \text{pK}_A$ l'acide A est l'espèce prédominante.

Dans la solution S_1 , le $\text{pH} = 2,9$, et comme $\text{pH} = 2,9 < \text{pK}_{A1}$, l'acide éthanoïque (CH_3COOH) prédomine, nous proposons dans le tableau ci-dessous le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 24: Découpage du type de tâche « T_3 : Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}}$ dans la solution »

Découpage de la mise en œuvre de τ_3	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_3
Si $\text{pH} = \text{pK}_A$ l'acide et la base conjuguée ont la même concentration; Si $\text{pH} > \text{pK}_A$ la base B est l'espèce prédominante; Si $\text{pH} < \text{pK}_A$ l'acide A est l'espèce prédominante.	t_{31} : utiliser le diagramme de prédominance de l'acide et de la base
Le $\text{pH} = 2,9$, et comme $\text{pH} = 2,9 < \text{pK}_{A1}$, l'acide éthanoïque (CH_3COOH) prédomine.	t_{32} : Appliquer la règle de prédominance à l'acide éthanoïque et sa base conjuguée

Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{31} à t_{32} , la technique τ_3 correspond à (t_{31} ; t_{32}), ce qui peut être une attente de l'institution.

➤ **T_4 : Calculer le taux d'avancement final τ**

Pour le type de tâches T_4 « Calculer le taux d'avancement final τ », la technique τ_4 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit: Le taux d'avancement τ est défini par comparaison de l'avancement final x_f à l'équilibre avec l'avancement maximal x_{max} qui correspondrait à la valeur de l'avancement si la transformation est totale, il s'écrit: $\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$

Pour la réaction étudiée:
$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].V}{C.V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C} = 0.13$$

Soit 13% des molécules d'acide éthanoïque ont été dissociées. Nous proposons dans le tableau le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 25: Découpage du type de tâche « T_4 : Calculer le taux d'avancement final τ »

Découpage de la mise en œuvre de τ_4	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_4
$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}}$	t_{41} : appliquer le taux d'avancement τ .
$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+].V}{C.V} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C} = \frac{10^{-\text{pH}}}{C}$	t_{42} : développer le taux d'avancement τ pour la réaction étudiée.
$\tau = \frac{10^{-2,9}}{1,0 \cdot 10^{-2}} = 0,13$	t_{43} : calculer le taux d'avancement τ pour la réaction étudiée.

Ce découpage est organisé par une succession de sous types de tâches t_{41} à t_{42} , la technique τ_4 correspond à (t_{41} ; t_{42} ; t_{43}), ce qui peut être une attente de l'institution de référence.

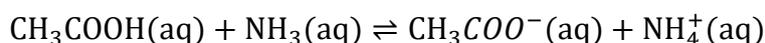
➤ **T_5 : Calculer le quotient de réaction du système $Q_{r,i}$ à l'état initial**

Pour le type de tâches T_5 « Calculer le quotient de réaction du système $Q_{r,i}$ à l'état initial », la technique τ_5 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit:

Le quotient de réaction Q_r (sans unité), associé à la réaction: $a A_{(aq)} + b B_{(aq)} = c C_{(aq)} + d D_{(aq)}$

Il est défini par la relation: $Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$

Dans cette expression, il ne faut pas tenir compte du solvant s'il apparaît dans l'écriture de la réaction. Dans la réaction étudiée:



Le quotient de réaction à l'état initial est défini par: $Q_{r,i} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_i \cdot [\text{NH}_4^+]_i}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_i \cdot [\text{NH}_3]_i}$

Les ions ammonium et acétate ne sont pas apportés initialement donc: $Q_{r,i} = 0$, nous proposons dans le découpage du type de tâche prescrite.

Tableau 26: Découpage du type de tâche « T₅: Calculer le quotient de réaction du système $Q_{r,i}$ à l'état initial »

Découpage de la mise en œuvre de τ_5	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_5
$Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$	t ₅₁ : Etablir l'expression latérale du quotient de réaction Q_r .
$Q_{r,i} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_i [\text{NH}_4^+]_i}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_i [\text{NH}_3]_i}$	t ₅₂ : Appliquer l'expression latérale du quotient de réaction à la réaction étudiée.
$Q_{r,i} = 0$	t ₅₃ : Calculer numériquement le quotient de réaction en tenant en compte du fait que les ions ammonium $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ et acétate $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$ ne sont pas apportés initialement.

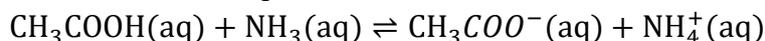
Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t₅₁ à t₅₃, la technique τ_5 correspond à (t₅₁; t₅₂; t₅₃), ce qui peut être une attente de l'institution de référence.

➤ **T₆: Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction**

Pour le type de tâches T₆ « Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction », la technique τ_6 attendue par l'institution peut être transcrite comme suit:

le quotient de réaction $Q_{r,\text{éq}}$ à l'état d'équilibre d'un système prend une valeur, indépendante de la composition initiale, nommée constante d'équilibre et notée: $K = Q_{r,\text{éq}}$

Pour la réaction entre l'acide éthanoïque et la base ammoniac:



On écrit la constante d'équilibre associée à la réaction:

$$K = Q_{r,\text{éq}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{NH}_4^+]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}} \cdot [\text{NH}_3]_{\text{éq}}}$$

On multiplie par $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$ le numérateur et le dénominateur de l'expression de K pour retrouver l'expression de K_{A1} et de $\frac{1}{K_{A2}}$:

$Q_{r,\text{éq}} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = \frac{10^{-4,7}}{10^{-9,2}}$; Soit: $Q_{r,\text{éq}} = 3,2 \cdot 10^4$, nous proposons dans le tableau ci-dessous le découpage des types de tâches prescrites.

Tableau 27: Découpage du type de tâche « T₆: Déterminer la valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction »

Découpage de la mise en œuvre de τ_6	Les sous tâches t_{ij} intervenants dans τ_6
$K = Q_{r, \text{éq}}$	t_{61} : Définir la constante d'équilibre k par rapport au quotient de réaction à l'équilibre
$K = Q_{r, \text{éq}} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]_{\text{éq}} \cdot [\text{NH}_4^+]_{\text{éq}}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]_{\text{éq}} \cdot [\text{NH}_3]_{\text{éq}}}$	t_{62} : Appliquer l'expression latérale du quotient de réaction à l'équilibre à la réaction étudiée
$Q_{r, \text{éq}} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}} = \frac{10^{-4,7}}{10^{-9,2}}$	t_{63} : Développer l'expression de la constante d'équilibre on multipliant par $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}$ le numérateur et le dénominateur
$Q_{r, \text{éq}} = 3,2 \cdot 10^4$	t_{64} : Calculer numériquement la constante d'équilibre

Ce découpage est organisé par une succession de sous tâches t_{61} à t_{64} , la technique τ_6 correspond à (t_{61} ; t_{62} ; t_{63} ; t_{64}), ce qui peut être une attente de l'institution de référence.

4- Résultats et discussion

Dans ce paragraphe nous allons présenter les résultats issus des productions de 81 étudiants aux quatre types de tâches parmi six tâches demandées pour ne pas alourdir le présent travail, et pour chaque type de tâches nous donnerons dans un tableau le nombre de réponse et la fréquence relative accompagné de commentaire et des exemples de techniques de justification. Nous terminons ce paragraphe par une évaluation des techniques mises en œuvre par les étudiants.

➤ T₁: Concevoir le produit ionique de l'eau à 25°C

Nous présentons les différentes catégories de productions relatives au type de tâche T₁, la réponse attendue est celle en **B**.

Tableau 28: Le produit ionique de l'eau à 25°C.

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A: $K_e = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{OH}^-]} = 10^{-14}$	0	0,0
B: $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]. [\text{OH}^-] = 10^{-14}$	80	99
C: $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]. [\text{OH}^-] = 10^{-7}$	0	0,0
D: Je ne sais pas répondre	1	1
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	12	15
Total techniques «erronée ou inadaptée»	69	85
Total	81	100

La première remarque qui s'impose est que, quatre-vingt étudiants (99%) sont capables d'en donner une symbolisation correcte de la constante d'équilibre K_e associée à la réaction

d'autoprotolyse de l'eau. La deuxième remarque est que parmi ces quatre-vingts techniques de justifications, douze techniques (15%) peuvent être considérées comme acceptables et conformes par l'institution, alors que soixante-neuf étudiants (85%) ont donné des techniques de justifications erronées ou inadaptées.

Exemple de techniques de justification

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix :
 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^- \Rightarrow K_e = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$ avec $[H_2O] = 1$
 $pK_e = 14 = -\log K_e = -\log 10^{-14}$

Figure 22: Exemple de production de l'étudiant 1

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix : en a... la réaction d'autoprotolyse...
 $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ donc $K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2}$ et pour que
 $[H_2O] = 1$ donc $K = [H_3O^+][OH^-]$ car la réaction d'autoprotolyse est une réaction neutre
 $[H_3O^+] = [OH^-]$ et $pH = 7$ et $K_e = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$

Figure 23: Exemple de production de l'étudiant 2

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix : a... $H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ l'équation bilan : $2H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$
 on a K et de faire par K est la concentration des produits sur la concentration des réactifs donc $K_3 = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2} = K = \frac{[H_3O^+][OH^-]}{1} = 10^{-pK_e} = 10^{-14}$

Figure 24: Exemple de production de l'étudiant 3

➤ T2: Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau.

Nous présentons dans le tableau 29 les différentes catégories de productions relatives à la tâche T2, la réponse attendue est celle en A.

Tableau 29: Réaction de l'acide éthanóïque avec de l'eau

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A: $CH_3COOH + H_2O = CH_3COO^- + H_3O^+$	80	99
B: $CH_3COOH + H_3O^+ = CH_3COO^- + H_2O$	0	0
C: $CH_3COO^- + H_2O = CH_3COOH + H_3O^+$	1	1
D: Je ne sais pas répondre	0	0
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	26	32
Total techniques «erronée ou inadaptée»	55	68
Total	81	100

Pour cette question nous observons aussi que tous les étudiants (99%) ont bien choisis la symbolisation correcte de l'équation de réaction de l'acide éthanóïque avec de l'eau, mais seulement vingt-six étudiants (32%) sont capables de donner une justification correcte conformément au formalisme attendus par l'institution de l'équation de la réaction associée à

une transformation acido-basique en tenant en compte des deux demi équation du couple mise en jeu. Cinquante-cinq étudiants (68%) sont donnés des justifications erronée ou inadaptée.

Exemple de techniques de justification:

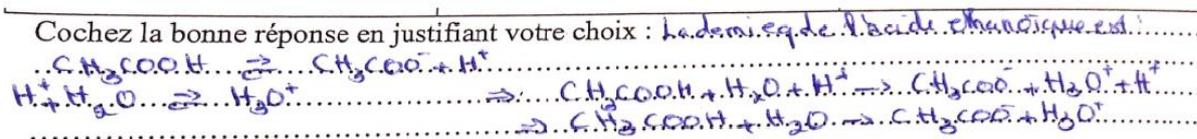


Figure 25: Exemple de production de l'étudiant 4

en justifiant votre choix : ... CH_3COOH va se dégrader avec H_2O afin de donner CH_3COO^- et H_3O^+ c'est une réaction acido-basique car il y a échange des H^+ entre l'acide d'un couple avec la base de l'autre couple.

Figure 26: Exemple de production de l'étudiant 5

en justifiant votre choix : ... pendant la réaction l'acide éthanoïque va perdre un proton H^+ (parce que c'est un acide) alors H_2O va capter un proton H^+ parce que c'est une base.

Figure 27: Exemple de production de l'étudiant 6

- T3: Déterminer l'espèce qui prédomine du couple $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}}$ dans la solution.

Nous présentons dans le tableau dessus les différentes catégories de productions relatives à la tâche prescrite, la réponse attendue est celle en C.

Tableau 30: Le diagramme de prédominance du couple acide éthanoïque / ion éthanoate

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A: CH_3COO^-	10	12
B: CH_3COOH et CH_3COO^-	14	17
C: CH_3COOH	49	61
D: Je ne sais pas répondre	8	10
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	18	22
Total techniques «erronée ou inadaptée»	31	38
Ecritures non justifiés	32	40
Total	81	100

On constate que quarante-neuf étudiants (61%) qui ont établi la catégorie de réponse « l'acide CH_3COOH qui prédomine » contre vingt-quatre étudiants (29%) qui ont choisis comme la catégorie de réponse, soit la base conjuguée CH_3COO^- , soit la base et l'acide CH_3COOH et CH_3COO^- , huit étudiants (10%) ne savent pas comment répondre. Pour les techniques de justification de réponse, on constate que parmi les quarante-neuf étudiants (61%) seulement dix-huit étudiants (22%) sont capable de justifier leurs réponses, et trente-un étudiants (38%) sont donnés des justifications erronée ou inadaptée alors que trente-deux étudiants (40%) ne savent pas comment justifier leurs réponses.

Exemple de technique de justification

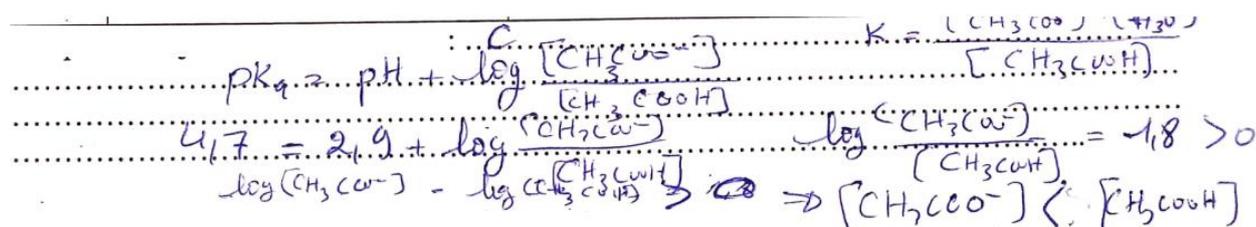


Figure 28: Exemple de production de l'étudiant 7



Figure 29: Exemple de production de l'étudiant 9

► T4: Calculer le taux d'avancement final τ .

Nous présentons dans le tableau dessus les différentes catégories de réponses relatives à la question, la réponse attendue est celle en C.

Tableau 31: Le taux d'avancement final τ

Catégories de réponses	Nombre d'étudiants	Fréquence relative (%)
A: $\tau_1=1$	7	9
B: $\tau_1=0,5$	1	1
C: $\tau_1=0,13$	57	70
D: Je ne sais pas répondre	16	20
Total	81	100
Justification de réponse		
Total techniques «conforme»	37	45
Total techniques «erronée ou inadaptée»	28	35
Total techniques non justifié	16	20
Total	81	100

On constate que cinquante-sept étudiants (70%) qui ont établi la catégorie de réponse « $\tau_1=0,13$ » contre vingt-quatre étudiants (10%) qui ont choisis comme la catégorie de réponse, « $\tau_1=1$ ou $\tau_1=0,5$ » et seize étudiants (20%) ne savent pas comment répondre. Pour les techniques de justification de réponse, on constate que parmi les cinquante-sept étudiants (70%) seulement trente-sept étudiants (45%) sont capable de justifier leurs réponses, et vingt-huit étudiants (35%) sont donnés des justifications erronée ou inadaptée alors que seize étudiants (20%) ne savent pas comment justifier leurs réponses.

5- Evaluation des techniques mises en œuvre par les étudiants

Un premier niveau de diagnostic consiste à regrouper dans un même tableau et pour chaque type de tâches T_i le total étudiants «Symbolisation attendu; technique conforme; technique erronée ou inadaptée; technique non justifiée ». Ce constat consiste à situer la technique mise en œuvre par les étudiants par rapport aux techniques correctes de l'organisation chimique (OC) « *le savoir savant* » de référence et par rapport aux techniques attendue par l'institution « *programme scolaire ou universitaire, enseignant, ...* ».

Tableau 32: Total étudiants «Symbolisation attendu; technique conforme; technique erronée ou inadaptée; technique non justifiée »

Type de tâches	T_1	T_2	T_3	T_4
Total: Symbolisation « attendu »	99%	99%	49%	70%
Total: techniques « conforme »	15%	32%	22%	45 %
Total: techniques « erronée ou inadaptée »	85%	68%	38%	35 %
Total: techniques « non justifié »	0%	0%	40%	20%

La lecture du tableau « *Total étudiants* » nous a permis de constater qu'entre 49% et 99% des étudiants sont capables de donner une symbolisation correcte aux tâches demandées, et seulement 15% des étudiants pour T_1 , 32% des étudiants pour T_2 , 22% des étudiants pour T_3 et 45% des étudiants pour T_4 sont à peine capable de donner une justification « *conforme* » aux symbolisations donnée. Pour les justifications « *erronées ou inadaptées* » on compte 85% des étudiants pour T_1 , 68% pour T_2 , 38% pour T_3 et 35% pour T_4 . Contre 40% des étudiants pour T_3 et 20% des étudiants pour T_4 sont incapables de justifier leurs symbolisations. Ce niveau d'évaluation des techniques nous permet de classer les étudiants selon le statut de leur rapport personnel technique aux tâches prescrites. Nous obtenons donc le tableau ci-dessous:

Tableau 33: Evaluation des étudiants selon le statut de leur rapport personnel technique aux tâches prescrites.

Catégorie Etudiants(CE)	« Symbolisation attendu »	« Technique conforme »	« Technique erronée ou inadaptée »	« Technique non justifiée »
CE ₁	Oui	Oui	Non	Non
CE ₂	Oui	Non	Oui	Non
CE ₃	Oui	Non	Non	Oui
CE ₄	Non	Non	Non	Non

➤ *Cas où l'évaluation de la technique est: CE₁ (Oui, Oui, Non, Non)*

Il s'agit des étudiants capables d'en donner une symbolisation correcte de la tâche prescrite avec utilisation des techniques « *conforme* » et qui ont manifestés un rapport personnel conforme au rapport institutionnel. Ces étudiants sont dans un rapport *d'action*, dans un rapport de *formulation* et éventuellement dans un rapport de *validation*, la technique mobilisée est considérée comme *forte*.

➤ **Cas où l'évaluation de la technique est: CE₂ (Oui, Non, Oui, Non)**

Il s'agit des étudiants qui ont donné une symbolisation correcte de la tâche prescrite mais ils ont mobilisé une technique « *erronée ou inadaptée* » lors de la justification. Le rapport personnel de ces étudiants est non seulement dans un rapport *d'action* mais aussi dans un rapport de *formulation* et la technique mobilisée est considérée comme *faible*.

➤ **Cas où l'évaluation de la technique est: CE₃ (Oui, Non, Non, Oui):**

Il s'agit des étudiants qui ont donné une symbolisation correcte de la tâche prescrite mais ils n'ont pas mobilisé une technique lors de la justification. Le rapport personnel de ces étudiants est seulement dans un rapport *d'action* et la technique mobilisée est considérée comme *muette* ou *invisible*.

➤ **Cas où l'évaluation de la technique est: CE₄ (Non, Non, Non, Non):**

Il s'agit des étudiants qui n'ont donné aucune symbolisation de la tâche prescrite et ils n'ont pas mobilisé une technique lors de la justification. Le rapport personnel de ces étudiants avec la tâche non encore *abouti*.

6- Conclusion

Pour conclure ce chapitre, nous avons utilisé le modèle praxéologique pour analyser le rapport personnel des étudiants marocains, y compris les difficultés, quand celui-ci n'est pas conforme au rapport de référence institutionnel, en particulier ses connaissances erronées. L'analyse des productions des étudiants nous a permis de caractériser les praxéologies chimiques (PC) apprises par ces étudiants afin de mettre en place des parcours différenciés. Cette caractérisation de ces PC apprises nous a permis d'identifier les technologies dominantes mobilisées qui apportent des explications sur les techniques utilisées par les étudiants qu'elles soient attendues, erronées ou inadaptées.

L'utilisation de la praxéologie comme modèle et cadre théorique pour l'analyse du rapport personnel nous a permis de remettre en place les phénomènes suivants:

1. L'utilisation d'une technique scientifiquement valide peut conduire à des erreurs, par exemple les erreurs de calculs numériques qui interviennent dans une technique de résolution d'un type de tâches;
2. Certaines erreurs peuvent être dues à une non-maîtrise de techniques indispensables à la résolution de certaines tâches rencontrées lors de la mise en œuvre d'une technique valide;
3. Les erreurs peuvent aussi provenir de l'utilisation de techniques valides sur un champ plus restreint, étendues "abusivement", ou de la mise en œuvre d'une technique scientifiquement valide, mais non adéquate institutionnellement;
4. Le refus de faire des calculs mathématiques montre la difficulté à comprendre le système réactionnel mis en jeu;
5. Manque de richesse conceptuelle dans les techniques de justification;
6. L'écriture de l'équation chimique se réduit à une équation bilan sans interprétation microscopique des entités chimiques;
7. Difficultés lors de l'identification de différentes entités chimiques présentes en solution.

Chapitre 3: Transposition didactique et analyse praxéologie institutionnelle: Cas du manuel scolaire

1- Introduction

Le manuel scolaire, outil d'enseignement d'une grande importance dans le système éducatif marocain, est une sorte d'objet intermédiaire, source de renseignements sur des phénomènes liés à l'enseignement et l'apprentissage. Il est vu comme un objet intermédiaire principal dans la transposition didactique entre le savoir à enseigner et le savoir enseigné (Tavignot, 1995). Briand (2010) constate que: « *Pour des enseignants [les manuels] sont des références fiables quant aux savoirs qui y sont présentés. Ils sont donc un outil précieux pour la préparation des leçons au plan des contenus enseignés et des pistes pédagogiques proposées* ». Le manuel scolaire est donc un objet qui réunit deux dimensions constitutives: une dimension praxéologique puisqu'il propose une réorganisation des savoirs en vue de leur enseignement, une dimension didactique « *Transpositive* » puisqu'il est censé de réunir un ensemble de conditions spécifiques, qui, bien que non suffisantes, doivent permettre de donner un sens aux connaissances visées (Briand, 2010). Pour le besoin de notre recherche, nous avons trouvé nécessaire de cerner notre étude du manuel scolaire selon deux angles:

1. Angle de transposition didactique établie par Chevallard (1985);
2. Angle d'organisation praxéologique (Chevallard 1992/99/2003) et Bosch (2004/05).

Ces deux angles seront détaillées par la suite selon une approche progressive qui consiste à séquencer les questions de manière à commencer par aborder le sujet en général et à poser au fur et à mesure que l'on progresse l'étude des questions plus précises et/ou plus impliquantes.

2- Politique pédagogique du manuel au Maroc

Deux textes importants résument la vision officielle pour la production de tout support didactique, sont donnés dessous:

- **Levier 7 (Matière 108) de la charte nationale:** Manuels scolaires et supports didactiques. Etant entendu que les autorités d'éducation et de formation ont la responsabilité de définir les profils de sortie, les objectifs généraux et les principales étapes de progression des programmes et curricula scolaires, le comité mentionné à l'article 107 ci-dessus, supervisera la production des manuels, des livres scolaires et des autres supports magnétiques ou électroniques, sur la base de cahiers des charges précis, par le recours transparent à la concurrence des développeurs, créateurs et éditeurs, en adoptant le principe de la pluralité des références et supports scolaires. Cependant, tout matériel didactique, sous quelque support que ce soit, doit être soumis à l'approbation des autorités d'éducation et de formation (charte nationale, 1999).
- **Vision stratégique 2015/2030**
 - Créer le comité permanent de rénovation et d'adaptation continue des programmes et des méthodes prévu par la charte (matière 107) et l'instituer par un texte réglementaire;
 - Réhabiliter les bibliothèques scolaires et les médiathèques en leur fournissant les ressources adaptées aux apprenants de différents âges et niveaux et aux différents acteurs pédagogiques et culturels.

3- Situation didactique du manuel scolaire

Près de deux cents ans après son entrée massive dans les écoles et à l'heure de l'accès à des ressources numériques, le manuel scolaire occupe une place importante dans l'éducation en général et celui des sciences physiques et chimie en particulier, il a fait l'objet de maintes investigations depuis déjà longtemps, mais son statut comme objet de recherche en didactique a nettement évolué. Depuis une vingtaine d'années, se sont développés des travaux de recherche centrés sur son usage dans les classes de l'école primaire (Maryvonne & Eric, 2018), (Nathalie, 2016). Des études prennent appui sur le contexte du Canada, d'autres, centrées sur le contexte de la France, concernent parfois l'usage du manuel dans différentes disciplines enseignées à l'école primaire, questionner sa légitimité et ses choix idéologiques. Dans les années 1990-2000, un certain nombre de travaux s'y intéressent en tant qu'il est un support d'enseignement et d'apprentissage, et analysent ainsi ses fonctions, ses usages, ses modes de fabrication, etc. Mais à côté de ces recherches centrées sur l'objet « *Manuel scolaire* » lui-même, de nombreux travaux des didactiques se sont également emparés des manuels en tant qu'ils permettent de réfléchir sur les disciplines, leur histoire, leurs contenus d'enseignement et d'apprentissage, leurs valeurs, leurs pratiques, etc. D'autres études s'intéressent à l'usage du manuel dans d'autres niveaux d'enseignement, au collège et/ou au lycée (Maryvonne & Eric, 2018). Dans le contexte marocains une thèse soutenue en 2018 intitulée: « *Les manuels scolaires du français du primaire public au Maroc: état des lieux et perspective* », elle tend d'étudier les manuels scolaires marocains d'un point de vue vertical afin de vérifier la cohérence et la progression des apprentissages à travers les niveaux.

Les réformes éducatives au Maroc (1980, 2002, et présent la Vision stratégique 2015-2030) des curricula dans les disciplines scientifiques qui se sont succédé ont fait de sa révision du manuel scolaire et son adaptation une entrée essentielle pour améliorer l'équité, l'égalité des chances et la qualité des formations dispensées au profit des apprenants marocains.

C'est ainsi que la révision des programmes et la réforme des manuels scolaires sont devenus des questions prioritaires et un défi pour l'institution marocaine en tutelle. La réforme des manuels scolaires a rompu avec les pratiques des transmissions des connaissances et mémorisation dogmatiques et s'est ouvert sur la concurrence et la pensée critique pour la conception et la production et surtout la diversification des manuels, en plus, un processus de certification a été mis en place pour garantir la conformité, à cet effet un comité permanent de rénovation et d'adaptation continues des programmes et des méthodes. Doté de l'autonomie morale, ce comité sera chargé, notamment, de planifier, superviser et valider les produits d'équipes disciplinaires, interdisciplinaires et intersectorielles, spécialement constituées à cet effet et impliquant des spécialistes en éducation et en formation et des personnes ressources compétentes par secteur, branche et spécialité.

Dans une perspective plus ambitieuse et dans le cadre des réformes en cours, le conseil supérieur de l'éducation et de la formation a promis dans sa vision stratégique 2015-2030 d'intégrer des supports multimédia à côté des manuels scolaires en vigueur: « [...] *Ce développement concerne notamment les curricula et les programmes de formations depuis les premiers cycles de l'enseignement. Il se réalisera par l'intégration de supports numériques et d'outils interactifs dans les actes d'enseignement et activités d'apprentissage, de recherche et d'innovation* » (Conseil Supérieur de l'enseignement (CSE), 2015). Malheureusement au

Maroc la réalité est toute autre, le manuel scolaire imprimé occupe une place primordiale dans la scène éducative surtout dans les deux cycles primaire et collégial publique. Il a encore la particularité d'être un manuel unique sans outils auxiliaires tels que: les CD-Rom. En effet, aucun manuel parmi les manuels qui existent sur le terrain n'est doté d'un support numérique complémentaire ! Et ce, contrairement à ce qui existe dans d'autres pays francophones où le manuel imprimé est obligatoirement accompagné d'un ensemble de supports numériques, cette situation est justifiée, car une fois le manuel scolaire est promulgué par le ministère en tutelle, -d'après nos connaissances- il ne fait l'objet d'aucune étude analytique au niveau didactique par les didacticiens, les enseignants, les chercheurs, et aussi le manuel scolaire demeure un produit commercial qui contribuant largement à faire vivre le marché des libraires et des maisons d'édition.

4- Manuel scolaire: Essai de définition

L'appellation « *manuel scolaire* » est composé de deux vocables: « *manuel* » et « *scolaire* », le terme « *manuel* », selon le dictionnaire Larousse, Qui se fait avec la main. Quant au terme « *scolaire* », il désigne tout ce qui se rapporte aux lieux où l'on dispense un enseignement. Tout ce qui est relatif aux écoles et aux élèves. Ainsi, en associant ces deux termes, nous allons aboutir à un concept qui fait allusion à un ouvrage de petit format que l'on peut tenir à la main dans un contexte d'enseignement.

Cependant, plusieurs définitions peuvent être prises en compte pour rapprocher ce concept, parmi ces définitions « *Le manuel scolaire est tout support didactique appliquant les exigences d'un programme scolaire et se rapportant généralement à une méthodologie donnée. Il renferme des connaissances et des activités pratiques susceptibles de favoriser l'apprentissage. Ainsi, les manuels scolaires remplissent pratiquement deux missions: mission officielle, dans la mesure où ils assurent la philosophie éducative de l'état et mission pédagogique puisqu'ils renferment les différentes ressources cognitives que l'apprenant doit acquérir dans un niveau donné.* » (Choukri, 2018). Le manuel scolaire, à lui seul, n'est pas suffisant, il devrait être accompagné et renforcé par des supports complémentaires (cahiers d'activités, fiche de travail, guide pédagogique, etc.) C'est ainsi qu'il peut, gagner en efficacité et en adaptabilité.

4-1 Curriculum/ Programme/Manuel scolaire: quelle distinction?

Lors de la recherche bibliographique, et quand nous étions en train de chercher une définition du terme « *Manuel scolaire* », nous nous sommes rendu compte qu'il y a deux points de vue différents à l'égard de la confusion entre les termes: « *manuel scolaire* », « *programme* » et « *curriculum* »: un point de vue anglo-saxon et un autre franco-européen. La perspective anglo-saxonne établit une relation d'inclusion entre les deux concepts: programme scolaire et curriculum. Alors que, la perspective francophone privilégie une relation de superposition entre ces deux concepts. « *A la lumière de toutes ces définitions y compris celles qui se rapportent aux manuels scolaires, nous pouvons retenir qu'il y a une relation d'inclusion entre nos trois concepts. En effet, le manuel scolaire demeure pratiquement le miroir par excellence d'un programme scolaire. Il s'agit d'un outil de mise en œuvre des propos de ce programme. Ce dernier, lui-même, considéré comme une partie intégrante d'un curriculum donné, permettant ainsi l'opérationnalisation de ses différentes finalités* » (Choukri, 2018).

4-2 Types des manuels scolaires

Selon les spécialistes en matière, il existe plusieurs propositions relatives à la typologie des manuels scolaires. Choppin (1993,2008) a proposé une catégorisation des manuels scolaires selon deux critères: « *Critère d'usage* » et « *Critère d'intention* ». Dans le premier critère, nous trouvons les manuels scolaires proprement dit, et qui ont été consciemment conçus et élaborés pour être utilisés dans des situations d'enseignements. Alors que dans le deuxième critère nous pouvons trouver, à titre d'exemple, les dictionnaires et les œuvres intégrales recommandées par le ministère de l'éducation pour un usage scolaire.

Quant à Seguin (1989), il recourt à une autre catégorisation basée sur un autre critère qui relève de l'organisation canonique du livre. Il propose deux types de manuels scolaires: « *Manuels présentant une organisation et une progression systématiques* » soit en domaine, en secteur et thème ou en unités didactiques dans un ordre canonique régulier bien déterminé par exemple: (plan du chapitre, objectif d'apprentissage, situation réelle pour le questionnement, compétences spécifiques, connaissances,...); « *Manuels de référence ou de consultation* » n'adoptent aucune organisation similaire à celle des manuels scolaires conçus pour un usage scolaire. Mais, ils renferment un contenu qu'on peut consulter ou utiliser comme référence, à un moment donné, dans une situation d'enseignement/apprentissage.

Une troisième topologie, proposée par François-Marie Gérard (2010, 2011), qui identifie quatre types de manuels scolaires:

1. Les manuels de référence, ou manuels-outils: dictionnaire, encyclopédie, ouvrages bibliographiques....;
2. Les manuels synthétisant les connaissances et structurant les acquis, qui deviennent ainsi une référence: manuel scolaire,...;
3. Les manuels intégrant la démarche pédagogique;
4. Les manuels d'exercices.

4-3 Fonctions pédagogiques du manuel scolaire

Les manuels scolaires peuvent remplir plusieurs fonctions, ils sont conçus généralement comme des éléments liés à l'apprentissage des sciences physiques et chimiques en situation scolaire, ils peuvent jouer le rôle idéal de simple orienteur et guide du processus d'enseignement apprentissage, mais pourtant ils occupent souvent une position centrale en classe des sciences, en déterminant les contenus et les manipulations qui seront travaillés, ainsi que le matériel nécessaire, la méthodologie, l'essentiel qu'il faut acquérir et le rythme qui seront appliqués par l'enseignant.

Vargas (2006) affirme: « *Le bon manuel est donc celui qui, d'une part, contient des savoirs assurés, fiables, que l'élève ne peut assimiler seul, mais dont l'enseignant peut faire son profit. Et qui, d'autre part, tout en proposant une certaine organisation didactico-pédagogique, laisse l'enseignant relativement libre de sa démarche: un ouvrage pédagogique qui ne soit pas réellement marqué pédagogiquement* ». Cette affirmation est un peu idéalisée, bien qu'envisageable en classe qui respecte les recommandations et les orientations pédagogiques au service de tous les élèves. Pour plusieurs chercheurs en didactique, au-delà de son prix très cher surtout dans l'école privée et dans le niveau secondaire qualifiant, le manuel n'encourage pas la recherche personnelle, ni de l'apprenant ni de l'enseignant, et installe en salle une routine

confortable, sans authenticité, en idéalisant une vision de monde différente de la réelle et sans refléter les besoins des apprenants (Juliana & Faggion, 2009). Les professionnels « *en faveur* » des manuels répondent: « *Mais le maître, nous l'avons dit, tient à sa liberté pédagogique: le manuel ne doit pas venir perturber son projet en imposant sa propre démarche; il ne doit pas menacer sa liberté, voire son identité; le manuel est indispensable quand on débute, mais l'objectif du bon maître, c'est, normalement, d'éliminer le manuel des sources de son savoir et de ses pratiques. Le maître doit être la source du savoir.* » (Vargas, 2006). En général les fonctions des manuels scolaires pourraient être plus larges et toucher à des aspects autres que l'apprentissage et d'un point de vue taxinomique, selon Jonnaert (2009) et Choukri (2018) qu'ont répertoriés une liste de fonctions des manuels scolaires comme suit:

- *Fonction d'aide à l'implantation d'un programme d'études;*
- *Fonction d'appui à l'acte d'enseignement;*
- *Fonction d'autonomisation/individualisation de l'apprentissage;*
- *Fonction de différenciation pédagogique;*
- *Fonction d'organisation des acquis;*
- *Fonction de conservation des traces;*
- *Fonction d'aide à l'évaluation;*
- *Fonction d'aide au suivi, à l'accompagnement de l'élève;*
- *Fonction d'ancrage culturel;*
- *Fonction d'aide à l'apprentissage;*
- *Fonction d'aide à l'enseignement »*

La perception présentée par Philippe Jonnaert dans la liste montre le côté pratique de l'utilisation du manuel, mais non l'idéal. Le manuel doit fonctionner comme un élément d'interaction entre tous les agents du système d'enseignement (Apprenant, enseignant et parents) et non pour aider à un seul agent, sans compter le fait que l'apprentissage et l'apprenant sont l'objectif principal de tout système et de la transposition didactique, comme nous le verrons par la suite. Finalement, nous soulignons sur l'utilisation du manuel scolaire comme un outil d'évaluation de l'apprentissage par l'enseignant, le plus traditionnel et commun, mais aussi par l'apprenant lui-même, qui a la possibilité de revoir son processus à partir des résultats positifs ou négatifs qu'il atteint après la résolution des activités, ces résultats lui serviront pour valider sa compréhension du contenu mais aussi proposer des stratégies de « *Remédiation* » dans le cas de l'acquisition d'une connaissance qui n'a pas été bien approprié. Dans cette situation, l'individu évalue sa performance, les résultats qu'il a atteints et les possibles problèmes qui l'ont fait faillir dans son but pour, ensuite, imaginer les manières de les résoudre, refaire l'activité et solutionner les difficultés pour arriver à un résultat positif et satisfaisant de l'acquisition, et n'oublions pas l'utilisation du manuel par les parents comme référence afin de faciliter leurs suivi parental permanent.

5- La transposition didactique dans le manuel

La notion de transposition didactique introduit par Yves Chevallard (1985) considère l'enseignement comme une adaptation du savoir à enseigner au savoir enseigné: « *Tout projet social d'enseignement et d'apprentissage se constitue didactiquement avec l'identification et la désignation de contenus de savoirs comme contenus à enseigner. [...] Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations*

adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d'enseignement. Le « travail » qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement est appelé transposition didactique ».

Le savoir enseigné est, comme son nom l'indique, le savoir enseigné par les enseignants aux élèves. Ce savoir est celui que le professeur construit à partir de différentes ressources, comme le manuel, pour le mettre en œuvre dans la classe, donc le manuel apparaît comme la matérialisation de cette transformation: *« Le manuel est un stade important de la transposition didactique, entre le « savoir à enseigner » et le « savoir enseigné ». Les auteurs sont influencés par les programmes scolaires en vigueur, mais aussi par les conceptions des scientifiques et par les valeurs dominantes dans le contexte historique, politique et social du moment. »* (Quessada & Clémant, 2007)

Cette affirmation nous montre le rôle incontournable du manuel, cependant sa réalisation est influencée par les programmes scolaires, les curriculums et les valeurs dominantes dans le contexte école social et politique du moment. Ces influences externes améliorent la caractéristique sémiotique des manuels: y sont présents des textes, des images, des tableaux, des courbes, des couleurs et des signes qui font de ces livres un outil important d'appui à l'enseignement-apprentissage. *« Le manuel scolaire, étant de par sa nature porteur de connaissances, est le porte-parole d'un champ particulier du savoir, d'une science, d'une discipline. La discipline à laquelle appartiennent concepteurs et rédacteurs représente elle-même un vaste système social international, où règne des paradigmes dominants et des paradigmes minoritaires, des théories émergentes, d'autres en déclin, et une hiérarchie de savants reconnus ou en voie de l'être. Le système de la discipline se concrétise, se personnalise. »* (Aubin & al, 2007).

Ravel (2003) indique que: Le processus de transposition interne s'effectue en deux phases: Savoir à enseigner → Savoir apprêté (savoir préparé par un intervenant) → Savoir enseigné, cette décomposition permet aussi bien d'analyser le rôle de l'enseignant dans le travail interne de la transposition didactique que celui des différents intervenants du système d'enseignement que sont les concepteurs et les rédacteurs de manuels. Autrement, alors que chez les enseignants le savoir à enseigner est apprêté (transformé) en vue d'un enseignement effectif, pour les manuels, le processus de transposition didactique interne s'interrompt au niveau du savoir apprêté. Ainsi, comment l'apprêt du savoir savant se fait-il par les auteurs des manuels au Maroc? Puis, comment ce savoir apprêté est-il transposé en un savoir enseigné et en une démarche et approche d'enseignement?

Si l'enseignant est le porte-parole de sa discipline particulier, l'autre intermédiaire privilégié entre le savoir savant et l'élève, voire entre le savoir savant et l'enseignant lui-même, est le manuel scolaire. Ce dernier est donc à l'intersection du curriculum officiel et du curriculum réel. Il reflète de choix des connaissances et de conceptualisation du savoir qui s'est produit d'une sphère de légitimation à une autre. D'où l'intérêt d'analyser ce type d'ouvrage pour recueillir des données précises sur la manière dont est apprêté le savoir savant et sur la façon dont est conduite les démarches et les approches d'enseignement scientifique à travers la transposition didactique.

Des recherches comparables en didactique sont encore peu nombreuses au Maroc. Ainsi, ne dispose-t-on que de quelques travaux portant sur l'analyse du contenu dans les manuels des

sciences de la vie et de la terre de l'enseignement secondaire et du français de l'enseignement primaire et collégial. Aussi, croyons-nous qu'il est nécessaire de s'intéresser à l'analyse de ces manuels marocains encore très peu étudiés du point de vue didactique. C'est dans cette perspective que nous présenterons ici les résultats d'une étude d'un thème portant sur l'attraction universelle « *Gravitation universelle* » dans un manuel scolaire des sciences physiques chimies du tronc commun scientifique. Le programme de la mécanique est enseigné pour la première fois au deuxième semestre de la dernière année du cycle secondaire collégial au Maroc.

Le choix de cette thématique résulte du fait que ces notions, inscrites dans le premier secteur (Interactions mécaniques) de la mécanique rencontré par les élèves du tronc commun scientifique, technique et professionnel, constitue un moment privilégié pour l'enseignement et l'apprentissage des concepts scientifiques relatifs aux forces d'attraction et d'interaction comme cela a été signalé dans le programme et les orientations pédagogiques relatives aux sciences physiques au secondaire qualifiant (Ministère de l'Éducation nationale, 2007).

L'analyse des manuels des sciences physiques à propos du concept « *Force* », soulèvent le caractère mathématisé de la démarche de transposition du savoir savant au savoir à enseigner dans le programme de mécanique au collège et son rôle dans la persistance des difficultés des collégiens sous-jacentes à l'enseignement-apprentissage du concept « *Force* ».

Dans le contexte marocain, on signale les travaux de Maarouf et Kouhila (2001) sur les difficultés rencontrées par les élèves lors de l'étude de situations mécaniques au collège. Les auteurs attribuent les difficultés d'acquisition des premières notions de mécanique principalement au non intégration des processus de modélisation et de conceptualisation dans les structures cognitives des collégiens marocains, ainsi ces deux chercheurs recommandent d'explicitier aux apprenants le mode de fonctionnement spontané et le mode de fonctionnement scientifique afin de développer chez eux le processus de pensée propres aux sciences physiques.

6- Problématique de la recherche

Malgré l'importance assignée par la politique pédagogique marocaine au manuel scolaire comme support didactique et porteur de valeurs et de connaissances, les réformes pédagogiques et didactiques n'ont pas donné lieu aux changements attendus et n'ont pas produits d'amélioration visible sur les apprentissages des apprenants au sein de l'école. En effet, selon nombreux enquêtes officielles et non officielles, sur les résultats d'apprentissage au Maroc, indiquent des déficits cognitifs chez l'apprenant en relation aussi bien avec les programmes (études nationales) que les normes internationales (études comparatives). De même le rapport de la banque africaine de développement (BAD), publié en 2013, souligne que la qualité des acquisitions des élèves (*Marocains*) reste faible par rapport à ce qui est observé dans d'autres pays, dans tous les cycles d'enseignement. Dans la perspective d'analyser cette situation délicate et alarmante, nous avons questionné les orientations pédagogiques décidées par les autorités éducatives, le contenu scientifique et la démarche d'enseignement/apprentissage proposés dans les manuels scolaires.

En ce qui concerne la première hypothèse, on considère que les nouvelles orientations pédagogiques sont rarement appliquées, en grande partie à cause du déficit de conception à ce propos, les praxéologies sciences physiques recommandés dans le programme sont

généralement locales, et les blocs technologico-théoriques nécessitent des démonstrations et des développements théoriques (Elouardachi et al, 2018). Ce niveau d'usage, que nous qualifions de formel-structural, pourrait s'expliquer par un souci de répondre aux exigences de rigueur mathématiques physiques et d'introduire un certain formalisme au niveau secondaire qualifiant. Ceci constitue un frein à l'amélioration de la qualité de l'enseignement et conduit à un réel décalage entre les orientations pédagogiques et les pratiques pédagogiques en classe. Il en résulte un décalage entre le niveau attendu des élèves et leur niveau réel.

Quant à la deuxième hypothèse, il nous paraît intéressant de retenir le concept de la gravitation universelle, abordé dans l'enseignement secondaire qualifiant au tronc commun scientifique, comme modèle d'analyse de l'appropriation didactique du savoir savant dans un ouvrage de physique et chimie de la classe tronc commun: Al Massar physique et chimie version arabe édition de 2011, ce manuel est approuvé par le ministère de l'Éducation nationale sous le numéro 2005/1806. Cette étude nous permet alors de savoir comment se construit la transposition didactique dans cet ouvrage. Dans quelle mesure le discours didactique des manuels scolaires de physique chimie du tronc commun respecte-t-il les principes et la logique adoptée par le Ministère de l'éducation Nationale? Et à quel point les ressources, les activités d'apprentissage et les modalités d'évaluation telles qu'elles sont conçues dans ce manuel, favorise-t-elle le développement de l'ensemble des compétences disciplinaires et transversales envisagées dans le curriculum?

7- Méthodologie

Cette partie de travail s'intéresse à la transposition pédagogique proposée dans le manuel scolaire marocain en prenant pour exemple la gravitation universelle en classe de tronc commun au niveau secondaire qualifiant (élèves de 15 à 18 ans), le manuel concerné a été publiés après la réforme de 2002 et selon les nouvelles orientations pédagogiques en vigueur depuis 2007, il est possible de chercher si les auteurs ont tenu compte des objectifs préconisés par le nouveau curriculum du ministère de l'éducation national au Maroc. En effet, ces orientations pédagogiques servent donc de relais entre le curriculum officiel et l'élève, voire même entre ce curriculum et le curriculum réel (pratique en classe) en proposant une forme de savoir approprié (transformé), élaborée par les inspecteurs et des enseignants des sciences physiques.

Selon les concepteurs des orientations pédagogiques et de programme relatifs aux sciences physiques de la classe tronc commun (MEN, 2007), l'étude de la gravitation universelle offre une occasion pour introduire l'échelle de distances dans l'univers et la loi de Newton, ce qui contribuerait à développer un ensemble d'habiletés chez l'élève. Elle devrait aboutir, selon eux, à connaître l'échelle de grandeurs entre les corps et les particules dans l'univers, à montrer l'aspect physique et mathématique de la loi de Newton relative à la gravitation universelle, à connaître le poids du corps et la formule ($\vec{P} = m \cdot \vec{g}$), à utiliser la formule mathématique:

$$(g = g_0 \frac{R^2}{(R + h)^2})$$

Quant à la méthodologie d'enseignement, ce même curriculum prescrit l'introduction de l'approche par compétences dans laquelle les contenus sont traduits se forme d'activité, travail à faire, un ensemble de moyens matériels et méthodologiques qui placent l'apprenant en contact étroit avec l'univers naturel ou construit. Le curriculum recommande l'utilisation de la démarche scientifique et l'expérimentation lors de l'enseignement des concepts physiques et

chimies. Dans le manuel scolaire, Al Massar physique et chimie de Ben sadiq et autres, analysé, les auteurs ont choisi une logique générale pour concevoir leur manuel illustré dans la partie appelée conseils pour utiliser ce manuel «ارشادات لاستعمال هذا الكتاب». Ce manuel scolaire fait partie d'un ensemble pédagogique qui se compose seulement du livre de l'élève, aucun autre support n'est envisagé pour accompagner ce manuel; ni cahier d'exercice ou d'activité documentaire, ni cd-rom, ni supports iconographiques relatifs à chaque thème.

5-3 Résultats de l'étude qualitative et discussions

Pour collecter des données susceptibles d'apporter des réponses à ces interrogations, nous allons, dans cette partie, analyser le contenu du manuel en vigueur en adoptant deux types d'étapes: Etape de la pré-analyse qui a pour but l'étude de la macrostructure du manuel, en focalisant son organisation générale, sa structure et sa progression; Etape de l'analyse de contenu proprement dite. Elle ciblera l'étude détaillée de la microstructure de notre manuel. Avant d'entamer ces deux étapes, présentons d'abord le manuel de cette étude.

5-4 Présentation du manuel

Pour les classes de tronc commun scientifique et technique du secondaire qualifiant, le programme propose d'étudier trois parties (Domaines): La mécanique, l'électricité et la chimie de solution. La première partie comporte cinq unités (Secteur): Interactions mécaniques en deux leçons (Attraction universelle; Exemples d'actions mécaniques); Mouvement; Principe d'inertie; Quantité de mouvement*; Equilibre d'un corps solide. C'est donc sur une leçon de la première unité de la première partie que nous allons focaliser notre étude. Il convient de rappeler que nous allons analyser la leçon portant sur l'attraction universelle dans un manuel scolaire rédigés en arabe, et qui est, actuellement, parmi les ouvrages en usage.

5-5 Fiche signalétique du manuel

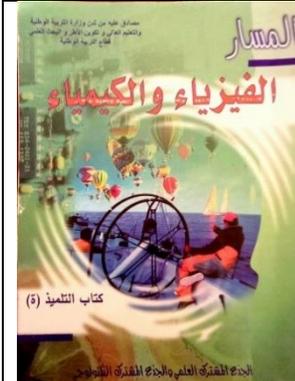
	Titre	Al Massar Physique Chimie
	Niveau	Tronc commun
	Editeur	Nadia Edition
	Auteurs	2 inspecteurs pédagogiques + un agrégé
	Support accompagnateur	Pas de support
	Date d'Édition	2010
	Nombre de leçon (unité)	24
	Nombre de page	240

Figure 30: Fiche signalétique 2 représentant le manuel «Al Massar Physique Chimie (version arabe)» du TC scientifique et technique

5-6 Structure globale du manuel

Tableau 34: Macrostructure du manuel «Al Massar Physique chimie»

<i>Eléments observés</i>	<i>Observations</i>
La couverture	La page de couverture est assez aérée. Elle est en couleur avec une dominance du vert. Au centre de laquelle, nous trouvons une grande

	<p>image qui représente un marin entrain de guider son bateau à voile, des montgolfières et des circuits électriques Le choix de cette image ne semble pas aléatoire, mais elle fait référence au deux domaines de la physique mécanique et l'électricité mais elle néglige la chimie.</p>
L'organisation du manuel	<p>Le manuel «Al Massar physique et chimie » n'est pas un recueil de texte scientifique de lecture, mais un manuel scolaire qui renferme plusieurs activités scientifique documentaire et expérimentales. Il est structuré en vingt-quatre unités, chacune d'elle s'étale une ou deux semaines traitant les thèmes déterminés par le programme et visant le développement d'un certain nombre de compétences transversales et spécifiques. Ce manuel adopte une progression linéaire et un découpage unité répétitif facilitant l'utilisation pour les apprenants. Pour plus de clarification, nous allons présenter, par la suite, la structure de chaque unité.</p>
Structure de l'unité	<p>Chaque unité débute par une page représentant une image légendée par un ou deux phrases et des questions clés, les objectifs visés et les contenus qui s'y rapportent, ensuite vient les activités expérimentales et/ou documentaires, dans la suite on retrouve un essentiel de cours qu'il faut acquérir et mobiliser pour répondre aux questions problèmes suivi d'un bilan de connaissances et une lecture additive. L'unité est clôturée par des activités de soutien et renforcement se forme: des exercices résolus avec ses solutions détaillées et méthodiques pour s'entraîner à rédiger les solutions, des exercices pour tester les connaissances, des exercices d'application pour vérifier l'acquisition des concepts et des exercices de difficultés progressives pour intégrer les connaissances et les concepts.</p>
Les facilitateurs	<p>Présentation du livre: Il s'agit d'un avant-propos et guide illustré en figure destiné aux élèves, leur donnant des renseignements sur le contenu du manuel et sur sa composition.</p> <p>Compétences visées: Il s'agit d'une liste de compétences transversales, de compétences disciplinaires et de compétences spécifiques relatives aux domaines mécanique, électricité et chimie.</p> <p>Outils numérique: Exemple d'utilisation de tutoriel (ACD/3D Viewer; Regressi) et logiciel (Excel)</p> <p>Symbole et formule: Il s'agit d'une liste de symbole électrique, de grandeur physique et chimique avec les unités, de puissance de 10 et quelques relations mathématiques.</p> <p>Tableau périodique: Il présent les 112 éléments chimiques.</p>

	Glossaire: Il propose une liste de termes en arabe et français avec leurs pages.
	Références: Il s'agit d'une liste de références bibliographiques en arabe et français.
	Sommaire: Il est placé à la dernière page du livre, il reprend les titres et les thèmes des séquences avec ses différentes disciplines et leurs pages correspondantes pour faciliter l'accès aux apprenants.

En se basant sur cette étude de la macrostructure du manuel «Al Massar Physique chimie», nous pouvons affirmer qu'il s'agit d'un manuel, apparemment, structuré, présentant une progression facilement lisible et repérable. En effet, au premier coup d'œil, ce manuel semble attirant et attractif grâce aux couleurs et aux images. Il offre plusieurs outils facilitateurs susceptibles d'aider l'apprenant et l'enseignant à l'utiliser d'une façon aisée.

5-7 Etude du manuel et démarche suivie

Cette étude de la microstructure du manuel scolaire « Al Massar Physique chimie » vise l'analyse de son contenu d'un point de vue disciplinaire et transposition didactique. Elle a pour objectif de vérifier si les activités proposées dans ce manuel respectent les principes et la logique des orientations pédagogiques officielles. Pour mener à bien cette analyse et réaliser l'objectif visé, nous optons pour la stratégie suivante:

- Inventorier les compétences disciplinaires et transversales visées par ce manuel;
- Analyser les facilitateurs, notamment la préface et la table des matières pour en déduire les intentions pédagogiques des concepteurs;
- Analyser le contenu et la conception de la leçon Attraction universelle;
- Analyser le contenu et la conception des activités d'évaluation et de soutien.

5-8 Compétences visées par le manuel

Pour inventorier la liste des compétences disciplinaires et transversales visées pour le niveau tronc commun scientifique, nous avons consulté, dans un premier temps, les orientations pédagogiques relatives à l'enseignement de physique chimie en tronc commun scientifique édités en 2007 qui devrait renfermer le curriculum et les différentes compétences qui s'y rapportent, nous avons constaté que ces orientations présentent trois types de compétences:

- Les compétences transversales communes (5 compétences) entre d'autres matières enseignées;
- Les compétences disciplinaires (13 compétences) relatives à la discipline physique chimie au cycle secondaires qualifiant;
- Les compétences disciplinaires (6 compétences) relatives aux domaines (Mécanique, Electricité et Chimie) du programme tronc commun.

En comparant ces compétences avec les compétences citées dans le manuel, nous avons pu relever les remarques suivantes:

- L'incompatibilité de certaines compétences disciplinaires relatives aux domaines (électricité et chimie) citées dans le manuel avec celles officielles, par exemple la

compétence « utilisation des appareils de mesure et prendre les précautions nécessaires » n'existe pas les orientations pédagogiques de 2007;

- Le manuel scolaire ne cite pas les compétences développées au début de chaque séquence ou leçon;
- Les auteurs continuent à utiliser le terme « Objectif » pour désigner des connaissances ou des habiletés, on rappelle que l'approche par objective n'est plus au centre du curriculum marocain.

5-9 Analyse des facilitateurs

Le terme facilitateurs signifié, comme son nom l'indique, un ensemble de renseignements donnés qu'on trouve souvent dans les manuels scolaires. Il s'agit ici de: la préface ou l'avant-propos, le sommaire, la table des matières, les illustrations, le glossaire, les tableaux, les annexes, les figures, etc. L'introduction des facilitateurs dans les manuels scolaires n'est pas gratuite, mais ils sont proposés par les auteurs pour faciliter la manipulation et l'emploi de ces outils didactiques et donner des clarifications sur la progression des apprentissages, le découpage de l'œuvre et la démarche pédagogique adoptée. Pour notre analyse micro de ce manuel, nous allons étudier seulement l'avant-propos et la table des matières dont le contenu pourrait nous donner des indices sur la démarche et l'approche proposées par les éditeurs. Le tableau, ci-dessous, présente les particularités de ces deux facilitateurs comme suit:

Tableau 35: Etude de l'avant-propos et de la table des matières du manuel Al Massar physique-chimie

Facilitateurs	Analyse
Avant-propos	<p>les concepteurs de ce manuel ont nommé cette rubrique introduction « تقديم », ils ont commencé leur discours par le pronom personnel « tu » en s'adressant au public visé qui désigne, sans doute, les élèves. Cela fait allusion à ce que les concepteurs placent l'apprenant au centre des apprentissages. Cet avant-propos se compose de trois parties, chacune jouant un rôle bien défini:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La 1^{ème} partie de cette présentation prétend que la rédaction de ce manuel respecte les orientations pédagogiques et les principes fondamentaux cités dans la charte national de l'éducation et de la formation qui insistent sur les nouveaux curriculums pédagogiques; 2. La 2^{ème} partie présente les différentes activités et supports existants dans ce manuel qui placent selon les auteurs l'apprenant au centre de apprentissage et qui répond aux exigences de la vie de tous les jours, les auteurs n'oublient pas de signaler l'introduction de quelque tutoriels simple pour une utilisation dans des activités; 3. La 3^{ème} partie présente une motivation au travail, à l'assiduité, à la recherche et la découverte.
Table des matières	<p>Ce facilitateur est appelé par les auteurs « الفهرس Alfahras », cette table des matières expose clairement la structure du livre qui contient, comme déjà mentionné, 3 unités d'apprentissage (Mécanique, Electricité et chimie) proprement dites, chacune s'étale respectivement sur 8, 7 et 9 unités, à</p>

partir de ce tableau, nous comptons 24 leçons d'une durée de 2 heures jusqu'à 8 heures.

Il est à remarquer que, dans cette analyse, les auteurs n'ont donné aucune indication sur l'approche pédagogique adoptée par le manuel. Et nous trouvons cela logique du fait que cet écrit est adressé exclusivement aux apprenants qui ne sont pas en mesure de comprendre ce genre de discours.

5-10 Analyser le contenu et la conception de la leçon « Attraction universelle »

Ce manuel développe la leçon de l'attraction universelle en cinq séquences de neuf pages sur un total de 240 pages (mise en situation d'introduction, activité documentaire 1 sur l'échelle de longueur, activité documentaire 2 sur l'attraction universelle, viennent ensuite le bilan des connaissances (4 pages) puis les exercices d'évaluation (2 pages)). La première séquence d'introduction présente une image de Saturne et ses quatre lunes, l'image est commenté par la phrase suivante « La présence de ses lunes dans leurs orbites autour de saturne est dû à l'interaction entre ces corps, comme pour le reste des planètes et des lunes », viens ensuite deux questions: Quel est la nature de ces interactions? Quel est la loi qui réagisse ces interactions? Pour répondre à cette question, les auteurs proposent deux activités documentaires.

La première activité documentaire est intitulée: «*Echelle de longueurs* ». Pour ce faire, on présente aux apprenants, quatre images des corps de différents taille et dimension: les exploitations en mentionnant les longueurs avec les unités (mètre (m), mm, km, μm) après on demande aux apprenants d'exprimer ces longueurs précédentes en mètre en notation scientifique ($a \cdot 10^n$) et se forme d'ordre de grandeur (10^n ou 10^{n+1}), à la fin de cette activité on demande aux apprenants de placer ces longueurs sur l'axe gradué en puissances de 10.

Quant à la deuxième activité intitulée «Attraction universelle», les auteurs du manuel présentent aux apprenants un texte sur l'histoire de l'interaction entre les corps et l'hypothèse de Newton, deux images et deux figures montrant le mouvement des planètes autour du soleil et celle de la lune autour de la terre, l'exploitation consiste à répondre aux quatre questions proposées, conclure sur le mouvement de la terre autour du soleil et montrer que la cohérence du système solaire est dû à l'attraction solaire.

Après ces deux activités documentaires les auteurs du manuel proposent aux élèves un contenu de connaissances, en trois pages selon l'organisation suivante:

1- Echelle des longueurs

1-1 Ordre de grandeur (définition, utilité d'ordre de grandeurs)

1-2 Axe d'échelle de distance

2- Attraction universelle

2-1 Loi de Newton pour l'attraction universelle (Enoncée du loi, la formule mathématique du loi)

2-2 Effet d'interaction entre deux corps non ponctuel

2-3 Interaction entre la terre et un corps de distribution massique sphérique

2-4 Poids d'un corps

3- *Bilan de connaissances*

4- *Lecture additionnelle*

A la fin de la leçon les auteurs structurent les activités d'évaluation et de soutien en quatre rubriques:

- 1- « *Exercice résolu* » qui présente des conseils méthodiques avec une solution détaillée pour s'entraîner à rédiger les solutions des problèmes;
- 2- « *Six exercices* pour tester les connaissances acquises pendant la leçon »;
- 3- « *Quatre exercices* d'application pour vérifier l'acquisition des concepts et des connaissances »;
- 4- « *Deux exercices de difficultés progressifs* pour intégrer les connaissances et les compétences ».

5-11 Démarche suivie

La consultation des différentes parties du thème « *Gravitation universelle* » proposée, nous a permis de constater ce qui suit:

- L'organisation du thème dans le manuel n'est pas conforme aux orientations pédagogiques officielles de 2007 qui recommandent de commencer le thème par rappeler le principe d'interaction entre les corps, et d'observer les corps dans l'univers afin d'introduire l'échelle de longueur d'un part et la loi de Newton d'autre part, pour tous ceci le programme officiel commence par les forces de gravitation universelle suivie par l'échelle des longueurs dans l'univers et dans l'atome;
- Les questions proposées dans l'introduction ne reflètent pas la cohérence pédagogique avec l'organisation du thème, elles ne permettent pas de saisir les deux axes traités dans ce cours: Echelle de longueurs et attraction ou gravitation universelle;
- Les activités supports ne figurent pas sur les pages réservées aux activités documentaires. Cela entrave aussi bien le travail de l'enseignant que celui de l'élève chez lui. L'enseignant se trouve contraint de multiplier les efforts pour faire corriger les activités aux élèves et ces derniers ne trouvent pas dans leur manuel un support les aidant à construire progressivement le sens du travail autonome;
- Les questions des activités 1 et 2 visent, dans leur majorité, le développement de la logique de type inductive, il s'agit de suivre, pas à pas, les protocoles et les consignes mis à leur disposition à partir des activités particuliers de l'échelle de longueurs puis de celles de l'interaction entre les corps pour aboutir, par généralisation, à la théorie de gravitation universelle;
- La qualité des consignes et des tâches accompagnant les questions support laisse à désirer. Il s'agit, généralement, de questions d'observation simples ne suscitant pas la curiosité de l'apprenant et ne lui permettant pas de s'impliquer efficacement dans la construction du savoir;
- La qualité des images est acceptable mais aucune échelle de représentation n'a été donnée pour avoir une idée sur la taille des objets représentés;

- On note l'absence d'une liste de prérequis des apprenants ayant une relation avec le phénomène scientifique étudié entrave le déroulement de la séance et l'exploitation des supports;
- L'absence des activités de motivation faisant le lien entre le savoir antérieur et le nouveau savoir;
- L'absence des activités et des exercices différenciées dans le manuel provoquent des difficultés d'apprentissage aux élèves, ce qui prive de leur droit d'apprendre à leur rythme;
- L'absence des activités d'évaluation diagnostique qui se réalise au début de chaque année, et qui durent une semaine. Elle a pour objectif de mesurer le degré de maîtrise des compétences visées durant l'année précédente en vue d'envisager des activités de soutien et de remédiation;
- Les exercices proposées pour l'évaluation et le soutien visent des savoirs décontextualisés en dépit des savoir-faire et des savoir agir;
- Aucune activité expérimentale n'est proposée pour l'élève pendant ce premier thème;
- Les activités de soutien proposées relèvent seulement du soutien collectif. Aucune activité de soutien par groupes de besoin ou de soutien individualisé n'est anticipée.

5-12 Savoir savant dans le manuel

L'approche historique pour introduire la gravitation universelle est mal valorisée dans les recommandations officielles des programmes actuels du Maroc et dans ce manuel scolaire, comme le soulignent Maurines & Beaufils (2011), ces intentions générales, bien qu'assez consensuelles, restent peu concrétisées dans les manuels et dans les pratiques des enseignants. Dans notre cas analysé l'enseignement de la notion de la gravitation universelle est introduit par analogie avec l'attraction terrestre, bien qu'elle soit très éloignée du sens commun (Maron & Colin, 2017). Lors d'une évocation de la notion de poids dans le cours du secondaire: « *Tout objet situé sur la Terre est soumis à des actions mécaniques dont les effets se manifestent à tout moment. Prenez votre pomme et placez-la à une certaine hauteur; lâchez-la; elle tombe. Pourquoi cette pomme est-elle tombée? Parce qu'elle est soumise à des actions mécaniques exercées par la Terre; ces actions s'exercent à distance et sont réparties sur toute la pomme. Pour simplifier, nous modéliserons ces actions par "une force"; on dira que la pomme est soumise à une force exercée par la Terre* ». Cette interprétation habituelle dans le sens quotidien représente un lien entre un phénomène de la chute des objets et quelque chose de l'ordre de dix millions de fois plus grand: la planète terre. Ainsi si aucun argument n'est évoqué pour justifier ce lien, il convient de reconnaître son statut de « *vérité révélée* », désapprouvé par les programmes. Le fait qu'une telle interprétation puisse faire sens pour les élèves est d'ailleurs mis en doute, notamment par Halbwichs (1979): « *[...] l'enfant peut-il comprendre les affirmations selon lesquelles le poids est une attraction à distance par la Terre? Ne considère-t-il pas plutôt, comme l'ont fait tous les penseurs antérieurs au XVII^{ème} siècle, que le poids est inhérent au corps, avec peut-être l'arrière-pensée animiste que le corps pesant "tend" vers le bas parce qu'il veut tomber?* ».

Ainsi, la seule justification donnée aux élèves pour justifier l'attraction est la masse des objets, introduire la notion d'attraction terrestre revient à donner une information – qui n'est pas forcément difficile à conceptualiser, ni à retenir – mais une information dont la légitimité, la vraisemblance, ne vient finalement que de l'argument d'autorité scolaire d'un manuel ou d'un

enseignant. Dans une étude sur la chute des corps, Baldy et Aubert (2005) constatent également l'insuffisance des justifications traditionnelles de la gravitation données aux élèves: « *La discussion [...] montre que les élèves se demandent d'où provient la force d'attraction. Pour répondre à cette interrogation, nous avons présenté le modèle de l'interaction entre les corps: tous les corps massifs s'attirent entre eux par un phénomène différent de l'attraction entre des corps aimantés ou entre des corps électrisés. Mais on se rend compte que cette explication ne suffit pas. Certains élèves se demandent quelle est la nature de cette force "mystérieuse" qui attire les corps et que l'on représente par une flèche partant d'un point situé au centre de l'objet.* », l'absence de justification et le décalage avec les orientations pédagogiques officielles, mettent les élèves en perplexité. Ces constats incitent à considérer d'autres façons pour introduire ce sujet. L'intention de cette reconsidération du savoir savant « *la gravitation universelle* » implique une identification et articulation de tous les éléments nécessaires à la compréhension d'une conception logique menant à la connaissance en jeu. Il s'agit en particulier de faire apparaître les anciens faits expérimentaux initiaux et les problématiques de départ, à l'origine de la discussion théorique. Des recherches en didactique (Maron & Colin, 2017) rassemblent les différentes difficultés rencontrées lors de l'enseignement des notions associées à la gravitation en deux problèmes centraux: La non-évidence de l'attraction terrestre, abordée en introduction, constitue le premier problème visé; le second concerne la distinction faite par les élèves entre les phénomènes sur terre et dans l'espace, par contraste avec l'universalité de la loi de la gravitation. Maron et Colin (2017) proposent une réponse à ces problèmes se forme d'une stratégie multidimensionnelle (D_i):

- D₁: L'introduction de la gravitation par les anciennes représentations pré-newtoniennes du monde en s'inspirant d'une relecture de l'histoire des sciences guidée par la connaissance des difficultés d'élèves, afin de trouver des éléments permettant d'y remédier;
- D₂: L'utilisation d'une approche de la dynamique en évitant d'introduire le concept de force associée à la chute, le poids, comme ayant un sens autonome, c'est-à-dire ayant un sens avant d'apparaître de l'action. L'approche a été conçue également pour considérer aussi les difficultés connues pour l'apprentissage de la dynamique (l'association force-vitesse, la recherche d'une force dans le passé du mouvement, le raisonnement en termes de capital de force, etc.);
- D₃: Une redéfinition des trois lois newtoniennes du mouvement uniquement dans le référentiel terrestre pour éviter la difficulté de circularité entre le principe d'inertie et la notion de référentiel galiléen;
- D₄: Présenter la première loi de Newton (Principe d'inertie), comme une redéfinition du mouvement de référence de la théorie: le mouvement rectiligne uniforme. Cette nouvelle dimension justifie donc l'interprétation du mouvement de chute en termes de force, du fait de son caractère accéléré;
- D₅: Présenter la seconde loi, comme une définition quantitative de la grandeur force pour quantifier les circonstances physiques associées à l'accélération, $F = ma$;
- D₆: Présenter la troisième loi, comme une reformulation de la conservation de la quantité de mouvement (empirique), dans le formalisme introduit.

8- Conclusion transposition didactique

Le résultat de cette analyse montre que le manuel Al Massar Physique chimie Tronc commun n'a pas respecté les orientations pédagogiques officiels des physiques chimies à plusieurs niveaux: au niveau des activités d'enseignement, au niveau des activités d'apprentissage et au niveau des activités d'évaluation et de soutien. Il s'avère clair que le manuel ne remplit pas sa fonction d'aide et d'information à l'égard des enseignants: il ne leur offre pas un grand choix, absence d'un guide pour l'enseignant, au niveau des activités proposées, au niveau des outils d'aide (graphes, allures de courbes, équations, schémas expérimentaux, photos, symboles, etc.) et au niveau des démarches et stratégies pédagogiques pour les aider à réaliser les compétences visées à bon escient. D'autant plus qu'il n'a pas mis à la disposition des enseignants plusieurs outils leur permettant de mieux exercer leur rôle d'enseignement, à savoir: profil d'entrée et de sortie du public cible, référentiel de compétences disciplinaires et transversales, situations d'apprentissage, situations-problèmes, situations d'évaluation et de soutien relatives à chaque compétence ou ensemble de compétences, ainsi que des situations favorisant le transfert et l'interdisciplinarité. Ajoutons à cela, qu'ils ne fournissent pas aux enseignants des explications et des orientations pédagogiques quant à la façon de concevoir une séance d'enseignement de physique chimie par l'approche par compétences, par la démarche scientifique et par l'expérimentation.

Nous constatons également que le manuel opte seulement pour l'entrée par les contenus au détriment des autres entrées (situation-problème, travail par projet). Il se contente, apparemment, de présenter les savoirs et les connaissances d'une manière juxtaposée et cloisonnée pour finir par proposer des exercices décontextualisée. La plupart des activités d'évaluation proposées dans ce manuel se structure d'une façon juxtaposée sans entretenir aucune relation entre elles. Et chaque leçon fonctionne seule sans tirer profit des autres thèmes ni leur rendre service et ne propose en aucun moment des situations d'apprentissage ou d'évaluation favorisant l'interdisciplinarité en mettant en interaction plusieurs disciplines scolaires. Pour l'évaluation sommative qui semble presque absente de ce manuel: ni exercices d'évaluation, ni situations d'intégration à visée évaluative, ni situations problèmes, seule l'évaluation formative est envisagée ce qui prive les élèves de leur droit de s'auto évaluer et de travailler en autonomie soit en classe soit à la maison avec leurs parents.

9- Organisation praxéologique dans le manuel scolaire

Dans cette partie d'étude du manuel scolaire, nous limitons notre travail sur l'organisation du science physique (OP) qui est le contenu physique visé qui peut se construire dans une classe de physiques où l'on étudie le thème, Nous allons montrer cette partie afin de l'étudier et de mener une analyse suivant l'organisation praxéologique de Chevallard (1999). Le thème choisi est l'attraction universelle (Gravitation universelle).

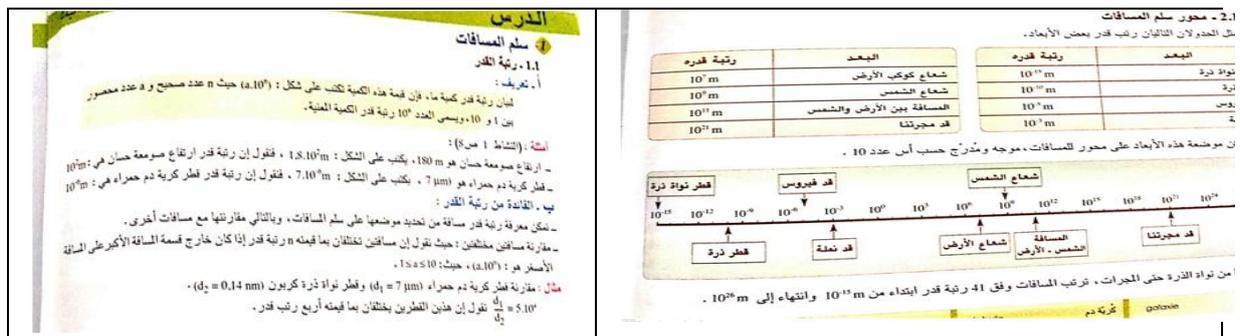


Figure 31: Sujet « Ordre de grandeur », p10

9-1 Paragraphe 1: « Ordre de grandeurs »

Le manuel scolaire ouvre sur l'objet d'étude « Ordre de grandeur » par une « *Ostension directe et assumée d'éléments du savoir, en direction des élèves* » (Matheron, 2010). Le manuel place l'objet d'étude: « *Ordre de grandeur* » au niveau générique « *Echelle des longueurs dans l'univers et dans l'atome* ». Il ne prend pas en charge le rapport personnel des élèves autour de ces éléments qui entrent en jeu dans l'étude de cet objet de savoir. Par exemple, une situation qui amène les élèves à mettre en évidence la comparaison de longueurs dans l'univers et dans l'atome dont l'inconnue se présente sous forme d'un ordre de grandeur par exemple.

Le manuel prétend la conformité au programme officiel Marocain, il a défini en premier l'ordre de grandeur et parle de l'exemple « $a \cdot 10^n$ », avec: n un entier relatif et a un décimal comprise entre 1 et 10, qui peut se ramener à la forme « 10^n ». La dévolution de cet objet paraît comme une fin en soi. L'élève n'a qu'à accepter cet objet physique qui est montré par le mot « s'appelle » dans « *L'écriture 10^n s'appelle: ordre de grandeur de la quantité concernée* ». Il a officialisé le vocabulaire spécifique de l'ordre de grandeur à partir des ostensifs écrits et encadré en coloration jaune. Chevallard (1999) est indiqué que « *Le propre des ostensifs, c'est de pouvoir être manipulés, ce mot étant entendu en un sens large: manipulation au sens strict (celle du compas, ou du stylo, par exemple), mais aussi bien par la voix, le regard, etc.* ». Dans ce sens les ostensifs vont élargir le champ des recherches. Mais, il se peut que la présence d'un ostensif comme « 10^n » cible les prérequis des élèves au thème « *puissances de 10* » qui pourrait renvoyer les élèves à leurs acquis disciplinaire antérieures.

- Dans ce paragraphe, un nouveau type de tâche T_1 apparaît: « *Écrire un nombre en notation scientifique $a \cdot 10^n$* » dans les lignes suivantes nous décrivons la technique pour excité ce type de tâche:

On veut écrire 0,0058 en notation scientifique.

En déplaçant la virgule de 3 rangs vers la droite, on obtient un nombre compris entre 1 et 10.

On obtient 5,8.

La puissance de 10 est 10^{-3} donc on obtient: $0,00580 = 5,8 \cdot 10^{-3}$.

Cette tâche n'est pas prescrite dans les orientations pédagogiques des physiques chimies parmi les sujets, ou les techniques qui sont apte à étudier.

- Une deuxième tâche T_2 apparaît dans le manuel: « *Ecrire l'ordre de grandeur d'un valeur* », dont la résolution de cette tâche dans le manuel consiste à écrire 10^n pour une valeur $a \cdot 10^n$.

Parmi les techniques pour résoudre ce type de tâche est détaillé dans la suite: *Pour un nombre sous la forme $a \cdot 10^n$, (avec n , entier relatif et a réel, supérieur ou égal à 1 et strictement inférieur à 10). On a alors deux cas possibles:*

1. *Si a est strictement inférieur à 5, on l'arrondit à 1 et l'ordre de grandeur recherché est alors 10^n ;*
2. *Si a est supérieur ou égal à 5, on l'arrondit à 10 et l'ordre de grandeur recherché est alors 10^{n+1} .*

Dans la ligne qui suit, on a l'« exemple 1 » du thème: « *le diamètre d'un globule rouge est $7\mu\text{m}$, il s'écrit sous la forme: $7 \cdot 10^{-6}\text{m}$; on dit que l'ordre de grandeur du globule rouge est: 10^{-6}* ». Cet « exemple 1 » met officiellement les élèves dans l'institutionnalisation du type de tâche T_2 . Il s'agit de travailler dans le 4^{ème} moment celui de l'institutionnalisation [T, τ , θ , Θ], selon Chevallard (2003) « *le quatrième moment est le moment de l'institutionnalisation, qui a pour objet de préciser ce qu'est "exactement" l'organisation mathématique - physique dans notre cas- élaborée* ». Par suite, le type de tâche T_2 ne constitue pas une 1^{ère} rencontre avec la tâche (premier moment). Il ne s'agit pas d'émergence de technique nouvelles des organisations mathématiques (2^{ème} moment) ni de construire un bloc technologique relatif à la technique (3^{ème} moment).

9-2 Paragraphe 2: Axe des longueurs

Du point de vue programme, le manuel se place dans le sujet: « *Positionner les ordres de grandeurs sur un axe gradué en puissance de 10* ». Cela constitue un nouveau type de tâches, noté T_3 . Comme au paragraphe 1, le manuel présente cet objet de savoir, par ostension assumée, sous forme d'une définition, il est considéré comme une fin en soi dans: « *à partir du noyau d'hydrogène aux galaxies, les longueurs peuvent être classé selon 41 ordre de grandeur du 10^{-15}m jusqu'à 10^{26}m* ». Cette clôture constitue un essai vers la constitution d'un élément technologique θ du type de tâches T_3 ainsi définie. Elle situe le sujet au 3^{ème} moment de son étude. Nous postulons que la définition: « *ordre de grandeur* » est paru comme un axiome non démontrable, évident par les élèves et sans présenter les techniques appropriées à la réalisation des tâches T_1 , T_2 et T_3 .

9-3 Paragraphe 3: Attraction universelle (gravitation universelle)

التجاذب الكوني

تُجرى حركة الكواكب ونظامها الدقيق إلى وجود تأثيرات ميكانيكية بينية يرميها. ولد عرّض إسحاق نيوتن ISAAC NEWTON في كتابه "المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية" سنة 1687 م قانون التجاذب الكوني الذي سمي أيضا "قانون نيوتن". ويعتبر هذا القانون قاعدة أساسا للميكانيكا الكلاسيكية.

1.2 - قانون نيوتن للتجاذب الكوني.

أ - نص القانون

تجاذب الأجسام بسبب كتلتها، فيطبق بعضها على البعض قوى تأثير تجاذبي.

ب - الصياغة الرياضية للقانون نيوتن

بالنسبة للسلم الكوني، يمكن اعتبار أبعاد الأجسام صغيرة حيث تماثلها بنقط مادية.

تعتبر جسمن ماديين نقطيين (A) و (B) كتلتها m_A و m_B وتفصل بينهما المسافة AB. يحدث بين هذين الجسمين تأثير بيني تجاذبي قوته لهما المميزات التالية:

- خط تأثيرهما واحد وهو المستقيم AB.
- متعاكسا متماكسان؛ منحي القوة $\vec{F}_{A/B}$ التي يطبقها (A) على (B) يكون نحو B.
- متساويان؛ $F_{A/B} = F_{B/A} = F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{(AB)^2}$

وتسمى G ثابتة التجاذب الكوني، وقيمتها في النظام العالمي للوحدات هي:

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

2.2 - التأثير البيني لجسمين غير نقطيين

في الحقيقة، تمثل مادة جسم ما حيزاً غير نقلي؛ ومع ذلك تُعتمد العلاقة السابقة لتعيين قوة التجاذب التي تطبق على الجسم.

يخضع جسمان (A) و (B) لهما توزيع كروي للكتلة إلى تأثير بيني تجاذبي، حيث تكون لقوتي هذا التجاذب نفس الشدة F وهي:

$$F = G \cdot \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$

و m_B و m_A هما كتلتا الجسمين، و d هي المسافة بين مركزيهما.

تمثيل قوتي التجاذب الكوني بين جسمين غير نقطيين

نقطة | خط التأثير | ligne d'action | منحنى | شدة | إنترته

Figure 32: Sujet « Gravitation universelle », p11

L'ouverture de ce paragraphe a mis en œuvre un nouveau type de tâches défini par: T4 « *Modéliser algébriquement la loi de gravitation universelle de Newton* ». Ce type de tâche à l'aide de laquelle Newton explique le mouvement des planètes autour du soleil. Newton y pratique ici la méthode dite « *hypothético-déductive* »: il sait que les planètes adoptent des orbites elliptiques autour du soleil et formule l'hypothèse qu'une force d'attraction variant inversement proportionnelle au carré de la distance est exercée par le soleil sur les planètes. Il démontre ensuite que cette hypothèse suffit à expliquer les lois empiriques de Kepler sur le mouvement des planètes. Il étend ensuite son hypothèse d'attraction à tous les objets de l'univers, tant terrestres que célestes, d'où l'épithète universelle associée à cette force. Newton raconta plus tard la légende de la pomme et qu'il comprit que cette pomme était attirée par la terre par la même cause qui garde la lune en orbite autour de la terre et cette dernière autour du soleil. Pareillement aux deux paragraphes précédents, les auteurs du manuel présentent cette tâche par « *ostension déguisée* » puisqu'ils montrent l'objet d'étude et consignent les élèves à suivre les définitions et la formulation mathématique de la loi de Newton pour la gravitation universelle sans aucune indication ou signalisation du raisonnement établi par Newton. La tâche T4 est considérée comme le cadre technologique de la modélisation algébrique de la loi de gravitation universelle supposée proche du quotidien des élèves. C'est grâce à elle qu'ils seront capables à approprier le raisonnement et les équations algébriques de la loi de la gravitation universelle. Dans cette partie, nous remarquons aussi la présence de trois sémiotiques visuelles images et deux figures qui montrent aux élèves le portrait de Newton et la représentation de la force de gravitation entre deux corps ponctuels et non ponctuels, Il nous semble que l'utilisation de la sémiotique visuelle doit respecter des normes théoriques, épistémologiques et méthodologique. Ces normes offrent des contraintes sémantiques et matérielles aux producteurs et aux interprètes de toute image, en configurant des sous-langages visuels. Elles proposent une re-conceptualisation globale des outils d'analyse sous l'égide de la théorie de l'énonciation.

9-4 Paragraphe 4: Poids d'un corps

الدرس

3.2 - التأثير البيني للأرض ولجسم ذي توزيع كروي للكتلة
 يحتمل جسم كتلته m موزعة كروياً، ويوجد على ارتفاع h من سطح الأرض، لقوة تجاذب أرضي شدتها هي: $F = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$
 حيث M_T هي كتلة الأرض و R_T شعاعها.
 $R_T = 6.4 \cdot 10^6 \text{ m}$ و $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

4.2 - وزن جسم
 في المستوى السابق، تم تعريف وزن جسم على أنه القوة المقرونة بتأثير الأرض على هذا الجسم. وشدة هذا الوزن هي $P = mg$ حيث m هي كتلة الجسم و g شدة الثقالة. وأما خط تأثيره فهو الخط الرأسي، المار بمركز ثقل الجسم بالمكان الذي يوجد فيه الجسم والذي يجسده الشاقول: $\vec{P} = m\vec{g}$
 ونحذر الإشارة إلى أن وزن الجسم وقوة التجاذب الأرضي المطبقة على هذا الجسم، لا يمتدان نفس المقدار، بل يختلفان؛ بسبب هذا الاختلاف راجع إلى دوران الأرض حول المحور الذي يمر بقطبينها (دوران الأرض حول نفسها). وإذا أخذنا هذا الدوران، يمكن كتابة المتساوية: $mg = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{(R_T + h)^2}$
 وبالتالي: $g = \frac{G \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$
 نستنتج أن g شدة الثقالة تتعلق بالارتفاع h ، وأن الثقالة ليست إلا حالة خاصة للتجاذب الأرضي يؤخذ فيها تأثير دوران الأرض بعين

الاعتبار
 ونظراً لكون الأرض ليست كروية الشكل فإن g تتغير حسب خط العرض (الجدول 15). كما أن g تتعلق بمكونات القشرة الأرضية في المكان الذي نقاس فيه.
 إذا كان الجسم على سطح الأرض، نكتب العلاقة: (ب) $g = \frac{G \cdot M_T}{R_T^2}$
 نستنتج من العلاقتين (أ) و (ب) أن: $g = g_0 \cdot \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$
 يمكن تعريف وزن جسم على سطح كوكب آخر حيث تتعلق g بالثقالة التي يحددها هذا الكوكب.
 ويعرض الجدول 16 قيم g على سطح بعض الكواكب.

الوكايب	$g(\text{N/kg})$
القمر	1.7
المريخ	3.7
زحل	10.5
المشتري	25

خط العرض	المكان	$g(\text{N/kg})$
90°	القطب الشمالي	9.832
49°	باريس	9.810
34°	الرباط	9.796
24°	الداخلة	9.789

وزن	مقدار	خط العرض	مقدار	الوكايب	مقدار
وزن	16	خط العرض	25	المشتري	25

Figure 33: Sujet « poids d'un corps », p12

L'ouverture de ce paragraphe a mis en œuvre un type de tâche défini par: T5 « *Utiliser la relation $g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$* », pour démontrer ce type de tâche les auteurs ont commencé par

rappeler la définition du poids d'un corps: *Le poids d'un corps de masse m traduit la force avec laquelle les corps situés dans le voisinage de la Terre sont attirés vers la Terre. La Terre modifie les propriétés de l'espace dans son voisinage: elle crée un champ vectoriel appelé champ de pesanteur qu'on note \vec{g} , ce champ est relié à au poids par la relation: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ dont les caractéristique:*

- Origine: centre de gravité du corps;
- Direction: verticale du lieu;
- Sens: vers le bas;
- Intensité: $P=m.g$
Unités: g en ($N.kg^{-1}$), P en Newton (N) et m en kilogramme (kg).

Les auteurs identifient le poids du corps au force de gravitation si on négligeant la rotation de la terre sur elle-même et ainsi écrire: $\vec{P} = \vec{F}$

Alors, un objet de masse m possède un poids \vec{P} dont l'intensité est $P = mg$. Cet objet subit la force gravitationnelle \vec{F} exercée par la Terre de valeur: $F = G \times \frac{m.M_T}{d^2}$

Où: M_T est la masse de la terre et d la distance entre le centre de la terre et le centre de l'objet. Si l'objet est situé à une altitude h , alors en appelant R_T le rayon de la terre: $d = R_T + h$
En écrivant que: $P = F$ on a: $m \cdot g = G \cdot \frac{m.M_T}{(R_T+h)^2}$

$$\text{Soit: } g = G \cdot \frac{M_T}{(R_T+h)^2}$$

Conséquence, les auteurs constate que g est une fonction décroissante de h . L'intensité de la pesanteur diminue avec l'altitude. Et puisque la terre n'est tout à fait sphérique (aplatissement aux pôles), la valeur de g change selon la latitude du point considéré.

A la surface de la terre, $h = 0$ on écrit: $g_0 = G \cdot \frac{M_T}{R_T^2}$ ainsi nous déduisons la relation:

$$g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$$

En ce moment, nous pensons que, pour trouver cette relation, l'élève pourra réussir en mobilisant ses mathématiques relatives au domaine mécanique. Il sera amené à calculer des opérations numériques dans les égalités. Ce fait pourrait favoriser la recherche des outils numériques en admettant la « technique » pour excitée la tâche en question. Cette méthode relève du domaine numérique surtout que les équations proposées ici sont des équations de deux membres et plusieurs termes. Le passage de la modélisation concrète à la modélisation algébrique, vectorielle et la distribution sphérique de la loi de gravitation universelle est représenté par la « formulation mathématique et les figures 12, 13, 14 p11-12 » dans le manuel étudié. Les tableaux (15 et 16 p12) présentent les valeurs de l'intensité de la pesanteur (g) selon la latitude et à la surface de quelques astres. Nous remarquons d'abord que la découverte puis l'explication des variations de la pesanteur avec la latitude n'a pas été détaillé. Et nous savons que l'établissement de la théorie de la gravitation universelle et terrestre a été un processus long et complexe. En particulier, les influences de la force centrifuge due à la rotation de la terre et de la forme de la planète sur la variation de l'intensité et de la direction de la pesanteur n'ont été comprises que très progressivement. Ce sont ces difficultés pour intégrer l'ensemble des

phénomènes dans un système cohérent qui dévoilent les obstacles rencontrés et les avancées graduelles de la pensée.

9-5 Résumé

Dans le tableau ci-dessous nous résumons les différents résultats extrapolés des études précédentes. Cela concerne les OP et les OD mises en œuvre dans le manuel, ainsi que les différents éléments institutionnels qui pourraient activer ce savoir.

Tableau 36: OP et OD de la partie cours du manuel p10-13

Organisation physique (OP)	Extraits du manuel	Organisation didactique(OD)
Paragraphe 1: « Ordre de grandeurs »		
Thème: Echelle de longueues dans l'univers et dans l'atome	Définition d'ordre de grandeur	Moment de <i>présentation</i> « <i>par ostension</i> » de l'ordre de grandeur d'une valeur numérique
	Ostensifs: Tableaux et axe gradué en puissance de 10	Prérequis sur l'écriture numérique et algébrique.
Sujet 1: La tâche T ₁	Écrire un nombre en notation scientifique a.10 ⁿ	Moment de <i>constitution</i> de l'environnement technologique sur le type de tâche T ₁
Sujet 2: La tâche T ₂	Ecrire l'ordre de grandeur d'une valeur numérique	Moment de <i>constitution</i> un environnement technologique pour la tâche T ₂
Sujet 3: Exemple 1	« Exemple 1 » du cours	Moment <i>d'institutionnalisation</i> des deux types de tache T ₁ et T ₂
Paragraphe 2: « Axe des longueurs »		
Sujet 4: La tâche T ₃	Positionner les ordres de grandeurs sur un axe gradué en puissance de 10	Moment <i>d'institutionnalisation</i> des deux types de tache T ₁ et T ₃
Paragraphe 3: « Gravitation universelle »		
Thème: Gravitation universelle	Définition et ostension déguisée sous	Moment de <i>présentation</i> « <i>par ostension historique algébrique</i> »
	Sémiotiques visuelles	Moment de présentation et de prérequis
Sujet 5: La tâche T ₄	Modéliser algébriquement la loi de gravitation universelle de Newton	Moment de <i>constitution</i> un environnement technologique pour la tâche T ₄
Paragraphe4: « Poids d'un corps »		
Sujet 6: La tâche T ₅	Utiliser la relation $g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T^2+h)^2}$	Moment de <i>constitution</i> un environnement technologique pour la tâche T ₅
Sujet 7: Bilan du cours	Définitions brèves et propriétés	Moment <i>d'institutionnalisation</i> de la technique de résolution en

		explicitant toutes les tâches T ₁ , T ₂ , T ₃ , T ₄ et T ₅
Sujet 8: Lecture additive	Présentation des chiffres significatifs	Moment <i>d'institutionnalisation</i> de la technique de résolution en explicitant les tâches T ₁ et T ₂
Organisation physique (OP) et organisation didactique (OD)		

Nous montrons dans le tableau ci-dessous les différents OP auxquelles font appel les auteurs du manuel. Les différents niveaux sont pris du curriculum Marocain en vigueur et dont, le manuel est susceptible de les transformer en des objectifs d'enseignement. Notre but principal est de déterminer un amalgame des OP qui pourra nous informer sur la conception du manuel envers ce savoir.

Tableau 37: Milieu institutionnel du savoir «Attraction universelle » à partir du manuel

Domaine: Mécanique				
Secteur 1:	Secteur 2:	Secteur 3:	Secteur 4:	Secteur 5:
Interactions mécaniques	Mouvement	Principe d'inertie	Quantité de mouvement*	Equilibre d'un corps solide
Thème1: Attraction universelle; Thème2:.....	Thème 1: Relativité du mouvement; Thème 2: Vitesse d'un point du corps en mouvement de translation; Thème3:....	Thème 1: Principe d'inertie.	Thème 1: Quantité de mouvement d'un solide; T2: La conservation de la quantité de mouvement d'un système pseudo-isolé; Thème3:.....	Thème 1: Force exercée par un ressort– Poussée d'Archimède; T2: Equilibre d'un corps solide soumis à l'action de trois forces; Thème3:.....

Sujets:	Sujets:.....	Sujets:.....	Sujets:.....	Sujets:.....
1-Écrire un nombre en notation scientifique $a.10^n$; 2- Ecrire l'ordre de grandeur d'une valeur numérique; 3- Positionner les ordres de grandeurs sur un axe gradué en puissance de 10; 4- Modéliser algébriquement la loi de gravitation universelle de Newton; 5- Utiliser la relation $g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T^2+h)^2}$				

9-6 Etude praxéologique de la partie « Cours » du manuel

Dans la partie « Cours » que nous avons déjà étudié, nous avons relevé cinq tâches liées au thème étudié. Nous allons expliciter ces tâches dans le but de déterminer ultérieurement leurs rôles dans l'avancement physique et didactique des élèves:

- T_1 « *Écrire un nombre en notation scientifique $a.10^n$* »

Exemple: le sommet du montage de Toubkal est 4,16 km, il s'écrit sous la forme: $4.16.10^3$ m.

- T_2 « *Ecrire l'ordre de grandeur d'une valeur numérique* »

Exemple: « Chercher les ordres de grandeur en mètres des deux longueurs ci-dessous:

1- Distance Terre-Lune = 380 000 km = $3,8.10^8$ m $\approx 10^8$ m

2- Rayon atome d'hydrogène = $1,05.10^{-10}$ m $\approx 10^{-10}$ m.

- T_3 « *Positionner les ordres de grandeurs sur un axe gradué en puissance de 10* »

Exemple: « Sur un axe de puissances de 10 représentons les dimensions suivantes:

1. Distance Terre-Lune = 380 000 km = $3,8.10^8$ m $\approx 10^8$ m
2. Rayon atome d'hydrogène = $1,05.10^{-10}$ m $\approx 10^{-10}$ m
3. Altitude du Mont Blanc = 4810 m = $4,810.10^3$ m $\approx 10^3$ m
4. Dimension d'une molécule = 2 nm = 2.10^{-9} m $\approx 10^{-9}$ m
5. Rayon de la Terre = 6400 km = $6,4.10^6$ m $\approx 10^7$ m
6. Taille d'un homme = 170 cm = 1,70 m $\approx 10^0$ m

7. Distance terre-Soleil = 150 million de km = $1,5 \cdot 10^{11}$ m $\approx 10^{11}$ m
8. Rayon du noyau d'un atome d'hydrogène = 10^{-15} m $\approx 10^{-15}$ m
9. Diamètre de notre Galaxie = $9,5 \cdot 10^{17}$ km = $9,5 \cdot 10^{20}$ m $\approx 10^{21}$ m
10. Dimension d'une cellule humaine = 10 μ m = 10^{-5} m
11. Rayon du Soleil = 700 000 km = $7 \cdot 10^8$ m $\approx 10^9$ m
12. Taille estimée de l'Univers = $12 \cdot 10^{22}$ km = $1,2 \cdot 10^{26}$ m $\approx 10^{26}$ m

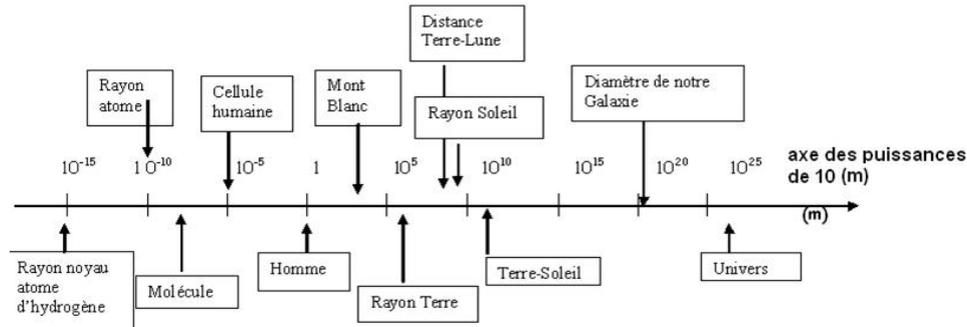


Figure 34: Axe gradué en puissance de 10

➤ T_4 « Modéliser algébriquement la loi de gravitation universelle de Newton »

Exemple: on considère que la plupart des astres peuvent être assimilés à des corps à répartition sphérique de masse. La loi de l'attraction gravitationnelle peut donc s'appliquer aux astres:

$$F_{T/L} = F_{L/T} = G \frac{M_T \times M_L}{d_{T-L}^2}$$

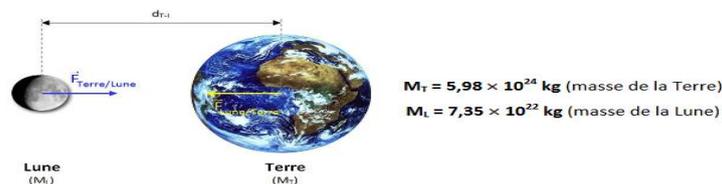


Figure 35: Système terre lune

➤ T_5 « Utiliser la relation $g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T^2+h)^2}$ »

Exemple:

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2} ; M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg} ; R_L = 1737,4 \text{ km} ; g_T = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$$

- a) Calculez la valeur l'intensité de pesanteur lunaire « g_L », à la surface de la Lune.
- b) Calculez ensuite votre poids sur la Lune et comparez-le à votre poids sur la Terre.
- c) Quelle est la masse d'un corps qui, sur la Lune, aurait un poids de 1 N ?

Réponses :

$$a) \quad g_L = G \frac{M_L}{R_L^2} \Rightarrow g_L = 6,67 \cdot 10^{-11} \times \frac{7,35 \times 10^{22}}{(1737,4 \times 10^3)^2} \Leftrightarrow g_L = 1,62 \text{ N.kg}^{-1}$$

$$b) \quad P_T = m \times g_T \Rightarrow P_T = 85 \times 9,81 = 834 \text{ N (sur Terre)}$$

$$P_L = m \times g_L \Rightarrow P_L = 85 \times 1,62 = 138 \text{ N (sur la Lune)}$$

L'intensité du poids d'un objet est environ 6 fois plus faible sur la Lune que sur la Terre

$$c) \quad \text{On applique la relation } P_L = m \times g_L \Rightarrow m = \frac{P_L}{g_L} \Leftrightarrow m = 1/1,62 = 617 \text{ g}$$

Nous allons illustrer dans le tableau ci-dessous, l'organisation praxéologique locale (T_i , τ_i , θ_i , Θ_i) avec $i=1..4$, sur lesquelles nous avons basé pour notre analyse.

Tableau 38: Organisation locale (T_i ; τ_i ; θ_i ; Θ_i) avec $i=1,..,4$

Tâche T_i	T_1	T_2	T_3	T_4
Technique τ_i	<p>Ecrire une valeur sous la forme d'un nombre décimal dont la partie entière est comprise entre 1 et 9, multiplié par une puissance de 10. La partie entière d'un nombre décimal, c'est ce qu'il y a avant la virgule (à gauche). C'est elle qui doit être entre 1 et 9.</p>	<p>Pour calculer l'ordre de grandeur d'une longueur, dans une unité donnée, on donne la puissance de 10 la plus proche de sa valeur dans cette unité.</p>	<p>On place chaque valeur en utilisant son ordre de grandeur sur une un axe gradué en puissance de 10 des objets allant de l'infiniment petit à l'infiniment grand.</p>	<p>Deux corps ponctuels de masses respectives m_A et m_B s'attirent avec des forces vectoriellement opposées et de même intensité proportionnelle au produit des deux masses, et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare.</p>
Technologie θ_i	<p>Tout nombre décimal peut s'écrire en deux parties séparées par une virgule: la partie entière et la partie décimale -La partie entière se trouve à gauche de la virgule et la partie décimale se trouve à droite de la virgule.</p>	<p>Ecrire les valeurs approchées, d'arrondis, de troncatures et d'ordre de grandeur d'une valeur numérique.</p>	<p>Construire l'axe à l'aide de l'échelle logarithmique.</p>	<p>1-Newton s'est aperçu, vers 1680, que la deuxième loi de Kepler (loi des aires) n'est respectée que si la force d'attraction du Soleil sur une planète est dirigée en ligne droite vers le Soleil (force centrale). 2- Newton est familier avec l'observation empirique que tous les objets terrestres subissent la même accélération vers le sol. Cette observation implique que la force</p>

				<p>gravitationnelle s'exerçant sur un objet est proportionnelle à la masse de cet objet, de sorte que l'accélération correspondante est indépendante de la masse.</p> <p>3- D'après la loi d'action-réaction, cette force doit être égale et opposée à la force exercée par l'objet 1 sur l'objet 2. Donc il faut que $F = m_1 m_2 f(r)$, où $f(r)$ est une fonction de la distance entre les deux objets.</p> <p>4. Pour trouver cette fonction $f(r)$, Newton applique la troisième loi de Kepler au mouvement circulaire d'une planète.</p>
Théorie Θ_i	Mathématique	Mathématique	Mathématique	Mécanique classique

10- Conclusion organisation praxéologique

Le contenu de cette partie précise en général les objectifs essentiels prescrits par le programme marocain en vigueur ainsi que les techniques qui vont être mises en œuvre pour répondre aux tâches. Pourtant l'organisation praxéologie locale ne nous paraît pas inhérente pour mettre en évidence les différents aspects de la physique, outil pour comprendre les phénomènes de la vie de tous les jours, ainsi que la variété des champs étudiés dans d'autres domaines comme dans les mathématiques, ainsi nous avons retenu les remarques suivantes:

1. Maintenir une problématisation de savoirs en éviter les ostensions déguisées et assumées lors de la présentation d'un nouveau savoir. Si nous ne pouvons pas les éviter, du moins trouver des outils pour qu'elles ne fassent pas obstacle au travail de recherche des élèves;

2. Enrichir le milieu scolaire physique et chimie en organisant dans une multiplication de choix d'une ou de plusieurs situations permettant l'appropriation et l'institutionnalisation de ces notions en remontant à des secteurs et domaines différents ou d'autres disciplines;
3. Répondre à une approche constructiviste et socio constructiviste, vu que l'ostension assignée dans ce manuel peut amener ses utilisateurs, le professeur et l'élève, à des régressions ailleurs. Elles pourraient laisser place à des multiples bifurcations, à des reflets des pratiques antérieures qui rebutent la relation avec les éléments institutionnels du nouveau savoir.

Conclusion générale et perspectives

Nous revenons d'abord dans cette partie de conclusion sur nos questions et hypothèses de recherche, puis nous questionnons les limites et le domaine de validité des résultats obtenus. Nous soulignons ensuite ce qui nous semble, dans notre étude, constituer des contributions didactiques et pédagogiques. Enfin, nous proposons quelques perspectives.

Dans les théories didactiques, le fonctionnement du système didactique est conditionné par celui des institutions de la société dans laquelle il y a de la didactique. Un système didactique est fait d'une conjonction des rapports dits personnels que met en œuvre une personne (élèves ou professeur) puis des rapports nommés institutionnels (manuel scolaire, école,...) et des rapports dits référentiels (programme, curriculum) qui procèdent de la volonté de faire vulgarisé un savoir. En d'autres termes, un système didactique d'enseignement réalise la volonté de créer une genèse des objets de savoir par une interaction entre un apprenant, un enseignant puis le savoir. Ce système suit la genèse historique, pour toutes sortes de raisons d'ordre didactique et notamment parce que les institutions de production des savoirs (sciences physiques) et les différentes institutions didactiques, sont qualifiées d'artificielle.

Le travail de recherche que nous avons mené porte sur l'étude de l'enseignement et l'apprentissage des sciences physiques. Nous avons étudié un phénomène didactique, « le rapport au savoir », dans le cadre de la théorie anthropologique de la didactique élaborée par Yves Chevallard. Cette théorie nous a permis, à partir des outils qu'elle fournit, de déterminer et d'analyser l'apparition des rapports au savoir, à la fois dans le programme officiel, personnel et dans le manuel scolaire.

Notre questionnement porte sur les problèmes de l'enseignement des sciences physiques dans une institution didactique dans laquelle son environnement, conditionné et contraint, pèse sur le fonctionnement du système d'enseignement. Nous avons analysé ces questions en proposant trois hypothèses concernant l'organisation officielle du programme disciplinaire, le rapport au savoir et la complémentarité des différents cadres théoriques d'analyse. Nous présenterons dans ce qui suit nos résultats en fonction de nos questions et hypothèses de recherche: L'organisation officielle du programme influence la transposition du savoir d'une institution à une autre institution d'enseignement; Le déficit conceptuel en sciences physiques chez l'apprenant marocain est lié au rapport au savoir disciplinaire construit au cours de l'enseignement; La complémentarité des différents cadres théoriques du rapport au savoir permet d'approcher le processus d'apprentissage d'un sujet sous différents angles, de mieux comprendre sa spécificité et donc en quoi il se différencie des autres.

Analyse d'une praxéologie de référence du concept champ magnétique

Nous synthétisons dans cette partie les résultats concernant les relations entre l'organisation officielle du programme et la transposition du savoir. Pour cela nous avons choisi d'étudier comment interviennent les choix institutionnels d'enseignement dans la détermination des conditions de l'enseignement et de l'apprentissage, et en nous référant aux travaux antérieurs, nous nous intéressons particulièrement, dans nos analyses, aux deux facteurs suivants:

1. L'organisation praxéologique mise en place dans l'institution secondaire qualifiant pour l'enseignement et l'apprentissage du concept champ magnétique;

2. La non rigidité et la complétude des praxéologies physiques construites et possibilité de leur intégration.

Pour évaluer ces deux facteurs retenus nous avons utilisé le modèle praxéologie de référence à travers les indices de non-rigidité et de complétude, nous avons trouvé que pour telles tâches, les techniques mises en œuvre se trouvent étroitement dépendantes des ostensifs désignant le concept champ magnétique. Les techniques mises en jeu peuvent être assimilées à une manipulation mathématique sur le symbolisme utilisé qu'il serait possible de reproduire sans se soucier de l'aspect et des propriétés champ magnétique. Le discours technologique justifiant les techniques en question et les notions associées au champ magnétique n'interviennent pas dans la réalisation des tâches en question. Plusieurs indices de non-rigidité et de complétude sont ainsi absents des praxéologies physiques relatives aux tâches considérées comme officielle. Par conséquent le programme officiel ne considère pas ledit concept comme des objets d'enseignement, ceci place les enseignants devant un certain vide institutionnel qu'ils doivent gérer et aménager selon leur disponibilité et selon leur rapport audit concept.

En revanche, les praxéologies sciences physiques sont généralement de niveau local et interviennent le plus souvent au niveau technologico-théorique. Se créent ainsi des discontinuités dans et entre les environnements praxéologiques construits dans l'institution secondaire qualifiant pour l'étude des notions associées au champ magnétique, entraînant un dysfonctionnement et une rupture conceptuelle chez les élèves. Ainsi, ces résultats confirment notre première hypothèse de recherche « L'organisation officielle du programme influence la transposition du savoir d'une institution à une autre institution d'enseignement ».

La praxéologie comme modèle didactique pour décrire le rapport personnel de l'apprenant: Cas des réactions acido-basiques

Nous présentons ici les résultats concernant l'analyse du rapport personnel de l'apprenant à un objet de savoir, relatif aux réactions acido-basiques en solution aqueuse, du point de vue praxéologie personnelle issu de la Théorie de l'Anthropologie Didactique (TAD), pour cela nous avons élaboré un questionnaire sous forme de problème formé mettant en œuvre quelques objets de savoir étudiés en chimie de solution, ensuite nous avons analysé les résultats issus des productions de 81 étudiants aux différents types de tâches prescrites dans le questionnaire.

L'analyse du questionnaire a révélée qu'une catégorisation des étudiants selon leur rapport personnel au savoir:

- 1- Les étudiants qui sont, dans un rapport d'action, dans un rapport de formulation et éventuellement dans un rapport de validation, la technique mobilisée est considérée comme forte;
- 2- Les étudiants qui sont non seulement dans un rapport d'action mais aussi dans un rapport de formulation, la technique mobilisée est considérée comme faible;
- 3- Les étudiants qui sont seulement dans un rapport d'action et la technique mobilisée est considérée comme muette ou invisible.
- 4- Les étudiants qui n'ont donnés aucune symbolisation de la tâche prescrite et ils n'ont pas mobilisés une technique de justification, leurs rapports personnels avec la tâche non encore aboutis.

Cette caractérisation de ces (OC) apprises nous a permis d'identifier les technologies dominantes mobilisées qui apportent des explications sur les techniques utilisées par les apprenants qu'elles soient attendues, erronées ou inadaptées. Ces résultats soutiennent notre 2^{ème} hypothèse « Le déficit conceptuel en sciences physiques chez l'apprenant marocain est lié au rapport au savoir des sciences physiques et chimiques construit au cours de leurs apprentissage ».

Transposition didactique et analyse praxéologie institutionnelle: Cas du manuel scolaire

Nous avons étudié les effets de la transposition didactique et analyser les praxéologies institutionnelles dans le manuel scolaire. Pour le besoin de notre recherche, nous avons cherché l'impact du manuel scolaire sur l'enseignement et apprentissage de la physique chimie selon deux angles:

1. Angle de transposition didactique;
2. Angle d'organisation praxéologique.

Le résultat d'analyse selon l'angle de transposition montre que le manuel scolaire analysé ne respecte pas les orientations pédagogiques officielles à plusieurs niveaux. D'autant plus qu'il n'a pas mis à la disposition des enseignants des outils qui leurs permettant de mieux exercer leur rôle d'enseignement, et ne leurs fournissent pas des explications et des orientations pédagogiques quant à la façon de concevoir une séance d'enseignement des sciences physiques en adoptant l'approche par compétences, par la démarche scientifique et par l'expérimentation. Nous constatons également que le manuel adopte l'approche par contenus au détriment des autres approches (situation-problème, travail par projet). Il se contente, apparemment, de présenter les savoirs et les connaissances d'une manière juxtaposée et cloisonnée pour finir par proposer des exercices décontextualisée. La plupart des activités d'évaluation proposées dans ce manuel se structure d'une façon juxtaposée sans entretenir aucune relation entre elles. Et chaque leçon fonctionne seule sans tirer profit des autres leçons ni leur rendre service et ne propose en aucun moment des situations d'apprentissage ou d'évaluation favorisant l'interdisciplinarité en mettant en interaction plusieurs disciplines scolaires. Pour l'évaluation sommative qui semble presque absente de ce manuel: ni exercices d'évaluation, ni situations d'intégration à visée évaluative, ni situations problèmes, seule l'évaluation formative est envisagée ce qui prive les élèves de leur droit de s'auto évaluer et de travailler en autonomie soit en classe soit à la maison avec leurs parents.

Pour le 2^{ème} angle d'analyse praxéologie, nous avons repéré que l'organisation praxéologie locale n'est pas inhérente pour mettre en évidence les différents aspects de la physique, outil pour comprendre les phénomènes de la vie de tous les jours, ainsi que la diversité des champs étudiés dans d'autres domaines disciplinaire, ainsi nous avons retenu les remarques suivantes:

1. Maintenir une problématisation de savoirs en éviter les ostensions déguisées et assumées lors de la présentation d'un nouveau savoir. Si nous ne pouvons pas les éviter, du moins trouver des outils pour qu'elles ne fassent pas obstacle au travail de recherche des élèves;
2. Enrichir le milieu scolaire physique et chimie en organisant dans une multiplication de choix d'une ou de plusieurs situations permettant l'appropriation et

l'institutionnalisation de ces notions en remontant à des secteurs et domaines différents ou d'autres disciplines;

3. Répondre à une approche constructiviste et socio constructiviste, vu que l'ostension assignée dans ce manuel peut amener ses utilisateurs, le professeur et l'élève, à des régressions ailleurs. Elles pourraient laisser place à des multiples bifurcations, à des reflets des pratiques antérieures qui rebutent la relation avec les éléments institutionnels du nouveau savoir.

Les résultats obtenus doivent être pensés dans la dynamique d'une réflexion sur les effets et les conséquences de la description, des praxéologies de références, des praxéologies institutionnelles et des praxéologies personnelles. L'analyse selon la (TAD) nous a permis de recueillir un ensemble important de données, que nous avons analysées. Certains points de notre méthodologie doivent être questionnés. Lors de notre travail de thèse, notre cadrage théorique et notre méthodologie étaient en cours de construction au Maroc. Nous avancerons que, comme dans toute recherche, les résultats trouvés ne peuvent être que limités, mais la qualité d'une recherche figure dans les nouvelles questions qu'elle permet de poser. Nous posons ainsi la question suivante: quels rapports selon la TAD émergent-ils dans les séances d'enseignements et chez les enseignants?

Nous avons pu identifier quelques causes qui contribuent à l'apparition de disfonctionnement cognitif et du malaise scientifique chez l'apprenant, nous sommes convaincus de la présence d'autres éléments. Nous formulons ainsi l'hypothèse que s'il y a des facteurs pour ce phénomène. Nous avons montré que la présence d'objets physiques et chimiques différents d'objets institutionnels pourrait réduire ou accroître la « distance mésogénétique » avec le milieu institutionnel du savoir. Nous envisageons alors de rechercher les causes qui impliquent des variations sur cette distance. Nous proposons de rechercher d'autres modèles pour analyser les phénomènes didactiques et sur la possibilité d'aborder d'autres évolutions et avancés de la TAD comme les notions de Parcours d'Etude et de Recherche (PER) ou Activités d'Etude et de Recherche (AER), les modèles épistémologiques de références dominant, les ostensifs / non ostensifs. La notion de « sensibilité clés » nous semble pertinente pour comprendre le développement et l'évolution d'un cadre théorique de façon interne et dans ses articulations avec d'autres cadres théoriques. L'écologie des savoirs qui constitue un moyen de questionner le réel.

Bibliographie

- Artigue, M. (1990). Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 3(9), 281-308.
- Assude, T. M. (2007). L'action didactique du professeur dans la dynamique des milieux. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 27(2), 221-252.
- Aubin, P., Michel, A., & Anik, L. (2007). Le manuel scolaire et les mutations sociales. Dans Lebrun, M. (dir.), *Le manuel scolaire: d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain. Monique Lebrun. 1st ed. Presses de l'Université du Québec*, 13-24.
- Bagheri-Crosson, R., & Venturini, P. (2006). Analyse du raisonnement d'étudiants utilisant les concepts de base de l'électromagnétisme. *Didaskalia*, 28, 33-54.
- Baldy, E., & Aubert, f. (2005). Étude de l'apprentissage du phénomène physique de la chute des corps en classe de 3e française. *Didaskalia*, 27, 110-131.
- Bessot, A., & Comiti, C. (2013).). Apport des études comparatives internationales aux recherches en didactique des mathématiques. Le cas de la France et du Viêt Nam. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 33(1), 45-77.
- Bonnat, C. (2017). *Etayage de l'activité de conception expérimentale par un EIAH pour apprendre la notion de métabolisme cellulaire en terminale scientifique (Thèse de doctorat). Université Grenoble Alpes*.
- Bosch, M. (2010). *L'écologie des parcours d'étude et de recherche au secondaire. In Gueudet G et al. (dir.) Apprendre, enseigner, se former en mathématiques: quels effets des ressources? Paris: Actes des journées mathématiques de l'INRP*.
- Bosch, M. (2004). La praxéologie comme unité d'analyse des processus didactiques. Balises pour la didactique des mathématiques. *La Pensée sauvage*, 1-15.
- Bosch, M., & Chevillard, Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. Objet d'étude et problématique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 19(1), 77-124. Récupéré sur <https://revue-rdm.com/1999/la-sensibilite-de-l-activite/>
- Bosch, M., & Gascón, J. (2005). La praxéologie comme unité d'analyse des processus didactiques. (A. M. Margolinas, Éd.) *Balises pour la didactique des mathématiques*, 107-122.
- Bosch, M., Fonseca, C. y., & Gascón, J. (2004). (2004). Incompletitud de las organizaciones matemáticas locales en las instituciones escolares,. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, (2-3), 205-250.
- Briand, J. (2010). Le manuel scolaire carrefour de tensions mais aussi outil privilégié de vulgarisation des recherches en didactique des mathématiques. *Séminaire DIDIREM PARIS 7*.
- Brousseau, G. (1976). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. I. *La problématique et l'enseignement des mathématiques. Comptes rendus de la XXVIIIe rencontre organisée par la Commission Internationale pour l'Etude et l'Amélioration de l'Enseignement des Mathématiques*, 101-117. Récupéré sur <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00516569v2/document>
- Brousseau, G. (1990). Le contrat didactique: le milieu. *Recherches en Didactique des Mathématiques, La Pensée Sauvage*, 309-336.

- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*,. Grenoble, *La Pensée Sauvage*.
- Buisson, F. (1882). *Dictionnaire de pédagogie d'instruction primaire*. Paris, *Hachette*.
- Canac, S. (2017). *Le langage symbolique de la chimie en tant que méta-niveau entre registre empirique et registre des modèles: une problématique de l'enseignement-apprentissage de chimie*. Thèse de doctorat de l'Université Sorbonne Paris Cité.
- Chaachoua, H. (2010). La praxéologie comme modèle didactique pour la problématique EIAH. Etude de cas: la modélisation des connaissances des élèves. HDR. *Séminaire national de didactique des mathématiques*, 82.
- Chaachoua, H., Ferraton, G., & Desmoulins, C. (2013). Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un EIAH. *Actes du 4e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique, Toulouse*.
- Chaachoua, H., Geneviève, F., & Cyrille, D. (2017). Utilisation d'un modèle praxéologique de référence dans un EIAH. *Dans G. Cirade et al. (Éds), Évolutions contemporaines du rapport aux mathématiques et aux autres savoirs à l'école et dans la société*, 301-324.
- Chafiqi, F., & Alaoui, A. (2011). Réforme éducative au maroc et refonte des curricula dans les disciplines scientifiques. *Carrefeurs de l'Education*, 29-50.
- Chalak, H. (2014). Difficultés de construction de savoirs et de textes problématisés en sciences de la Terre et pratiques enseignantes: étude d'une séquence ordinaire portant sur le magmatisme. *Éducation et didactique*, 8(3), 55-80.
- Chastrette, M. (2006). L'image de la chimie est mauvaise. Pourquoi? Que faire? (29), 87-100.
- Chekour, M. L. (2015). Les facteurs influençant l'acquisition des concepts en électricité. Cas des lycéens marocains . *Adjectif.net* .
- Cherkaoui, M., Cherkaoui, R. (2017). *Perspectives pour l'enseignement des sciences au Maroc*. Maroc: Académie Hassan II des sciences et techniques . Récupéré sur http://www.academiesciences.ma/pdf/rapport_ghallab.pdf
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition Didactique*. Grenoble: La pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (1988). Esquisse d'une théorie formelle du didactique. (L. P. Sauvage, Éd.) *Dans C. Laborde (dir.), Actes du Premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique*, 97-106.
- Chevallard, Y. (1989). Le concept de rapport au savoir: rapport personnel, rapport officiel, rapport institutionnel.
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches En Didactique Des Mathématiques*, 12(1), 73-112. Récupéré sur <https://revue-rdm.com/1992/concepts-fondamentaux-de-la-didactique/>
- Chevallard, Y. (1994). *Ostensifs et non-ostensifs dans l'activité mathématique*. IUFM et IREM d'Aix-Marseille.
- Chevallard, Y. (1997). Familiale et problématique, la figure du professeur. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 17(3), 17-54.
- Chevallard, Y. (1998). *Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques: L'approche anthropologique*. Actes de l'université d'été de la rochelle, juillet 1998. Récupéré sur: http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Analyse_des_pratiques_enseignantes.pdf

- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 211-265.
- Chevallard, Y. (2003). Approche anthropologique du rapport au savoir et didactique des mathématiques. (Fabert, Éd.) *Rapport au savoir et didactiques*, 81-104.
- Chevallard, Y. (2004). La place des mathématiques vivantes dans l'éducation secondaire: transposition didactique des mathématiques et nouvelle épistémologie scolaire. *Conférence dans le cadre de la 3e Université d'été Animath*. Saint-Flour.
- Chevallard, Y. (2009). La notion d'ingénierie didactique: un concept à refonder. Récupéré sur <http://yves.chevallard.free.fr/>
- Choppin, A. (1993). *Les manuels scolaires: histoire et actualité*. Paris: Hachette éducation.
- Choppin, A. (2008). *Le manuel scolaire, une fausse évidence historique* », *Histoire de l'éducation*.
- Choukri, H. (2018). *Les manuels scolaires du français du primaire public du Maroc: état des lieux et perspectives*. Kénitra, Maroc: Université Ibn Tofail.
- Ciekanski, M. (2014). Accompagner l'apprentissage des langues à l'heure du numérique – Évolution des problématiques et diversité des pratiques. *Alsic*, 17.
- Cohen-Azria, C. (2007). «Venturini Patrice. L'envie d'apprendre les sciences: motivations, attitudes, rapport aux savoirs scientifiques». *Revue française de pédagogie*. doi: <https://doi.org/10.4000/rfp.2082>
- Croset, M., & Chaachoua, H. (2016). Une réponse à la prise en compte de l'apprenant dans la TAD: la praxéologie personnelle. *Recherches en didactique des mathématiques*.(32), 161-196.
- Daunay, B. D.-R. (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. De Boeck Université.
- Develay, M. (1995). savoirs scolaire et didactique des disciplines. *une encyclopédie pour aujourd'hui*, Paris, ESF.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, 5, 37-61.
- Elouardachi, A., Anouar, A., & Abouhanifa, S. (2018). . Analyse d'une praxeologie de référence du concept champ magnétique. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 6(6), 276-287.
- Forest, D. (2006). *Analyse proxémique d'interactions didactiques*. Université de Rennes 2.
- Gérard, F.-M. (2010). Le manuel scolaire, un outil efficace, mais décrié. *Éducation & Formation*.
- Gérard, F.-M. (2010). *Le manuel scolaire, un outil efficace, mais décrié* . Éducation & Formation.
- Gérard, F.-M. (2011). Changements dans les manuels: Des situations problèmes aux compétences et aux concepts. *J.B. DUARTE (Org.)*.
- Halbwachs, F. (1979). Le poids et la masse : À propos des nouveaux programmes de sixième. *Bulletin de l'Union des physiciens*, 869-873.
- Hameline, D. (2005). Article « Pédagogie », dans Champy, Philippe, Etévé, Christiane dir. *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*, Paris, Retz.
- Heynemand, J., & Gagnon, D. (1994). *Le praticien réflexif. A la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel*. Logiques (Editions) .

- Instance Nationale d'Évaluation du Système d'Éducation de Formation et de Recherche Scientifique. (2015). *Résultats des élèves marocains en mathématiques et en sciences dans un contexte international (TIMSS)*. Maroc: Conseil Supérieur de l'Éducation, de la Formation et de la Recherche Scientifique.
- Isabelle, K. M. (2008). Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques: impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants. . (Didaskalia, Éd.) *Didaskalia* (32), 77-116.
- Jonnaert, P. (2009). Élaborer et évaluer des manuels scolaires ». *Atelier OIF, CUDC/Montréal*.
- Joshua, S., & Dupin, J.-J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. *Paris, PUF*.
- Juliana, C., & Faggion, B. (2009). *Manuel et transposition dans l'enseignement des langues: Entre savoir à enseigner, savoirs enseignés et savoirs appris, le manuel comme instrument de motivation. Etude d'un exemple dans l'enseignement actuel du français langue étrangère au Brésil*. Thèse de Doctorat de sciences du langage.
- Legrand, L. (1972). Pour une pédagogie de l'étonnement (2ème). *Neuchâtel / Suisse*.
- Maarouf, A., & Benyamna, S. (1997). La construction des sciences physiques par les représentations et les erreurs: cas des phénomènes magnétiques. *Didaskalia*(11), 103 - 120.
- Maarouf, A., & Kouhila, M. (2001). *La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain: analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force*. Didaskalia.
- Maron, V., & Colin, P. (2017). Une reconstruction de la théorie de la gravitation newtonienne: proposition d'une approche d'enseignement inspirée de l'histoire des idées. *RDST, 19*, 93-128. Récupéré sur <https://doi.org/10.4000/rdst.1594>
- Maryvonne, P., & Éric, M. (2018). Le manuel scolaire: une ressource au « statut paradoxal ». *Education et didactique, 12*(1), pp. 79-100. Récupéré sur <https://doi.org/10.4000/educationdidactique.3041>
- Matheron, Y. (1999). *Analyser les praxéologies. Quelques exemples d'organisations Mathématiques*. (Vol. x). Petit IREM de Grenoble.
- Matheron, Y. (2010). Contribution à l'étude du travail de la mémoire dans les processus d'enseignement et d'éducation,. *Note de synthèse HDR, 2010*.
- Matheron, Y. (s.d.). Le travail du professeur de mathématiques relatif à la conception et la réalisation des phases de dévolution. Vol 5. Presses Univ. De Rennes. *Presses Univ. De Rennes.*, 5.
- Maurines, L., & Beaufile, D. (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement: l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *RDST, 271-305*. Récupéré sur <https://doi.org/10.4000/rdst.444>
- MEN. (2010, 12 11). *Direction des curricula*. Récupéré sur Direction des curricula: <https://www.men.gov.ma/Ar/Pages/curricula.aspx>
- MEN. (Novembre 2007). Les orientations pédagogiques générales et les programmes de l'enseignement des sciences physiques et chimiques du secondaire qualifiant. *Direction des curricula maroc*. Récupéré sur <http://men.gov.ma>
- Métral, J. F. (2020). Quelques repères pour une didactique du curriculum en formation professionnelle cohérente avec l'approche par compétences. *RDST*(21), 135-162.

- Ministère de l'éducation national au Maroc . (1999). *Charte Nationale d'Education et de Formation Marocaine*. Récupéré sur <http://men.gov.ma>.
- Ministère de l'éducation national, d. l. (s.d.). *Aperçu sur le Système Educatif Marocain (Préparé et diffusé à l'occasion de la 47ème session de la Conférence Internationale de l'Education*. Récupéré sur http://www.ibe.unesco.org/National_Reports/ICE_2004/morocco.pdf
- Mohammad Dames, A. (2015). *Genèse des affinités disciplinaire et didactique et genèse documentaire: le cas des professeurs de physique-chimie en France*. Thèse de l'Université de Lyon, délivré par l'École Normale Supérieure de Lyon.
- Najar, R. (2015). À propos de l'enseignement de la théorie des ensembles: les choix institutionnels dans la transition secondaire/supérieur en Tunisie . *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 35(2), 141-182.
- Nathalie, D. (2016). Le manuel scolaire, un terrain de recherches en didactique? *Le Français aujourd'hui*, 194, 35-46.
- Nguyen, Q. (2006). *Les apports d'une analyse didactique comparative de la résolution des équations du second degré dans l'enseignement secondaire au Viet-Nam et en France*. Thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- Noemí Ruiz-Munzón, M. B. (2020). Un modèle épistémologique de référence pour la recherche sur l'algèbre élémentaire. (U. d. Faculté d'éducation, Éd.) *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 22(1), 123-144.
- Orange, Y. L. (2015). Quels cadres théoriques et méthodologiques pour quelles recherches en didactique des sciences et des technologies? *RDST*(1), 9-78.
- Pastré, P., Mayen, P., & Vergnaud, G. (2006). La didactique professionnelle. *Revue française de pédagogie*, (154), 145-198. doi:<https://doi.org/10.4000/rfp.157>
- Pélissier Lionel, V. P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique: le cas de la notion de modèle. *Education et didactique*, 10(2).
- Pilet, J. (2012). Parcours d'enseignement différencié appuyés sur un diagnostic en algèbre élémentaire à la fin de la scolarité obligatoire: modélisation, implémentation dans une plateforme en ligne et évaluation. *thèse*. Paris, Université Paris.Diderot (Paris 7), France: Université Paris.Diderot (Paris 7).
- Quessada, M. P., & Clément, P. (2007). Les origines de l'homme dans les manuels scolaires français de sciences au XIXe et XXe siècles: interactions entre connaissances, valeurs et contexte socioculturel. Dans Lebrun, M. (dir.), *Le manuel scolaire: d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain*,. Presses de l'Université du Québec, cédérom.
- Ravel, L. (2003). *Des programmes à la classe: étude de la transposition didactique interne. Exemple de l'arithmétique en terminale S spécialité mathématique*. Grenoble: université Joseph-Fourier-Grenoble 1.
- Reverdy, C. (2018). Les recherches en didactique pour l'éducation scientifique et technologique. *Dossier de veille de l'IFÉ* (122), 1-40. Récupéré sur <https://edupass.hypotheses.org/1232>
- Robardet, G. (1999). La didactique des sciences physiques dans la formation des professeurs vue à travers l'analyse de leurs mémoires professionnels. *Didaskalia*, 9-39.
- Romain Mario, A. M. (2015). Méthode d'observation de la biographie didactique de très bons élèves en étude autonome, hors classe: pertinence, modalité, analyse et interprétation des épisodes. *Éducation et didactique*, 9(3), 41-74.

- Royaume du Maroc, C. S. (2015-2030). *Vision Stratégique*.
- Salone, J. J. (2015). *Les références praxéologiques dans les systèmes didactiques*. Thèse de l' Aix marseille université.
- Sarremejane, P. (2001). Histoire des didactiques disciplinaires. Paris, L'Harmattan.
- Sarremejane, P. (2008). Faire l'histoire des théories pédagogiques et didactiques. Approche historiographique. Paris, L'Harmattan.
- Schubauer Leoni, M. L. (1994). La construction de réponses à des problèmes impossibles. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 20(1), 87-113.
- Seguin, R. (1989). *L'élaboration des manuels scolaires, guide méthodologique*. Paris: Unesco.
- St-Arnaud, Y., Lucie, M., & Chloé, B. (2002). La praxéologie. *Interactions*, 6(1), 29-48.
- Tarisco, B. A., & Gibert, J. (1998). Models of Magnetism. *International Journal of Science Education*, 20(3), 361-378.
- Tavignot, P. (1995). À propos de la transposition didactique en didactique des mathématiques. *Revue de Recherches en Éducation*(15), 31-60.
- The American Heritage® Dictionary of the English Language. (2022). *The American Heritage® Dictionary of the English Language*. (H. Publisher, Éditeur) Récupéré sur <https://www.ahdictionary.com/word/search.html>
- Vargas, C. (2006). Les manuels scolaires: Imperfections nécessaires, imperfections inhérentes et imperfections contingentes. *Presses de l'Université du Québec*, 13-35.
- Venturini, L., & Patrice, P. (2016). Analyse praxéologique de l'enseignement de l'épistémologie de la physique: le cas de la notion de modèle. *Éducation et didactique*, 2-10.
- Venturini, P. (2006). L'envie d'apprendre les sciences. Motivation, attitudes, rapports aux savoirs scientifiques. (Fabert, Éd.)
- Venturini, P., & Albe, V. (2002). Interprétation des similitudes et différences dans la maîtrise conceptuelle d'étudiants en électromagnétisme à partir de leur(s) rapport(s) au(x) savoir(s). *Aster*, 35, 165-186.
- Venturini, P., Albe, V., & Lascours, J. (2000). Rapport des étudiants au champ et au flux magnétiques. *Rapports au savoir et apprentissage des sciences: acte V*, 175-186.
- Venturini, R. B.-C. (2006). Analyse du raisonnement d'étudiants utilisant les concepts de base de l'électromagnétisme. *Didaskalia* , 33(28).
- Wozniak, F. (2012). Analyse didactique des praxéologies de modélisation mathématique à l'école: une étude de cas. *Éducation et didactique*, 6(2), 65-88.

Annexes

➤ **Annexe 1: Problème de chimie proposée aux étudiants de la FST de Settat**

Calculatrice autorisée

Données (les mesures sont effectuées à 25 °C):

- Acide éthanoïque / ion éthanoate: $CH_3COOH_{aq} / CH_3COO^-_{aq}$: $pK_{A1} = 4,7$
- Ion ammonium/ ammoniac: NH_4^+ / NH_3 : $pK_{A2} = 9,2$
- $pK_{A3}(H_2O(l)/OH^-(aq)) = 14$
- $pK_{A4}(H_3O^+(aq)/H_2O(l)) = 0$

1-Produit ionique de l'eau

Le produit ionique de l'eau à 25°C est défini par:

A: $K_e = \frac{[H_3O^+]}{[OH^-]} = 10^{-14}$	B: $K_e = [H_3O^+]. [OH^-] = 10^{-14}$	C: $K_e = [H_3O^+]. [OH^-] = 10^{-7}$	D: Je ne sais pas répondre
---	--	---------------------------------------	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

2- Réaction de l'acide éthanoïque avec de l'eau

On prépare un volume $V = 15$ ml d'une solution aqueuse S_1 d'acide éthanoïque de concentration molaire en soluté apporté $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.l}^{-1}$ son pH est égal à 2,9.

1. l'équation (1) de la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau est:

A: $CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$	B: $CH_3COOH + H_3O^+ \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_2O$	C: $CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + H_3O^+$	D: Je ne sais pas répondre
--	--	--	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix: L'espèce prédomine dans la solution est:

A: CH_3COO^-	B: CH_3COOH et CH_3COO^-	C: CH_3COOH	D: Je ne sais pas répondre
----------------	------------------------------	---------------	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

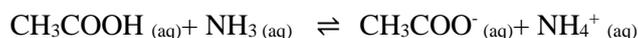
2. Le taux d'avancement final τ_1 de cette réaction est:

A: $\tau_1 = 1$	B: $\tau_1 = 0,5$	C: $\tau_1 = 0,13$	D: Je ne sais pas répondre
-----------------	-------------------	--------------------	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

3- Evolution d'un mélange d'acide éthanoïque et d'ammoniac dans l'eau.

On réalise une solution S de volume $V = 20$ mL en introduisant dans l'eau $2,0 \cdot 10^{-4}$ mol d'acide éthanoïque et $1,0 \cdot 10^{-4}$ mol d'ammoniac. On modélise la transformation qui a lieu par la réaction suivante:



1. Le quotient de réaction du système dans l'état initial Q_{ri} est donnée par:

A: $Q_{ri} = 0$	B: $Q_{ri} = 1$	C: $Q_{ri} = 2,0 \cdot 10^{-14}$	D: Je ne sais pas répondre
-----------------	-----------------	----------------------------------	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

2. La valeur de la constante d'équilibre K associée à cette réaction est donnée par:

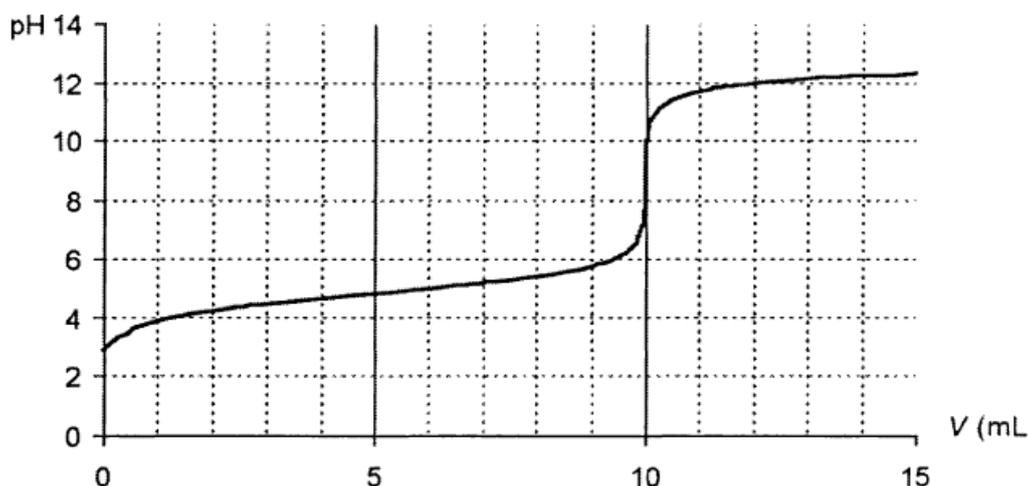
A: $K = 6,5 \cdot 10^4$	B: $K = 3,2 \cdot 10^{10}$	C: $K = 3,2 \cdot 10^4$	D: Je ne sais pas répondre
-------------------------	----------------------------	-------------------------	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

4-Titrage d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque

On donne la courbe de titrage de 10mL d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque $\text{CH}_3\text{COOH}_{(aq)}$ de concentration molaire $C_A=1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$ par une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}_{(aq)}^+ + \text{HO}_{(aq)}^-$) de concentration molaire de $C_B=1,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.l}^{-1}$.

Titrages



1- L'équation chimique modélisant la transformation ayant lieu lors du titrage est:

A: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HO}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$	B: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$	C: $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_3\text{O}^+$	D: Je ne sais pas répondre
---	--	--	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

2- Indiquer la partie de la courbe correspondant à la réaction du titrage. On indiquera sur la courbe le point **A** du début de cette réaction et le point **B** de la fin de cette réaction. Justifiez votre réponse:

3- En quel(s) point(s) de la courbe peut-on dire qu'il y a un équilibre chimique? Justifiez votre réponse:

4- Déterminer les coordonnées ($V_{B,E}$, pH_E) du point d'équivalence acido-basique. Justifiez votre réponse:

5 -On réalise maintenant le titrage de 10 ml d'une solution d'acide éthanoïque de concentration $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$ par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $0,01 \text{ mol.l}^{-1}$. La courbe de titrage obtenue et la courbe précédente:

A: sont superposables n'ont aucun point commun	C: passent par le même point d'équivalence	D: passent par le même point de demi-équivalence	E: Je ne sais pas répondre
--	--	--	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

6- On veut titrer 100 ml d'une solution d'acide éthanoïque de concentration $0,1 \text{ mol.l}^{-1}$ par une solution d'hydroxyde de sodium. Il faudra pour atteindre le point d'équivalence:

A: moins de 0,01 mole d'hydroxyde de sodium	B: 0,01 mole d'hydroxyde de sodium	C: plus de 0,01 mole d'hydroxyde de sodium	D: je ne peux pas répondre car il manque des données	E: Je ne sais pas répondre
---	------------------------------------	--	--	----------------------------

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

7 - On veut titrer **10mL** d'une solution d'**acide éthanoïque** de concentration inconnue par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration **0,1mol.L⁻¹**. On ne dispose que d'indicateurs colorés. Parmi ceux figurant dans le tableau ci-dessous, lequel (ou lesquels) choisiriez-vous?

Cochez la bonne réponse en justifiant votre choix:

Indicateur	Zone de virage	pKa	Forme acide	Forme basique
Violet de méthyle	0.0-1.6	0.8	jaune	bleu
Bleu de thymol(1 ^e acidité)	1.2- 2.8	1.6	rouge	jaune
Jaune de méthyle	2.9- 4.0	3.3	rouge	jaune
Hélianthine	3.1- 4.4	4.2	rouge	jaune
Vert de bromocresol	3.8- 5.4	4.7	jaune	bleu
Rouge de méthyle	4.2- 6.2	5.0	rouge	jaune
Rouge de chlorophenol	4.8- 6.4	6.0	jaune	rouge
Bleu de bromothymol	6.0- 7.6	7.1	jaune	bleu
Rouge de phénol	6.4- 8.0	7.1	jaune	rouge
Mauve de crésol	7.4- 9.0	8.3	jaune	mauve
Bleu de thymol (2 ^e acidité)	8.0- 9.6	8.9	jaune	bleu
Phénolphthaléine	8.0- 9.8	9.7	incolore	rose
Thymolphthaléine	9.3-10.5	9.9	incolore	bleu
Jaune d'alizarine	10.1-12.0	11.0	jaune	rouge

Principaux indicateurs colorés acido – basiques

➤ *Annexe 2: Grille de lecture bibliographique*

Titre, Auteur et année	But, problème de la recherche	Mots clés	Méthodologie ou Cadre théorique	Résultats trouvés et propositions
Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique, Laurence Viennot, 1993.	Identifier la manière dont les étudiants comprennent les relations entre grandeurs physiques du point de vue du temps, en particulier celles qui concernent des grandeurs considérées au même instant.	***	Enquête	L'analyse causale des phénomènes, dans le domaine de la physique comme ailleurs, conduit à raisonner en termes de causes, antérieures. Les réponses que nous apporte la science prennent, elles, la forme de relations dont un caractère fondamental est leur permanence dans le temps. Il y'a des difficultés importantes liées à la recherche de causes.
Histoire et didactique de la physique et de la chimie: quelles relations?, Jean-Louis	Réexaminer l'affirmation banale et confuse des liens entre histoire et didactique des sciences pour	histoire des sciences, didactique des sciences, physique-chimie.	Point de vue qui s'appuie sur les travaux menés en France et qui touchent directement ou	Il y a une place pour l'épistémologie, et donc l'histoire des sciences, avec un statut majeur. La carence principale

<p>Martinand, 1993.</p>	<p>distinguer des thèmes précis de réflexion et de recherche.</p>		<p>indirectement aux rapports entre histoire et didactique de la physique et de la chimie, pour distinguer des thèmes de réflexion et de recherche.</p>	<p>des futurs enseignants de physique et de chimie n'est pas en effet leur "niveau universitaire insuffisant" dans ces disciplines: c'est que leurs études universitaires permettent peu de réel contact avec les pratiques de la physique ou de la chimie, dans la recherche, l'industrie, la culture...</p>
<p>Des programmes de chimie à leur mise en œuvre, Monique Goffard, 1994.</p>	<p>Présenter quelques-unes des raisons qui ont motivé l'écriture des programmes autour de thèmes liés à des problèmes de la vie quotidienne.</p>	<p>Enseignement secondaire, nouveaux programmes, chimie, thèmes de la vie quotidienne.</p>	<p>L'approche thématique</p>	<p>L'écriture des programmes entraînent des changements. Changement dans les conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences, changement dans la formation des enseignants qui, tout en restant disciplinaire. Les rédacteurs des programmes ne peuvent qu'ouvrir des pistes de réflexion, la balle est à présent dans le camp des législateurs et des formateurs, formateurs d'enseignants, d'apprentis-enseignants, d'élèves.</p>
<p>Devons-nous utiliser des phénomènes évolutifs en introduction à l'étude de l'électricité, P. Koumaras, 1994.</p>	<p>Etudier des phénomènes évolutifs dans un cadre de l'enseignement de la notion de résistance électrique.</p>	<p>Didactique de la physique, conceptions des élèves, électricité, expériences, innovation, curriculum.</p>	<p>la combinaison de situations mettant en œuvre des états stationnaires et des phénomènes évolutifs dans un enseignement sur la résistance peut aider les élèves à reconsidérer leur</p>	<p>La combinaison d'expériences sur des états stationnaires et des phénomènes évolutifs pourraient ainsi élargir le champ expérimental et permettre l'adaptation du savoir à enseigner</p>

			conception intuitive du transfert de l'énergie, et augmenter leur compréhension de faits expérimentaux liés à un modèle circulatoire du fonctionnement d'un circuit.	au raisonnement des élèves.
Les représentations spatiales des concepts associés à l'énergie comme outil de formation des enseignants, Catherine Bruguière, 1994.	Présentons sous forme de cartes conceptuelles, les résultats d'une analyse sémantique et conceptuelle, centrée sur le programme de physique.	cartes conceptuelles, didactique, énergie, programme, transdisciplinaire.	-Le concept d'énergie se vérifie dès lors que l'on prend conscience d'une part que le langage est un vecteur prépondérant des savoirs dans l'enseignement et d'autre part, que l'énergie est un concept pluridisciplinaire et polysémique. -Approche lexicométrique.	Les représentations spatiales de concepts permettent de concrétiser et de synthétiser les multiples informations apportées par le nouveau programme; -Ces modes de représentations rendent plus lisible le programme conformément aux recommandations du Nouveau contrat pour l'école.
Le frottement cinétique: analyse des raisonnements des étudiants, Helena CALDAS, 1995.	Etudie les modes de raisonnement d'étudiants de différents pays, confrontés à des situations physiques simples de frottement cinétique.	Raisonnements, frottement cinétique, mécanique, enseignement.	Questionnaires «papier crayon» ont été posés à 442 personnes.	-Les modes de raisonnement montrent qu'il existe encore des domaines de la physique pour lesquels nous ne connaissons pas très bien les façons dont les étudiants raisonnent; -les étudiants ne définissent que des mouvements auxquels on peut trouver une cause dynamique (dans Le cas des situations étudiées, les mouvements effectifs ou encore les mouvements des

				blocs par rapport à la table)
Enseignement d'un modèle particulière cinétique de gaz au collège. Questionnement et simulation, Martine Méheut, 1996.	Le but consiste à placer les élèves en situation d'attribuer une signification à différentes variables intervenant dans une animation et de construire à partir de ces variables un modèle interprétatif des propriétés thermoélastiques des gaz.	gaz, propriétés thermoélastiques, modèle cinétique, simulation, collège.	Conception d'une séquence d'enseignement d'une approche «synthétique», phénomènes/ questions / modèles.	-Les élèves doivent opérer les modèles dans leurs manières de raisonner; -Passage explication dynamique, à caractère causal (recherche de forces); -Développement de raisonnements non linéaires
Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels: introduction expérimentale du concept de puissance, karine Bécu-Robinault, 1997.	Définir et mise en œuvre d'une grille d'analyse des activités de modélisation des élèves lors de séances de travaux pratiques de physique.	Expérience, modélisation, mesures, traitements numériques, puissance.	Enregistré, transcrit puis analysé des dialogues d'élèves lors d'une séance de travaux pratiques (TP) visant à introduire le concept de puissance.	-La phase de construction du montage et la prise de mesures aident les élèves à construire le sens d'un concept physique; -L'importance du modèle physique dans l'interprétation de l'expérience, mais aussi la difficulté des élèves à prendre en compte les informations issues des niveaux de la mesure et des objets et événements.
Charges et champs électriques difficultés et éléments de stratégie pédagogique en Mathématiques Spéciales Technologiques, Sylvie RAINSON, 1998.	Le but vise à guider des étudiants de Mathématiques Spéciales Technologiques dans la construction des concepts de charge et de champ électriques.	Champ électrique, modes de raisonnements, séquence d'enseignement, profils conceptuels, didactique de la physique.	une analyse du contenu de la cible conceptuelle et un résumé des principaux résultats d'une enquête préliminaire sur les difficultés communes dans ce domaine.	Les classes préparatoires aux grandes écoles françaises constituent typiquement un contexte extrêmement contraint, où il peut être tentant de croire que peu d'aspects de l'enseignement peuvent être modifiés.
Les intentions didactiques manifestées dans les programmes	La question est alors de savoir comment la prise en compte, dans les textes officiels, des	Didactique, circuits électriques, changement de	Cette étude, réalisée à l'aide de questionnaires papier-crayon.	Pour le circuit ouvert, après la mise en œuvre de ce programme, le raisonnement

d'électricité de 1993, classe de quatrième: mise en œuvre d'un outil pour évaluer l'impact sur les acquis des élèves, Monique COUCHOURO N et Laurence VIENNOT, 2000.	difficultés rencontrées par les élèves, se traduit dans les acquis des élèves eux-mêmes.	programme, outil d'évaluation, classe de quatrième.		séquentiel subit un léger recul mais persiste pour environ la moitié des élèves, retenir l'importance, et ne pas se priver de mettre la situation de circuit ouvert à contribution pour développer une réflexion systémique dans la révision du programme.
Coordination des « représentations image » et des représentations rationnelles dans la construction du concept d'élément chimique, Jean-Claude SALLABERRY, 2000.	Le but consiste à construire le concept d'élément chimique à partir de deux points de vue: d'abord à partir de la chronique d'une formation en IUFM, ensuite d'un point de vue historique.	Représentation image, représentation rationnelle, bord, concept, élément chimique.	L'hypothèse du caractère indispensable des représentations image dans l'élaboration du concept est illustrée à partir de leur présence et de leur coordination aux représentations rationnelles.	La catégorisation des représentations en représentations image (R1) et représentations rationnelles (R2) pouvait, au-delà du repérage empirique, se justifier par une argumentation théorique, la construction de concepts a besoin des R1 et des coordinations R1-R2.
La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain: analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force, Abdeljalil MAAROUF, 2001.	Ce travail tente d'analyser les difficultés rencontrées par des élèves marocains (15-17ans) lors de l'étude de situations mécaniques scolaires modélisables en termes de force.	Force, physique, difficulté d'apprentissage, activité de modélisation, conception.	une méthode qualitative, et plus particulièrement sur l'analyse des productions recueillies à l'issue de la passation d'un questionnaire et lors d'entrevues individuelles.	les sources de difficultés s'expliquent par la non-intégration des processus de modélisation et de conceptualisation dans les structures cognitives des élèves, les représentations symboliques des concepts physiques sont souvent parachutées par l'enseignant.
La simulation informatique: outil d'aide à l'apprentissage de la chimie des solutions, Mohamed ERRADI et all, 2001.	Ce travail présente une expérimentation utilisant des simulations informatiques de titrages acide-base dans des situations didactiques d'apprentissage	Pédagogie, chimie des solutions, simulation, changements cognitifs, démarches de résolution.	Deux approches dans l'utilisation des simulations de titrages pH-métriques à l'aide du logiciel « SIMULTIT2 » sont mises en place et évaluées	La simulation informatique constitue un élément fondamental de la démarche scientifique, la simulation permet d'activer des processus de

	basées sur l'investigation et la participation de l'apprenant dans la construction de son savoir.		avec un groupe d'enseignants en formation continue et un groupe d'élèves-professeurs en formation initiale.	recherche de l'information. La simulation utilisée en aval d'une expérience, permet la confrontation de la théorie avec l'expérience.
Analyse des difficultés des étudiants à propos des concepts de phase et de surface d'onde, du principe de Huygens, Laurence MAURINES, 2003.	La première partie de cet article concerne des situations de propagation selon une direction et le concept de phase d'une onde. La deuxième porte sur des situations de propagation selon plusieurs directions, de réflexion et transmission, de superposition d'ondes sphériques cohérentes et le concept de surface d'onde.	Raisonnement commun, université, phase, surface d'onde, principe de Huygens.	Deux enquêtes exploratoires, les réponses des étudiants ont d'abord été analysées questionnaire par questionnaire. Les résultats obtenus à l'ensemble des questionnaires ont ensuite été confrontés.	Une tendance vers un raisonnement monotonnel, il est souhaitable d'introduire un vocabulaire spécifique à l'onde, il est souhaitable d'apprendre aux apprenants à éliminer les paramètres non pertinents auxquels ils ont pensé.
Influence de la nature du texte d'un film de chimie sur son utilisation par un apprenant, Bülent Pekdag, 2006.	Déterminer l'influence des commentaires accompagnant les images de films de chimie sur le fonctionnement des élèves et sur la construction de liens entre les concepts nécessaires à la réponse à des questions portant sur le thème des acides et des bases.	Film, chimie, connaissances, perceptible, reconstruit, image, commentaire d'accompagnement.	Des films pédagogiques ont été projetés à des élèves tout en leur posant des questions faisant essentiellement appel à des notions conceptuelles, l'analyse des réponses écrites est réalisée par une technique apparentée: carte du flux (du vocabulaire/des idées).	La relation entre le film et le fonctionnement des élèves lors des réponses aux questions est forte, il est préférable que le commentaire du film adopte un style reconstruit, les films courts peuvent servir d'auxiliaires pédagogiques.
Symbolisme des grandeurs physiques: statut sémantique et perception des élèves, Ammar	Cet article traite à la perception du symbolisme des grandeurs physiques par des élèves de lycée et d'étudiants	Symbole, signe, grandeur physique, perception,	La méthodologie engagée comprend deux volets. Le premier consiste en une enquête par	Une tendance à attribuer aux signes constitutifs de formules physiques, une valeur de représentation de

OUARZEDDIN E, 2007.	en début de premier cycle,	lecture spontanée.	questionnaire papier-crayon auprès de populations algériennes d'élèves et d'étudiants, le second, mis en œuvre à titre complémentaire, concerne une analyse de pratiques d'enseignement ayant un rapport avec le sujet.	grandeurs physiques, intrinsèque et définitive, les apprenants s'attachent au symbolisme familier et habituel incompatible au statut sémantique du symbolisme.
L'appropriation des « objets de savoir » relatifs aux titrages acide-base par les élèves et les étudiants tunisiens, Latifa OUERTATANI, 2008.	Le but consiste à comparer les objets de savoirs que se sont appropriés des élèves de terminale et des étudiants de première année universitaire pour décrire les titrages acide-base, Sont-ils capables de mettre en relation les figurations symboliques avec les lois et les théories du langage de la chimie? Déterminer les modes de raisonnement (et/ou des conceptions) alternatifs.	Objets de savoir, modélisation, titrage acide-base, raisonnements alternatifs.	Un questionnaire papier/crayon a été soumis aux élèves de terminale du lycée et aux étudiants de la 1 ^{ère} année de la faculté des sciences de Tunis, 4 semaines après la fin de l'enseignement du thème acide base, les réponses apportées par les élèves et les étudiants ont été regroupées en différentes catégories.	Les élèves et les étudiants n'ayant pas une conception claire sur les objets de savoir et ont des difficultés à mettre en relation le référent empirique avec le monde des théories et modèles du langage de la chimie.
Analyse de la « vie » du savoir en classe de physique. Cas de l'énergie, mouhamadoune Seck, 2008.	L'article propose une réflexion méthodologique du traitement d'un corpus vidéo de situations de classe.	Échelle de temps, granularité, savoir, système, action conjointe.	L'analyse de la situation de classe au cours de l'enseignement d'une séquence en physique au niveau du lycée prend l'orientation de la didactique comparatiste qui propose l'action conjointe comme fil conducteur.	Les échelles de temps et de granularité du savoir utilisées dans cette méthodologie conduisent à des structurations, des catégorisations qui permettent leurs articulations. Elles permettent aussi différentes vérifications de ces traitements.

<p>Intégration conceptuelle des équilibres acide-base par les étudiants français préparant le CAPES, Kostas Ganaras, 2009.</p>	<p>Le but est d'analyser dans quelle mesure des futurs enseignants de physique- chimie du secondaire ont intégré le concept d'équilibre chimique pour interpréter diverses situations du champ empirique des transformations de type acide-base.</p>	<p>Intégration conceptuelle, concept d'équilibre chimique, équilibres acide-base.</p>	<p>une recherche à l'aide d'un questionnaire papier crayon a été effectuée auprès d'étudiants français préparant le CAPES.</p>	<p>Une minorité d'étudiants utilise le concept d'équilibre chimique pour l'interprétation de phénomènes chimiques mettant en jeu des équilibres acide-base et que le savoir relatif à ces équilibres n'est devenu ni opérant ni fonctionnel pour de nombreux futurs enseignants.</p>
<p>La physique dans la culture scientifique: entre raisonnement, récit et rituels, Laurence Viennot, 2007.</p>	<p>L'objectif consiste à étudier l'enseignement en physique sous l'influence du raisonnement commun, d'une part, la prégnance des conséquences de rituels et récit, pour une intérêt qui implique ce couple – raisonnement/plaisir – dans différents cadres de communication scientifique.</p>	<p>***</p>	<p>Il n'est pas question, dans cette présentation, de résumer ce que des analyses philosophiques, sociologiques, linguistiques, historiques ont pu verser à de tels débats (voir par exemple une bibliographie thématique dans Jeanneret, 994, p.387).C'est plutôt sur le terrain d'un relatif consensus que s'ancre ce texte.</p>	<p>Au moins deux sources à ce jugement: l'existence des tendances communes du raisonnement, qui ne concernent pas seulement les novices en science, et la résistance impressionnante de rituels d'enseignement qui traversent niveaux scolaires et frontières.</p>
<p>Représentations moléculaires et systèmes sémiotiques, Rita Khanfour-Armalé, 2009.</p>	<p>Dans cet article, l'auteur réalise une analyse cognitive des représentations des substances et analyser le rôle de ces représentations dans l'enseignement du niveau moléculaire.</p>	<p>***</p>	<p>Un cadre théorique sémiotique pour les mathématiques, articulé en trois axes: les relations entre signes et représentés; les fonctions des représentations; et la coexistence de différents systèmes sémiotiques.</p>	<p>Le cadre théorique permet de proposer une catégorisation sémiotique rigoureuse des différentes représentations des corps. Il conduit aussi à mettre en lumière certains manques et incongruences dans l'utilisation de ces représentations pour l'enseignement et la pratique de la chimie.</p>

<p>Travaux personnels encadrés à dominante physique en 1^{re} S: étude de cas et analyse didactique, Patrice Venturini, 2004.</p>	<p>L'étude rapportée ici s'insère dans la recherche coopérative portant sur « structuration des connaissances et nouveaux dispositifs d'enseignement menée sous l'égide de (l'INRP 2000).</p>	<p>***</p>	<p>Des données recueillies par des entretiens, l'analyse des résultats obtenus est faite à la lumière de la théorie anthropologique du didactique pour les interpréter et leur donner du sens.</p>	<p>Le travail « personnel de l'élève concerne le savoir scientifique, et que « l'encadrement » du professeur est relatif à l'avancement de l'activité, l'existence de logiques différentes dans les textes de référence des TPE, conduisant à des injonctions paradoxales, ou à des ambiguïtés.</p>
<p>Relevé de quelques obstacles épistémologiques dans l'apprentissage du concept de réaction chimique, Josette Carretto, 1994.</p>	<p>Cet article se propose de recenser quelques obstacles épistémologiques au cours de l'apprentissage du concept de réaction chimique</p>	<p>***</p>	<p>La méthodologie d'analyse consiste d'une part à percevoir les obstacles, d'autre part essayer de dégager une approche didactique dans laquelle l'intégration des objectifs de formation, particulièrement liés à ce champ disciplinaire.</p>	<p>Nécessité d'introduire une approche précoce de la notion de réaction chimique, de trouver des modèles simplifiés ou intermédiaire sans introduire de notions inutiles ou inexacts.</p>
<p>Ruptures et continuités entre physique et mathématique à propos de la caractéristique des dipôles électriques linéaires, Didier Malafosse, 2000.</p>	<p>L'article s'appuie sur l'étude expérimentale de la loi d'Ohm pour montrer que l'analyse de difficultés rencontrées par l'élève met en évidence une absence de repères pour penser les continuités et les ruptures entre les deux disciplines.</p>	<p>***</p>	<p>un modèle articulé autour des notions de "cadre de rationalité" et de "registre sémiotique" qui permet d'analyser les processus de conceptualisation des élèves par une approche inter-didactique.</p>	<p>La conceptualisation scientifique dans l'esprit des élèves ne s'arrêtant pas aux bornes des disciplines, il reste à concevoir des stratégies dépassant la dimension disciplinaire qui leur permettent de franchir les obstacles qui apparaissent à l'occasion du passage d'un registre (graphique, algébrique, etc.) du cadre de rationalité de la physique à celui</p>

				des mathématiques (ou inversement).
Analyse de pratiques ordinaires d'enseignement des caractères qualitatifs d'une réaction chimique en Tunisie, Chiraz Ben Kilani, 2019.	Analyser les pratiques ordinaires d'une enseignante tunisienne relatives aux caractères qualitatifs d'une réaction chimique en première année secondaire.	Chimie, enseignement, pratique, jeu, déterminant, réaction chimique	le cadre de la théorie de l'action conjointe en didactique qui modélise l'action didactique par une série de jeux centrés sur un enjeu de savoir. Les données sont constituées d'un enregistrement vidéo et d'entretiens ante et post séance.	Cette recherche propose des pistes pour la formation de futures enseignantes qui pourraient les aider à relativiser leur vision empiriste sur l'élaboration des savoirs scolaires et à prendre un recul réflexif sur leurs propres pratiques.
Modèles et étayages pour l'élaboration de protocoles par les élèves: cas des titrages acide-base, Cédric D'Ham, 2019.	Produire une séquence pédagogique au cours de laquelle ces élèves apprennent à concevoir leur propre expérimentation: un titrage acide-base, ceci dans un cadre de recherche itérative selon les principes de la « Design-Based Research ».	Conception, protocole expérimental, titrage acide base, guidage, environnement d'apprentissage	Des situations d'enseignement d'un format de deux heures au cours desquelles les élèves doivent proposer un protocole de titrage acido-basique, avant de réaliser le titrage selon ce protocole, ensuite trois tests ont été menés dans la classe dans un lycée ayant des élèves issus de catégories socio-professionnelles variées.	La conception d'une expérimentation est une tâche complexe pour des élèves de terminale, mais avec des étayages adaptés, certaines élèves peuvent mettre en œuvre des raisonnements complexes, proches de ceux que le scientifique utilise en laboratoire.