

UNIVERSITE HASSAN II
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
DE CASABLANCA

ANNEE : 2006

THESE N°329

ANATOMIE ET RADIO-ANATOMIE
DE LA FOSSE CEREBRALE POSTERIEURE

THESE

PRESENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE..... 2007

PAR

Mlle. Asma AMJAHD

Née le 23 Juillet 1978 à Marrakech

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS CLES : FOSSE CEREBRALE POSTERIEURE – CERVELET – TRONC CEREBRAL –
QUATRIEME VENTRICULE – OS OCCIPITAL – TDM – IRM – ARTERIOGRAPHIE

JURY

Mr. A. EL AZHARI

Professeur de Neurochirurgie

Mr. S. AIT BENALI

Professeur de Neurochirurgie

Mme. W. ZAMIATI

Professeur de Radiologie

Mr. A. NAJA

Professeur de Neurochirurgie

Mme. K. IBAHIOIN

Maître de Conférence Agrégée de Neurochirurgie

} PRESIDENT

} RAPPORTEUR

} JUGES

PLAN

PLAN

	<u>Page</u>
INTRODUCTION.....	1
MATERIELS & METHODES	3
EMBRYOLOGIE.....	5
I- LA PHYLOGENESE	7
A- L'APPAREIL PROTO-KINETIQUE	7
B- Les centres tectaux hiérarchisés.....	8
1- Les centres archéo-kinétique.....	8
2- Les centres paléo-kinétiques	8
3- Les centres néo-kinétiques	9
II- ONTOGENESE	9
A- NOTIONS INDISPENSABLES.....	9
1- Considérations générales.....	9
2- Principes généraux	10
3- Notions préliminaires.....	10
<i>a- Période embryonnaire.....</i>	<i>10</i>
<i>b- Période fœtale.....</i>	<i>11</i>
B- LA NEURULATION.....	11
1- La plaque neurale	11
2- La gouttière neurale	12

3- Le tube neural.....	12
C- SUBDIVISION DU RHOMBENCEPHALE	16
1-Le myélencéphale	16
2- Le métencéphale	16
D- LE DEVELOPPEMENT DU MESENCEPHALE.....	17
E- LE DEVELOPPEMENT DU CERVELET	17
 ANATOMIE	20
I- GENERALITES.....	23
A- LIMITES	23
B- FORME EXTERIEURE ET REPERES	23
C- CONSTITUTION ANATOMIQUE	24
II- LES PAROIS DE LA FCP	26
A- LA PAROI POSTERO INFERIEURE.....	26
1- Un plan osseux	26
2- Un plan fibreux	27
B- LA PAROI ANTERIEURE	27
1- Le plan osseux.....	28
2- Le plan fibreux	28
C- LA PAROI SUPERIEURE	28
D- LA FAUX DU CERVELET	29
E- ORIFICE SUPERIEUR OU TENTORIAL	29
F- ORIFICE INFERIEUR.....	30
III- LES SINUS VEINEUX DES PAROIS DE LA FCP	31

A- DANS LA PAROI SUPERIEURE	31
B- DANS LA PAROI ANTERIEURE	32
C- DANS LA PAROI INFERIEURE	32
IV- LE CONTENU DE LA FCP	34
A- LE TRONC CEREBRAL (TC)	34
1- Configuration externe	38
<i>a- Vue ventrale ou antérieure.....</i>	<i>38</i>
<i>b- Vue latérale</i>	<i>44</i>
<i>c- Vue dorsale</i>	<i>44</i>
2- Les cavités du tronc cérébral.....	47
<i>a- L'aqueduc de Sylvius.....</i>	<i>47</i>
<i>b- Le 4^{ème} ventricule.....</i>	<i>47</i>
<i>c- Le canal de l'épendyme</i>	<i>47</i>
3- Structures du TC	49
B- LE CERVELET	49
1- Le vermis.....	52
2- Les hémisphères cérébelleux	52
C- LES FORMATIONS MENINGEES	54
1- La dure-mère	54
2- La pie-mère	56
3- Les citernes.....	56
D- LES NERFS CRANIENS.....	57
E- LES VAISSEAUX	61
1- La vascularisation artérielle	61

<i>a- L'artère vertébrale</i>	61
<i>b- Le tronc basilaire</i>	62
2- La vascularisation veineuse	64
<i>a- Les veines bulbaires</i>	64
<i>b- Les veines cérébelleuses</i>	64
3- Les sinus de la FCP	66
V- TOPOGRAPHIE GENERALE DE LA FCP	68
A- LA REGION DE L'ISTHME DE L'ENCEPHALE	68
B- LA REGION DE L'ANGLE PONTO CEREBELLEUX	68
C- LA FOSSE CEREBELLEUSE	71
D- LA REGION DU TROU OCCIPITAL	73
VI- LES RAPPORTS DE LA FCP	75
A- EN HAUT	75
B- EN AVANT	75
C- EN BAS	75
D- EN ARRIERE	75
RADIO-ANATOMIE	76
I- AVENEMENT DE L'ANATOMO-IMAGERIE	77
II- GENERALITES	78
III- LA RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE IRM	78
A- PRINCIPES DE L'IRM	78
1- Le temps de relaxation longitudinal T1, ou Spin réseau .	84
2- Le temps de relaxation transversal T2 ou Spin spin	84

B- REALISATION D'UN EXAMEN IRM	84
1- Précautions premières	84
2- Installation du patient.....	85
3- Le choix d'une séquence.....	85
<i>a- La séquence d'écho de spin.....</i>	<i>86</i>
<i>b- Le temps d'écho TE</i>	<i>86</i>
<i>c- La séquence d'inversion récupération</i>	<i>86</i>
<i>d- Les séquences rapides</i>	<i>87</i>
<i>e- Le choix de l'antenne.....</i>	<i>87</i>
<i>f- Le choix des coupes.....</i>	<i>87</i>
<i>g- Aspect des structures anatomiques de la FCP.....</i>	<i>88</i>
<i>h- Les artéfacts.....</i>	<i>90</i>
C- LES CONTRES INDICATIONS A L'EXAMEN EN IRM	92
D- FLUX ET EXPLORATION VASCULAIRE EN IRM.....	92
1- Les deux types d'imagerie des vaisseaux	93
2- Angiographie IRM	94
<i>a- Effet de flux.....</i>	<i>94</i>
<i>b- Application cliniques</i>	<i>95</i>
3- Perspective d'avenir.....	96
E- IRM EN COUPE AXIALE EN T1	97
F- IRM EN COUPE CORONALE EN T1	101
G- IRM EN COUPES SAGITTALES EN T1	104
H- IRM PONDEREE EN T2	105
1- Coupe coronale passant par le cervelet.....	105

2- Coupe frontale passant par les péduncules cérébraux	106
3- Coupe sagittale paramédiane, passant par le péduncule cérébral.....	107
4- Coupe sagittale	108
I- ANGIO IRM.....	109
1- Vue de face.....	109
2- Vue de profile.....	110
IV- TOMODENSITOMETRIE.....	111
A- PRINCIPES DE LA (TDM)	111
B- LES TECHNIQUES DE LA TDM.....	112
1- Préparation du malade.....	112
2- Mise en place du patient.....	113
3- Incidence	113
<i>a- Le plan de référence</i>	<i>113</i>
<i>b- Les coupes axiales</i>	<i>114</i>
<i>c- Les coupes coronales</i>	<i>114</i>
4- Paramètres	114
<i>a- Repérage radiographique ou scanogramme.....</i>	<i>114</i>
<i>b- L'épaisseur des coupes.....</i>	<i>115</i>
<i>c- Les temps de pause</i>	<i>115</i>
<i>d- Les champs</i>	<i>116</i>
<i>e- Les matrices</i>	<i>116</i>
<i>f- Les filtres</i>	<i>116</i>
5- Les pièges de la TDM	117

<i>a- La 1^{ère} limitation</i>	117
<i>b- La 2^{ème} limitation</i>	117
<i>c- La 3^{ème} limitation</i>	117
<i>d- Artéfacts en rapport avec un mauvais réglage de l'appareil</i>	118
6- Les produits de contraste (PDC)	118
<i>a- Les produits utilisés</i>	118
<i>b- Injection intraveineuse de PDC</i>	119
<i>c- L'injection intrathécale de PDC</i>	121
<i>d- Les contre-indications des contrastes iodés</i>	121
<i>e- Complications</i>	122
C- TECHNIQUES PARTICULIERES	123
1- La reconstruction tridimensionnelle	123
2- L'angioscanner hélicoïdal	124
D- COUPES TOMODENSITOMETRIQUES SANS INJECTION	129
E- COUPE TOMODENSITOMETRIQUE AVEC INJECTION .	133
 ANGIOGRAPHIE	137
I- ARTERIOGRAMME	138
A- ARTERE VERTEBRALE	138
B- LE TRONC BASILAIRE	140
II- PHLEBOGRAMME SOUS- TENTORIEL	140

III- ANGIOGRAPHIE NUMERISEE.....	141
A- PRINCIPES THEORIQUES	141
B- AVANTAGES DE LA NUMERISATION	144
C- INDICATIONS	144
D- CONTRE-INDICATION	145

CONCLUSION.....	149
------------------------	------------

RESUMES

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

La fosse cérébrale postérieure (FCP) ou fosse cérébelleuse, est une loge ostéo-fibreuse inextensible, située à la partie postéro inférieure de la cavité crânienne, et formée par trois os : l'occipital et la partie postérieure des deux temporaux.

La FCP est limitée en avant par le bord supérieur des rochers, en arrière par le plan de séparation de la base et de la voûte du crâne. Elle contient la plus grande partie du tronc cérébral, le cervelet et les espaces méningés qui l'entourent, traversée par des vaisseaux et des nerfs crâniens. (5)

La FCP communique avec le canal rachidien par le trou occipital en bas, et avec la loge cérébrale par le foramen de Pacchioni en haut.

L'exploration de la FCP a bénéficié des progrès d'imagerie médicale ; en particulier la tomodensitométrie et surtout la résonance magnétique nucléaire qui explore facilement ses constituants et permettent de dresser un bilan lésionnel précis en pathologie.

Un chapitre consacré au développement embryologique paraît indispensable vu que l'anatomie cérébrale est interprétée à la lumière du développement embryonnaire. (72)

MATERIELS & METHODES

Ce travail consiste en une revue de la littérature ; dont le but est de préciser les aspects anatomiques et radio anatomiques des différents constituants de la FCP, en se limitant au domaine du normal.

Une étude sur cadavres est fortement souhaitable, mais elle n'a pu être réalisée pour des raisons législatives.

EMBRYOLOGIE

Dans ce chapitre nous tenterons d'expliquer l'anatomie complexe du système nerveux central (SNC) ; en faisant appel aux données de l'embryologie (72).

La phylogenèse et l'ontogenèse permettent de suivre l'évolution du (SNC) (fig. 1) et de constater l'apparition successive dans le temps et dans l'espace des différentes pièces qui le constituent (47).

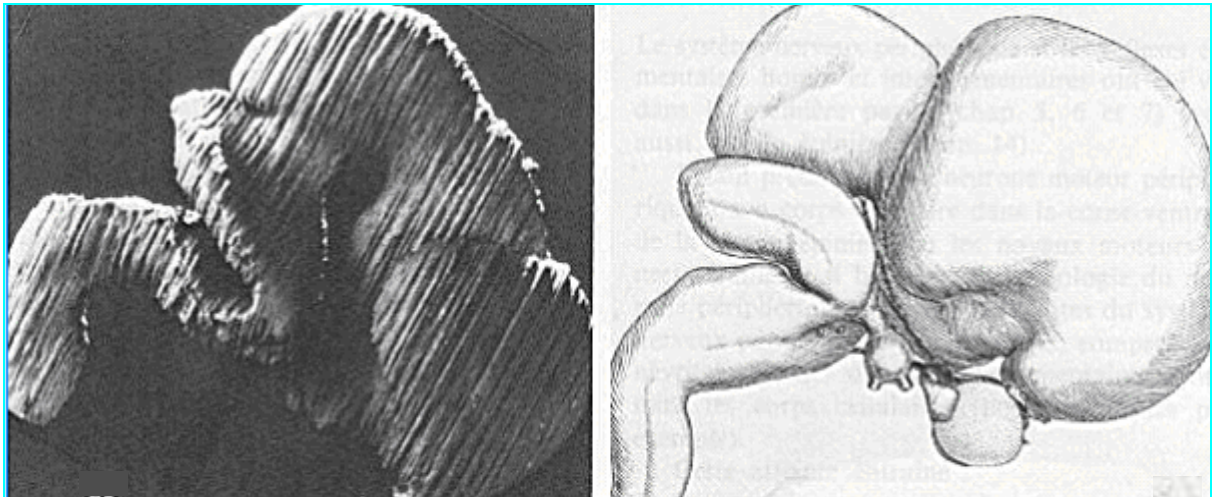


Figure 1 : Photographie de reconstruction d'encéphales d'embryons humains en stade 20 et 23 de la Corenegie.

I- LA PHYLOGENESE : (46)

La phylogénèse révèle que les organismes peu évolués ne sont en fait constitués que par l'empilement longitudinal et successif de métamères, chacun de ceux-ci forme une unité fonctionnelle et anatomique qui pourrait théoriquement fonctionner de manière autonome et qui comprend :

- Un neuromère : segment ou tranche du tube neural.
- Deux ébauches ganglionnaires situées de part et d'autre du neuromère.
- Un dermatome : secteur sensitif cutané, responsable des afférences au neuromère.
- Un myotome : dérivé d'un somite, est formé des muscles fonctionnellement dépendant du neuromère.

A- L'APPAREIL PROTO-KINETIQUE :

C'est la partie du système nerveux la plus ancienne phylogénétiquement et la moins complexe. Cet appareil regroupe la moelle épinière et le tronc cérébral.

B- Les centres tectaux hiérarchisés :

Ces centres sont développés à partir du toit ou tectum médullaire primitif.

1- Les centres archéo-kinétique :

Ce sont les olives bulbaires, les noyaux du pont, les tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs.

Ces centres sont mis en évidence de la façon suivante :

- Pour le myélencéphale, le tectum est constitué par les ligulas postérieures et latérales par rapport au quatrième ventricule.
- Pour le métencéphale, le tectum est constitué par les lèvres rhombiques.
- Pour le mésencéphale, le tectum est structuré en couches qui donnent les stries des tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs ; il donnera de plus par migration antérieure le locus niger et le noyau rouge.

2- Les centres paléo-kinétiques :

Ils correspondent à l'évolution du diencephale.

3- Les centres néo-kinétiques :

Ils constituent la dernière étape de l'évolution phylogénétique hiérarchisante. Ils dérivent du télencéphale.

II- ONTOGENESE :

L'ontogenèse du système nerveux regroupe l'ensemble des processus morphologiques et fonctionnels qui aboutissent à sa maturité normale, et ceux qui interviennent dans l'apparition des malformations, des dysfonctionnements et de la sénescence. (11)

A- NOTIONS INDISPENSABLES :

1- Considérations générales : (11)

Le développement du système nerveux comprend :

- ❶ Une évolution macroscopique : la morphogenèse dont dérive la classification en stade de la période embryonnaire.
- ❷ Une évolution des cellules nerveuses englobant non seulement l'histogenèse, mais également la maturation et l'évolution des cellules spécifiques.
- ❸ Une biogenèse qui sort du cadre morphologique (mais qui explique qu'un système nerveux macroscopiquement et microscopiquement sain puisse ne pas fonctionner normalement).

Les processus neurochimiques y ont une part primordiale.

2- Principes généraux : (11)

Deux principes généraux doivent être soulignés :

- ❶ La maturation de l'encéphale se fait selon une séquence caudo-rostrale, alors que pour la moelle épinière c'est l'inverse.
- ❷ Le développement du système nerveux périphérique se fait selon une séquence proximo-distale [Anokhin (1) l'a montré pour le développement des éléments du « grasping »].

3- Notions préliminaires : (6, 11)

On divise la vie intra-utérine en deux périodes.

a- Période embryonnaire :

Elle s'étend de la fécondation au stade 23 de la Corenegie. (Horizon 23 de Streeter). Le stade regroupe un certain nombre de paramètres communs à tous les embryons de ce stade.

La longueur ou l'âge d'un embryon ne sont pas suffisants pour spécifier un stade.

b- Période fœtale :

La période fœtale s'étend de la 9^{ème} à la 40^{ème} semaine fœtale. Elle sera caractérisée par le développement de toutes les parties du SNC mais surtout par celui des formations à peine ébauchées à la fin de la période embryonnaire.

B- LA NEURULATION : (11, 56, 72, 79)

La 4^{ème} semaine de la vie fœtale est marquée par le déroulement de la neurulation. (33)

Son évolution est identique chez les batraciens, les oiseaux et les mammifères.

On voit apparaître successivement :

1- La plaque neurale : (fig. 2)

La plaque neurale induite dans l'ectoblaste par le champ chordo-mésodermique à la 3^{ème} semaine ; au stade 7 et 8.

2- La gouttière neurale : (fig. 2)

Les cellules de l'ectoblaste forment un épithélium pluristratifié (épithélium neural) qui se redresse au début de la 4^{ème} semaine ; au stade 10 ; en gouttière neurale dont les bords donnent naissance aux crêtes neurales ultérieurement en bandelettes ou crêtes ganglionnaires.

3- Le tube neural : (fig. 2)

La gouttière neurale se referme par fusion des bourrelets neuraux pour constituer le tube neural. La fermeture commence à l'extrémité crânienne et suit, et elle se fait d'abord dans une zone de constriction de l'embryon ; à hauteur du 4^{ème} somite.

L'ouverture crânienne du tube neural est appelée neuropore antérieur, et l'ouverture caudale : neuropore postérieur. (fig. 5 et 6)

La fermeture du neuropore antérieur permet la formation de l'ébauche encéphalique. Alors que l'extrémité inférieure du tube neural peu modifiée ; constitue la moelle épinière.

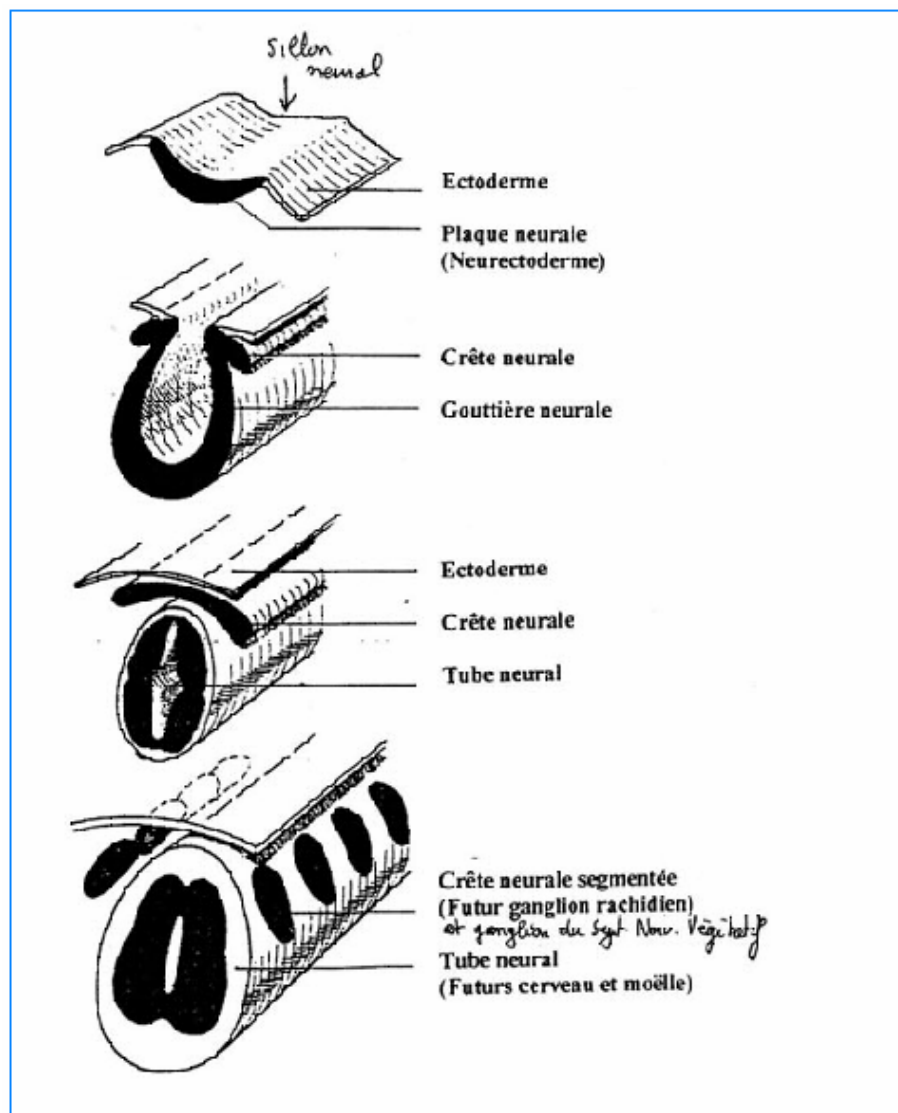


Figure 2 : Fermeture du tube neural.

Le tronc cérébral subit un développement précoce, il présente deux renflements : (fig. 3b)

Le cerveau moyen : mésencéphale.

Le cerveau postérieur : rhombencéphale.

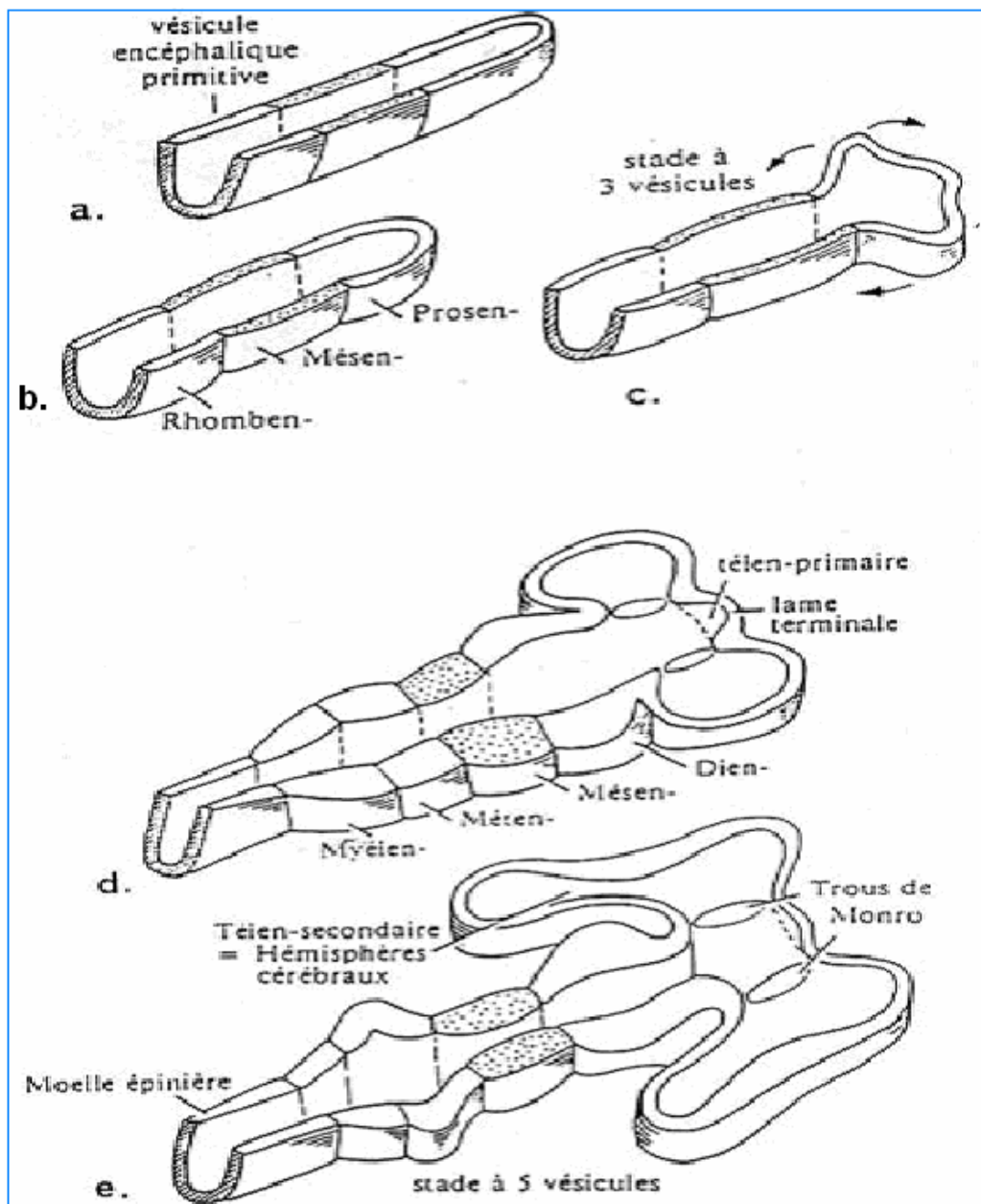


Figure 3 : Transformation du tube neural en vésicules.

Vers le 32^{ème} jour, la dernière vésicule se subdivisera elle-même en deux, et le tronc cérébral sera formé en trois vésicules cérébrales (fig. 3d) (4).

- Mésencéphale -----→ mésencéphale.
- Rhombencéphale-----→métencéphale.
- myélencéphale.

**Tronc cérébral
et cervelet.**

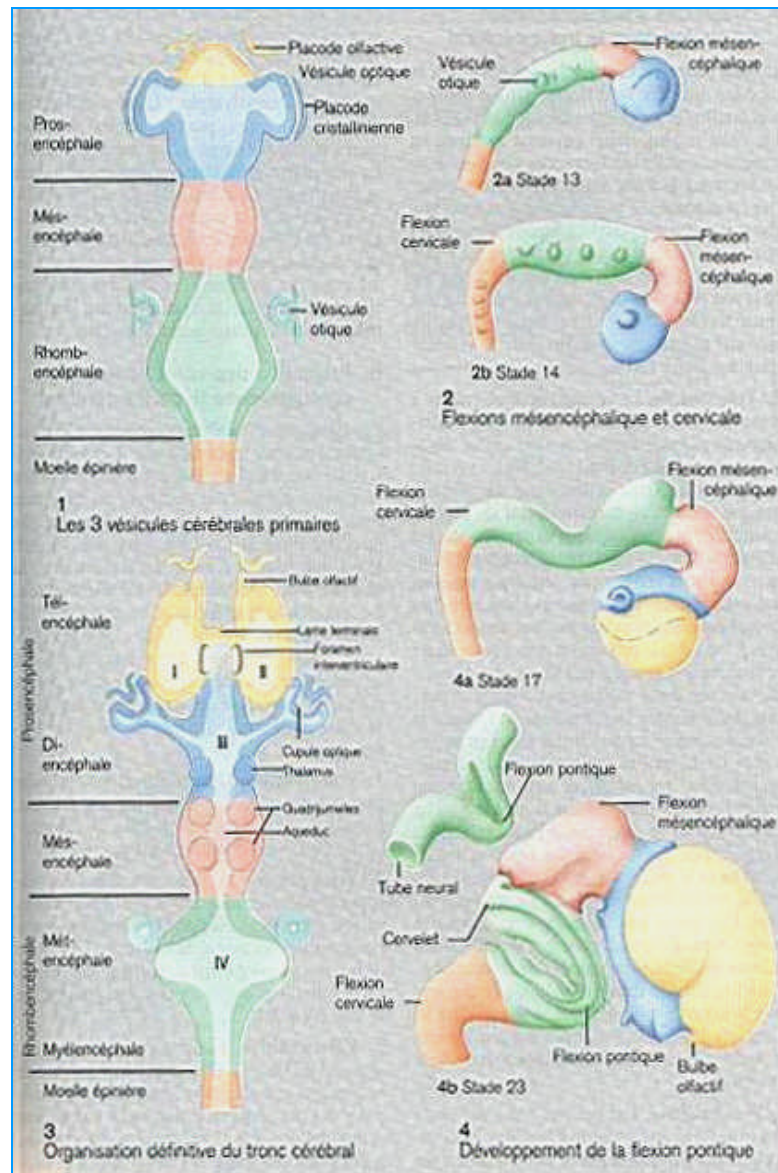


Figure 4 : Evolution des vésicules cérébrales. (72)

C- SUBDIVISION DU RHOMBENCEPHALE : (fig. 4)

Le tronc cérébral provient des 4^{ème} et 5^{ème} vésicule cérébrale (47).

1-Le myélencéphale :

C'est la partie postérieure du rhombencéphale, elle peut être interprétée comme une moelle épinière allongée d'où partent les nerfs des arcs pharyngés. Ils donnent naissance au bulbe et aux pédoncules cérébelleux inférieurs.

2- Le métencéphale :

C'est la partie antérieure du rhombencéphale et alors la dernière partie du cerveau lui-même.

Il est à l'origine d'une formation dorsale (les éminences du cervelet qui apparaissent dans les lèvres supérieures du plancher du 4^{ème} ventricule), et d'une formation ventrale (la protubérance).

De ses parois latérales naissent les pédoncules cérébelleux moyens et supérieurs.

La cavité de la vésicule du rhombencéphale sous la forme du 4^{ème} ventricule.

D- LE DEVELOPPEMENT DU MESENCEPHALE : (45, 52, 67)

Le mésencéphale représente la vésicule cérébrale moyenne (fig. 4), il est formé par :

- Une paroi basale : le plancher.
- Deux parois latérales comprenant chacune une plaque dorsale et une plaque ventrale :
 - La partie ventrale prend le nom de pédoncule cérébral, entre les deux pédoncules il y a la plaque basale qui prend le nom d'espace perforé antérieur.
 - Les plaques dorsales donnent les tubercules quadrijumeaux, et la vésicule du mésencéphale se rétrécit en aqueduc de Sylvius.

Enfin du développement, les différentes parties du mésencéphale seront :

- Le toit avec les tubercules quadrijumeaux.
- La clotte englobant l'aqueduc de Sylvius.
- Le pied avec les pédoncules cérébraux.

E- LE DEVELOPPEMENT DU CERVELET : (45, 47, 67)

Le cervelet se forme au 45^{ème} jour par la réunion ; sur la ligne médiane de deux ébauches que le métencéphale donnera au 40^{ème} jour à partir de sa face postéro latérale. (fig. 4)

Ces deux derniers montreront ; pendant la période fœtale une lobulation et une lamellation de plus en plus complexe ; qui à la 17^{ème} semaine aura atteint son aspect définitif.

Au début du 3^{ème} mois il est possible donc de reconnaître le vermis et les deux lobes latéraux. Un sillon transversal visible à la face postérieure de ces premières formations délimitera rapidement le nodule provenant du vermis et les flocculus provenant des lobes latéraux.

Vermis, nodule, et les flocculus constituent le paléocervelet qui est le territoire le plus ancien du cervelet.

Vers la fin du 3^{ème} mois, la croissance des lobes s'accroît et donne les hémisphères cérébelleux. Ils forment donc le néo-cervelet.

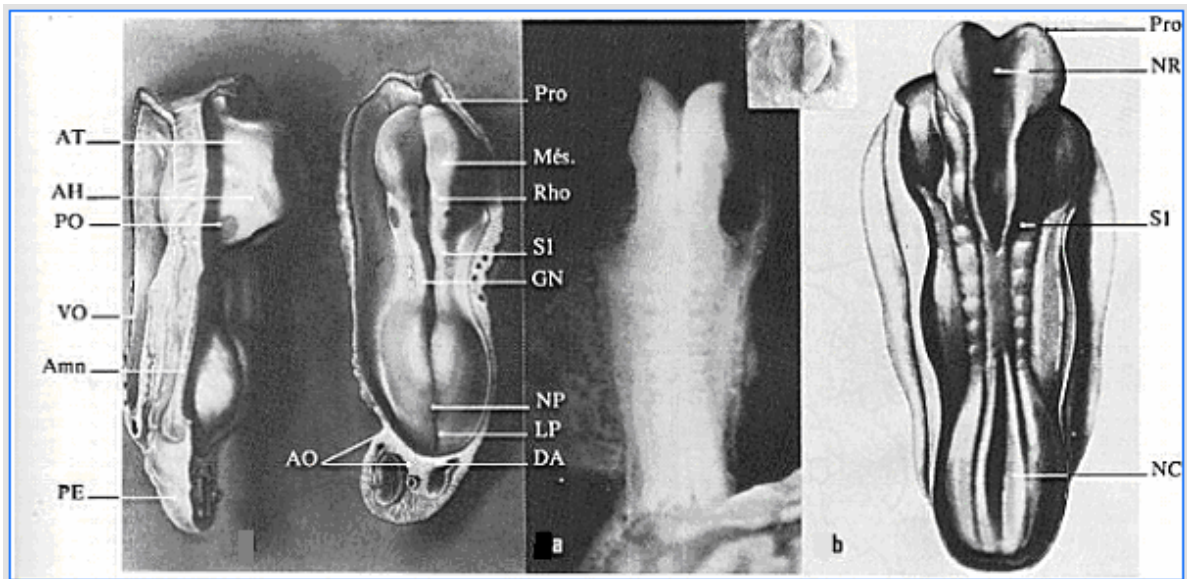


Figure 5 : Vues latéral gauche et dorsale d'un embryon au stade 9.

AO : artères ombilicales ;
AT : aire trigéminal ;
QA : diverticule allantoïdien ;
GN : gouttière neurale ;
LP : ligne primitive ;
Més : mésencéphale ;
NP : nœud primitif ;
PE : pli neural ;
PO : placode otique ;
Pro : pros encéphale ;
Rho : rhombencéphale ;
S1, S2 : somite 1 et 2 ;
VOm : vésicule ombilicale.

Figure 6 :

- **a :** Vue dorsale d'un embryon au stade 10 ; 10 : paires de somites.
- **b :** Dessin d'un embryon au stade 10 ;
NC : Neuropore caudal ;
NR : Neuropore rostral ;
Pro : Prosencéphale ;
S1 : Somite 1 en cartouche, vue de l'extrémité rostrale (vertex) ; le mésencéphale est visible à travers le neuropore rostral

ANATOMIE

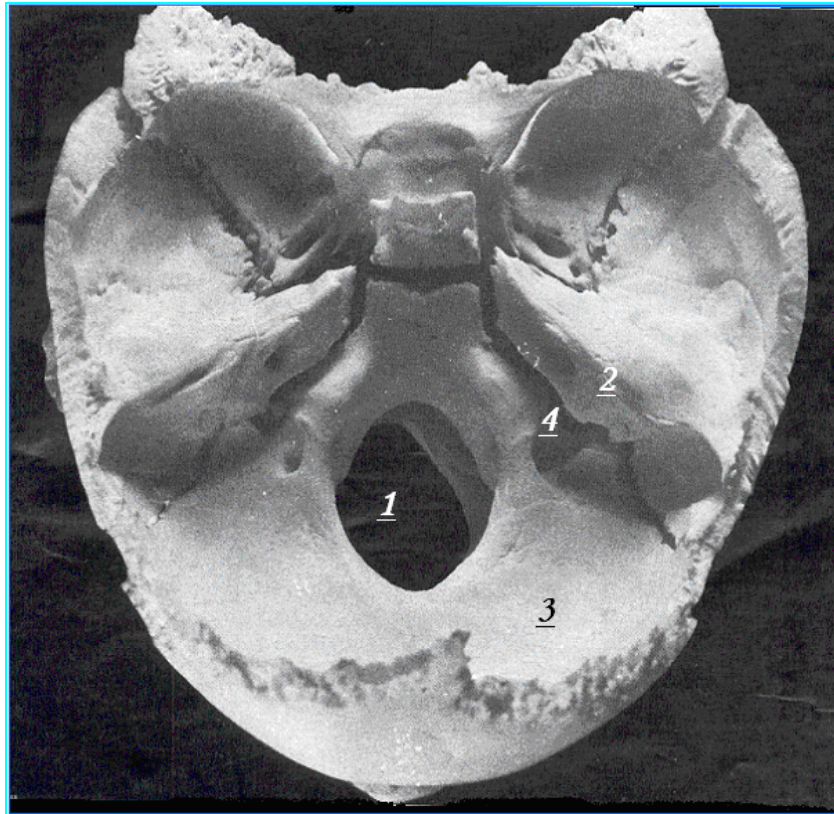


Figure 7 : Vue endocrânienne de la fosse cérébrale postérieure. (21)

1. Trou occipitale.
2. Le rocher.
3. Ecaille de l'os occipital.
4. Trou déchiré postérieur.

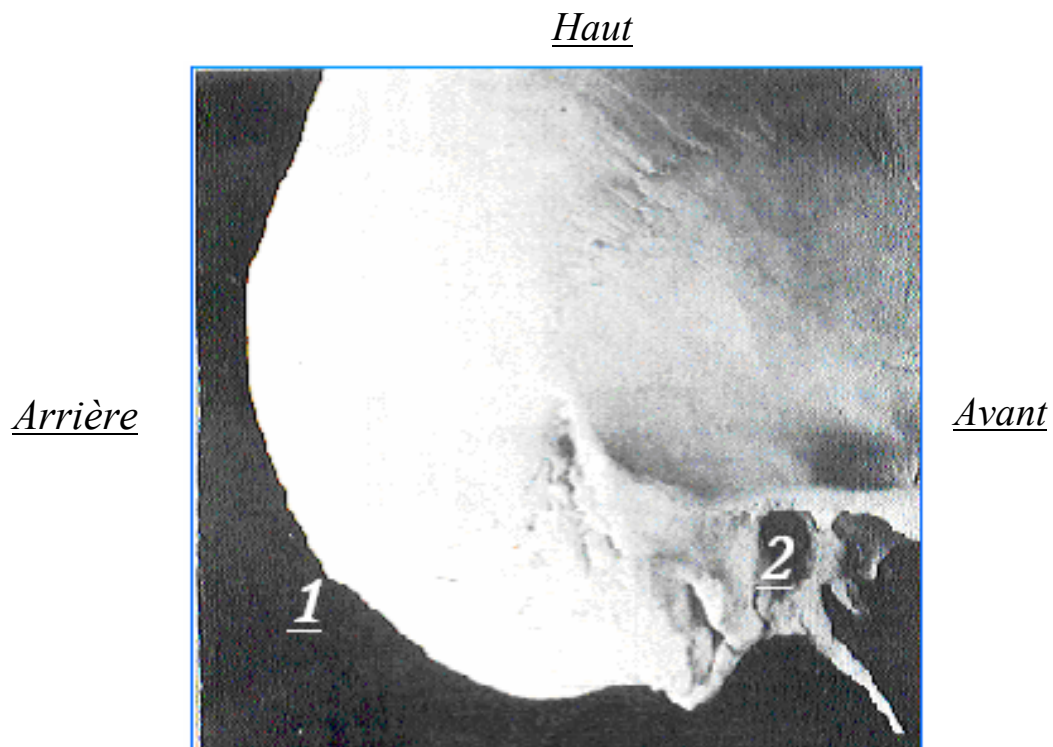


Figure 8 : Repère osseux de la loge cérébrale postérieure. (21)

1. Protubérance occipitale externe.
2. Conduit auditif externe.

I- GENERALITES : (5)

A- LIMITES :

Les limites de la FCP sont représentées :

- En haut par latente du cervelet.
- En bas et en arrière par l'écaille de l'occipital.
- En avant par la face postérieure des deux pyramides pétreuses et la lame quadrilatère.

B- FORME EXTERIEURE ET REPERES :

- ◆ La forme de la FCP peut être assimilée à un quart de sphère à concavité supérieure (fig. 7); présentant donc :
 - Une paroi antérieure.
 - Une paroi postérieure.
 - Une paroi postéro inférieure concave.

Les dimensions ; sont en moyenne de :

- 12 cm de largeur.
 - 7 cm de long.
 - 4 cm de hauteur.
-
- ◆ Les repères extérieurs de la région sont représentés par : (fig.8).
 - La protubérance occipitale externe (facilement perceptible sous les téguments de la nuque.)

- Le conduit auditif externe en avant.
- Une ligne horizontale ; joignant ces deux éléments ; marque sensiblement la limite supérieure de la FCP.

C- CONSTITUTION ANATOMIQUE :

La FCP est constituée tout d'abord par les parois dont la supérieure est purement fibreuse alors que les deux autres sont ostéo-fibreuses.

La face interne de la paroi crânienne est en effet revêtue par la dure-mère dans l'épaisseur de laquelle cheminent des sinus veineux importants.

Le contenu de la loge est représenté tout d'abord par le tronc cérébral et le cervelet, puis par les dernières paires des nerfs crâniens, les branches artérielles issues de l'artère vertébrale qui contribuent à la vascularisation du névraxe, et enfin par les méninges et les espaces arachnoïdiens.

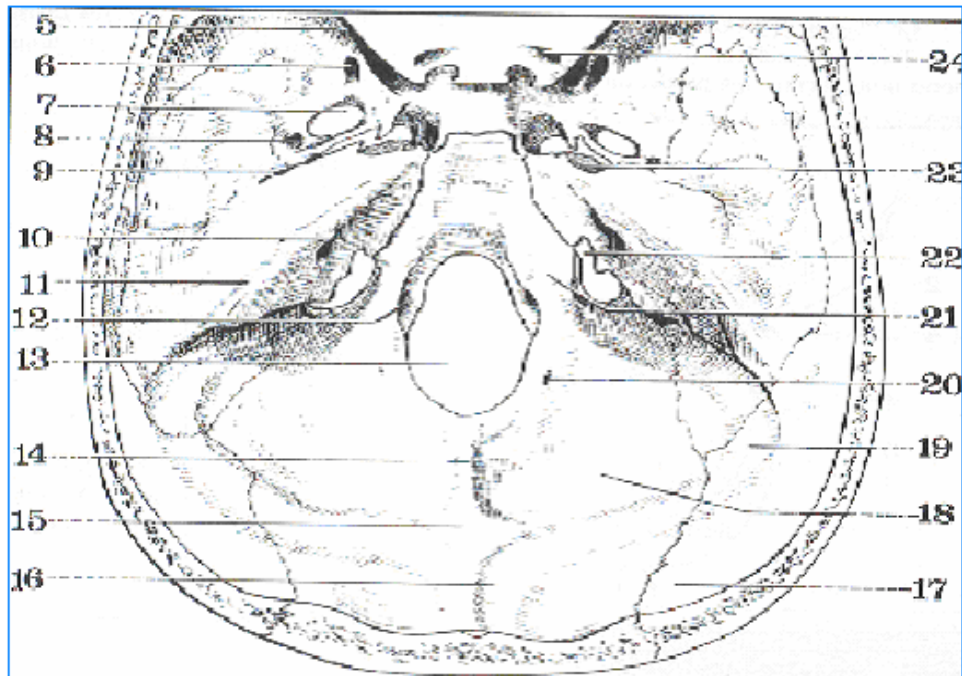


Figure 9 : La paroi osseuse de la fosse cérébrale postérieure. (5)

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| 10. Conduit auditif interne. | 16. Gouttière du sinus latéral |
| 11. Rocher. | 18. Ecaille de l'occipital. |
| 12. Canal condylien antérieur. | 19. Gouttière du sinus latéral. |
| 13. Trou occipital. | 20. Trou condylien postérieur. |
| 14. Crête occipital interne. | 21. Tubercule de l'occipital. |
| 15. Tubérosité occipital interne. | 22. Trou déchiré postérieur. |

II- LES PAROIS DE LA FCP : (5, 48)

Il est classique de décrire à la FCP :

- Une paroi postéro inférieure.
- Une paroi antérieure.
- Une paroi supérieure.
- Une cloison médiane formée par la faux du cervelet.
- Deux orifices.

Dans l'épaisseur de ces parois cheminent des sinus veineux dont l'importance justifie une étude séparée.

A- LA PAROI POSTERO INFERIEURE :

Elle comprend :

1- Un plan osseux : (44) (fig. 9)

Formé par la face endocrânienne de l'os occipital ; concave en haut et en avant.

- Elle présente à sa partie antérieure et inférieure le trou occipital. (Foramen magnum).
- Marquée plus en arrière ; sur la ligne médiane ; par la tubérosité occipitale interne (exactement symétrique à la tubérosité externe).

- La tubérosité interne est reliée au bord postérieur du trou occipital par une crête sagittale médiane : **la crête occipitale interne** (Crista occipitalis interna) qui donne insertion à la faux du cervelet.
- De chaque côté de la tubérosité occipitale interne ; l'écaille de l'occipital est marquée par les **gouttières du sinus latéral**.
- En fin, le bord antérieur de l'écaille de l'occipital s'articule avec le bord postéro inférieur du rocher en formant la scissure pétro occipitale. Celle-ci présente à la partie antéprédicative une vaste déhiscence : **le trou déchiré postérieur** (Foramen jugulaire).

2- Un plan fibreux :

Est formé par la dure-mère qui est à ce niveau très résistante mais peu adhérente à l'os, elle se dédouble au niveau de la gouttière du sinus latéral pour former les parois de ce dernier.

B- LA PAROI ANTERIEURE :

Elle présente également deux plans :

1- Le plan osseux : Formé par la lame quadrilatère.

Elle est constituée par la lame basilaire de l'occipital et la face postérieure du sphénoïde solidement attachée l'une à l'autre.

Elle est limitée en avant par le bord postérieur de la selle turcique prolongée par les deux apophyses clinoides postérieures.

Latéralement elle forme avec bord inférieur du rocher une gouttière : la gouttière pétro basilaire où chemine sinus pétreux inférieur.

2- Le plan fibreux :

Représenté toujours par la dure-mère très résistante et relativement peu adhérente ; sauf au niveau du coude de la gouttière du sinus latéral.

C- LA PAROI SUPERIEURE :

Purement fibreuse et formée par **la tente du cervelet**.

C'est une formation dure-mérienne, grossièrement horizontale convexe vers le haut.

◆ Son pourtour ou grande circonférence s'incère sur la paroi crâniennes au niveau de :

- La tubérosité occipitale interne.
- Les bords de la gouttière du sinus latéral.
- Le bord supérieur du rocher.
- Les apophyses clinoides postérieurs.

- ◆ Le bord interne ou petite circonférence est libre et délimite le foramen ovale de Pacchioni. Il se fixe en avant sur les apophyses clinoides antérieures.
- ◆ La face supérieure de la tente du cervelet ; convexe ; donne insertion à la faux du cerveau.
- ◆ La face inférieure donne insertion à la faux du cervelet.

D- LA FAUX DU CERVELET :

Est une cloison sagittale qui divise la FCP en deux loges cérébelleuses.

Son bord supérieur se fixe sur la ligne médiane à la face inférieure de la tente du cervelet. Cette insertion contribue à la formation du sinus droit.

Son bord postérieur s'attache à la crête occipitale interne depuis la tubérosité occipitale interne jusqu'au trou occipital et contient dans un dédoublement le sinus occipital postérieur.

Son bord antérieur concave est libre et répond à la partie médiane du cervelet ; nommé **vermis**.

E- ORIFICE SUPERIEUR OU TENTORIAL : (foramen ovale)

Forme grossièrement elliptique de 50 mm de long sur 30 mm de large.

Situé dans un plan légèrement oblique en haut et en arrière.

Limité sur toute sa partie postérieure par la petite circonférence de la tente du cervelet.

Limité en avant par le bord postérieur de la lame quadrilatère.

Il livre passage à la partie supérieure des pédoncules cérébraux et aux tubercules quadrijumeaux.

F- ORIFICE INFÉRIEUR : (Foramen magnum)

C'est le **trou occipital**, il fait communiquer le canal rachidien avec la FCP.

De forme ovale à grosse extrémité postérieure, long de 35 mm et large de 30 mm. (7)

Son bord postérieur est épais et parfois marqué d'une petite fossette ; la fossette vermiennne.

Plus en avant au niveau de son tiers antérieur ; il est bordé par les deux tubercules de l'occipital qui répondent aux condyles de la face exocrânienne.

Encore plus en avant ; c'est l'orifice profond du canal condylien antérieur (Canalis hypoglossi).

Au bord inférieur du trou occipital s'insèrent les ligaments atloïdo-occipitaux, et sur le bord antérieur ; le ligament occipito-odontoïdien qui fixe le sommet de l'apophyse odontoïde de l'axis à l'os occipital.

Le trou occipital contient : (7)

- Le bulbe rachidien et ses enveloppes méningées dont :
 - La dure-mère qui au pourtour du trou.
 - La première digitale du ligament dentelé qui traverse parfois le trou occipital.
- Les artères spinales antérieures et parfois postérieures.
- Les deux artères vertébrales.
- La racine médullaire de chaque nerf spinal (XI).
- Les plexus veineux.

III- LES SINUS VEINEUX DES PAROIS DE LA FCP : (53)

Dans l'épaisseur des formations dure-mériennes de la FCP ; cheminent des sinus veineux importants qui drainent le sang veineux encéphalique vers la veine jugulaire interne (fig. 10). Ils comprennent :

A- DANS LA PAROI SUPERIEURE :

Le sinus droit (Sinus Rectus), impair et médian, cheminant dans l'épaisseur de la tente du cervelet ; au niveau de l'insertion de la faux du cervelet.

B- DANS LA PAROI ANTERIEURE :

*Le sinus pétreux supérieur (Sinus Pétrosus Superior), qui issu de la loge caverneuse, suit l'insertion de la grande circonférence de la tente du cervelet et croise la face postérieure du rocher pour rejoindre le sinus latéral.

*Le sinus pétreux inférieur (Sinus Pétrosus Inferior), qui suit la suture pétro occipitale.

*Le sinus occipital transverse ou plexus basilaire (Plexus Basilar), qui longe la face postérieure de la lame quadrilatère.

C- DANS LA PAROI INFERIEURE :

*Le sinus occipital postérieur (Sinus Occipitalis), qui longe le bord postérieur du trou occipital.

*Le sinus latéral, le plus volumineux, qui naît de chaque côté au niveau de la protubérance occipitale interne, et du trochlear (ou confluent des sinus) où s'abouchent : le sinus occipital postérieur, le sinus droit et le sinus longitudinal supérieur. D'abord dirigé transversalement sur l'écaille occipitale dans l'insertion de la tente du cervelet, il descend ensuite sur la face postérieure du rocher pour se terminer dans le trou déchiré postérieur où il forme le golfe de la jugulaire.

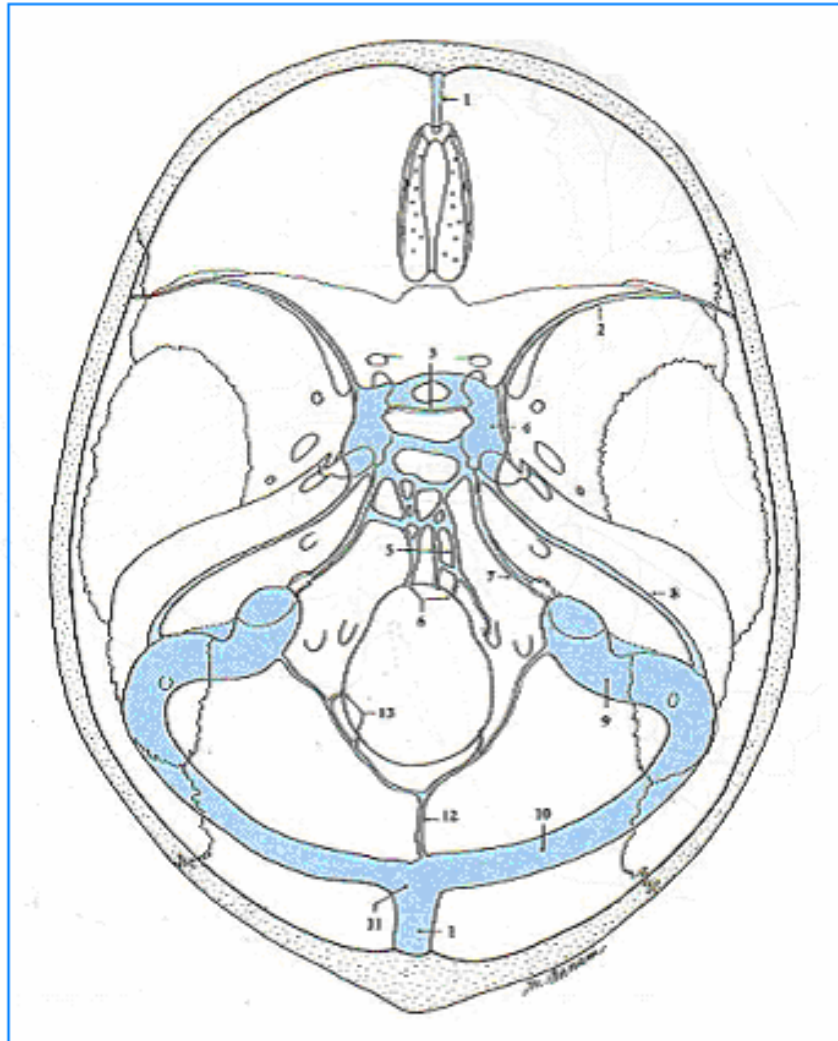


Figure 10 : Base interne du crâne : schéma des sinus durs. (53)

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Sinus sagittal supérieur. | 9. Sinus sigmoïde. |
| 5. Plexus basilaire. | 10. Sinus transverse. |
| 6. Veines émissaires antérieures. | 11. Confluent des sinus. |
| 7. Sinus pétreux inférieur. | 12. Sinus occipital. |
| 8. Sinus pétreux supérieur. | 13. Veines émissaires postérieures. |

IV- LE CONTENU DE LA FCP : (5, 9, 11, 27, 36)

Il comprend :

- Une partie du névraxe correspondant au **tronc cérébral** et au **cervelet**.
- Des éléments méningés.
- Des nerfs crâniens.
- Des vaisseaux.

A- LE TRONC CEREBRAL (TC) :

Le TC fait la jonction entre la moelle épinière et le cervelet. Il est compris dans l'encéphale par sa situation intracrânienne, situé presque entièrement dans la fosse crânienne postérieure, il porte en dérivation dorsale le cervelet. (fig. 12)

Débutant au collet du bulbe au niveau du trou occipital ; il traverse l'orifice fibreux de la tente du cervelet ou trou ovale ; et se prolonge jusqu'au diencéphale.

Le TC mesure 80 mm de hauteur, 20 à 30 mm d'épaisseur et 15 à 40 mm de largeur.

Le relief massif des fibres transversales du pont le subdivise en trois parties qui sont de bas en haut : (fig. 11)

- ❶ **Le bulbe** : myélencéphale ou moelle allongée, prolongeant la moelle épinière.
- ❷ **Le pont** : ou métencéphale (protubérance annulaire) ou pont de Varole.
- ❸ **Le mésencéphale** : souvent désigné par sa partie ventrale : les pédoncules cérébraux.

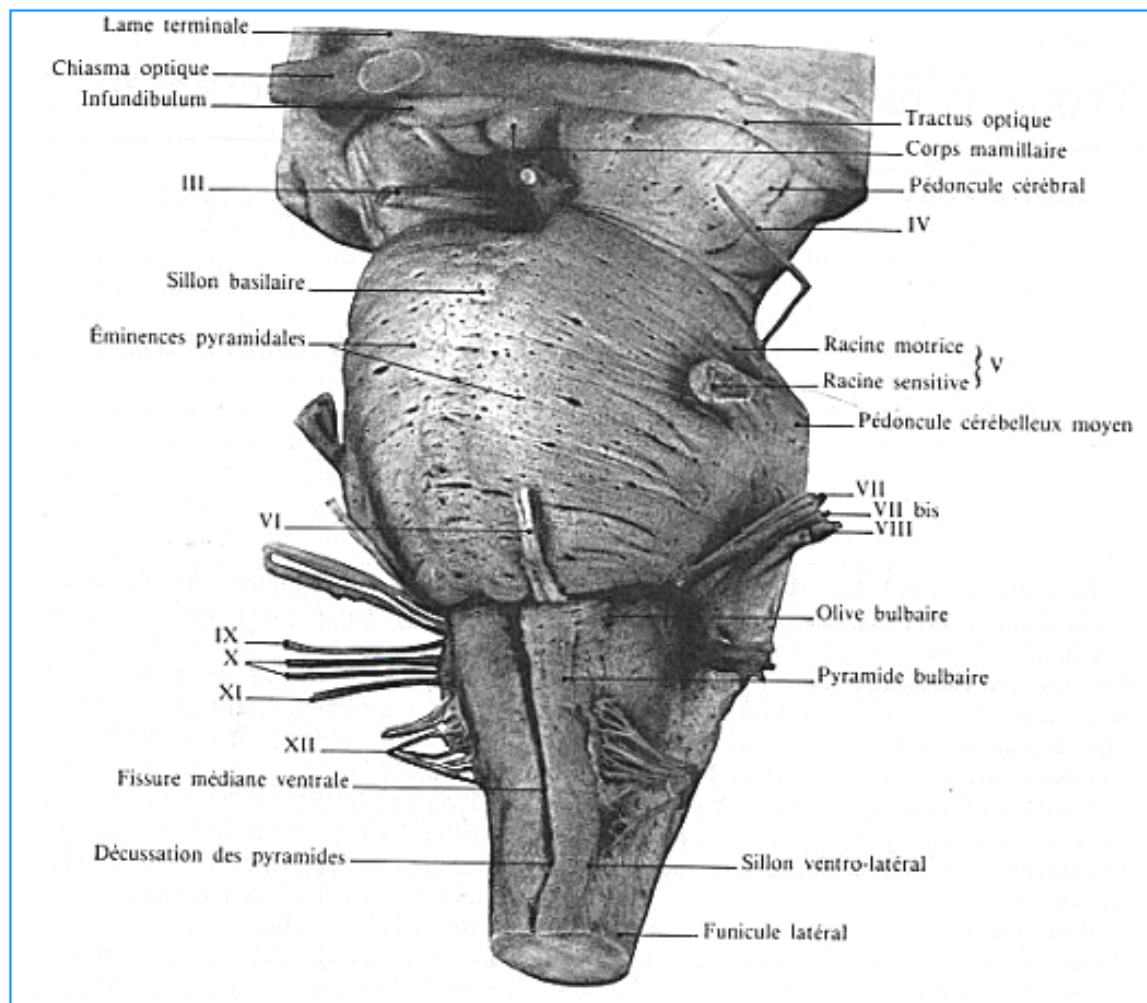


Figure 11 : Photographie du tronc cérébral.
Vue ventro-latérale gauche. (11)

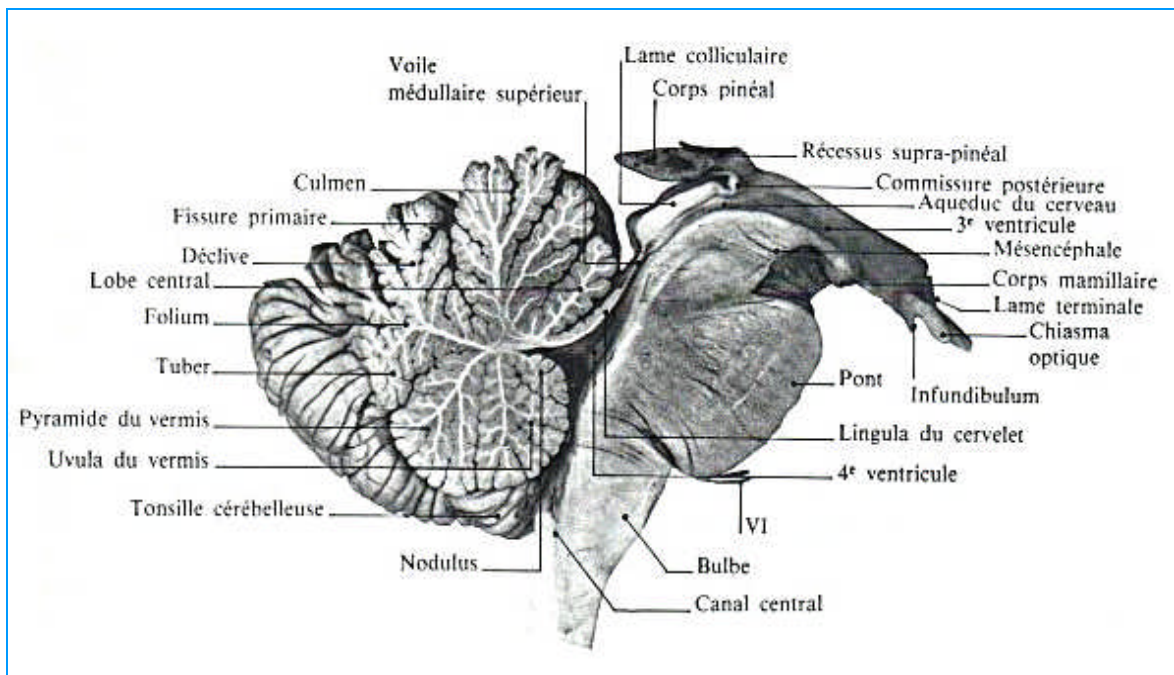


Figure 12 : Coupe médiane du cervelet et du tronc cérébrale. (11)

1- Configuration externe :

Elle sera analysée sur des vues ventrale, latérale et dorsale de l'ensemble du TC après ablation du cervelet.

a- Vue ventrale ou antérieure :

❖ Etage bulbaire ou myélencéphale : (fig. 13)

Le bulbe s'étend du collet du bulbe au sillon bulbo pontique. Le sillon médian ventral fait suite à celui de la moelle épinière. De chaque côté de ce sillon on observe le relief des pyramides bulbaires.

Dans la moitié supérieure les olives bulbaires forment deux saillies ovoïdes latérales séparées des pyramides par le sillon pré olivaire qui n'est que la continuation du sillon latéral de la moelle épinière.

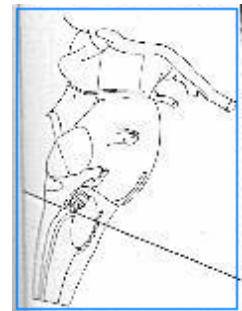
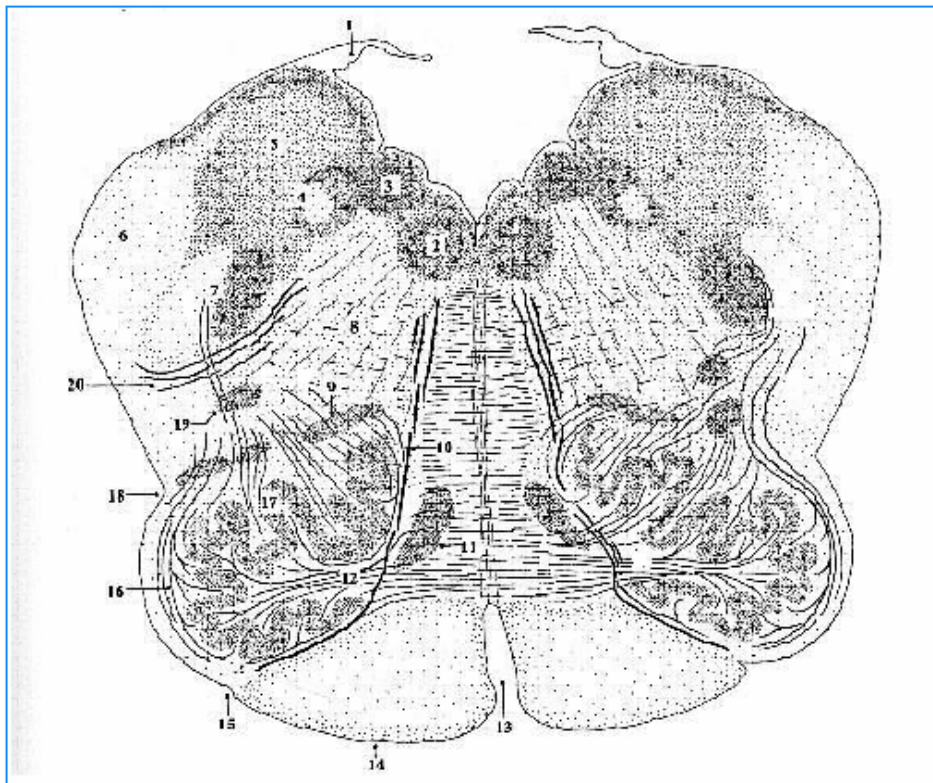


Figure 13 : Coupe axiale du bulbe au niveau de l'olive bulbaire. (53)

- | | |
|--|--|
| 1. Tenia du quatrième ventricule | 11. Noyau olivaire accessoire médial |
| 2. Noyau du nerf XII | 12. Hile olivaire (fibres efférentes) |
| 3. Noyau dorsal du nerf X | 13. Fissure médiane antérieure |
| 4. Tractus et noyau solitaires | 14. Pyramide |
| 5. Noyaux vestibulaires et cunéiforme accessoire | 15. Sillon olivaire antérieur |
| 6. Pédoncule cérébelleux inférieur | 16. Amiculus (fibres olivaires afférentes) |
| 7. Tractus et noyau spinal du nerf V | 17. Noyau olivaire postérieur |
| 8. Substance réticulée : noyau central | 18. Sillon olivaire postérieur |
| 9. Noyau olivaire accessoire dorsal | 19. Noyau ambigu |
| 10. Fibres du nerf XII | 20. Fibres du nerf X |

❖ Etage protubérantiel où métencéphalique : (fig. 14)

Séparé du bulbe par le sillon bulbo protubérantiel, le relief du pont se présente comme une masse transversale débordant largement les faces ventrales du bulbe et du mésencéphale.

Elle est caractérisée par ses fibres transversales qui s'incurvent latéralement vers la face antérieure du cervelet pour constituer l'énorme masse de fibres des pédoncules cérébelleux moyens.

La gouttière médiane qui apparaît entre les deux éminences pyramidales ; porte le nom de sillon basilaire.

La limite entre le pont et les pédoncules cérébelleux moyens est fixée arbitrairement par l'émergence des racines du trijumeau.

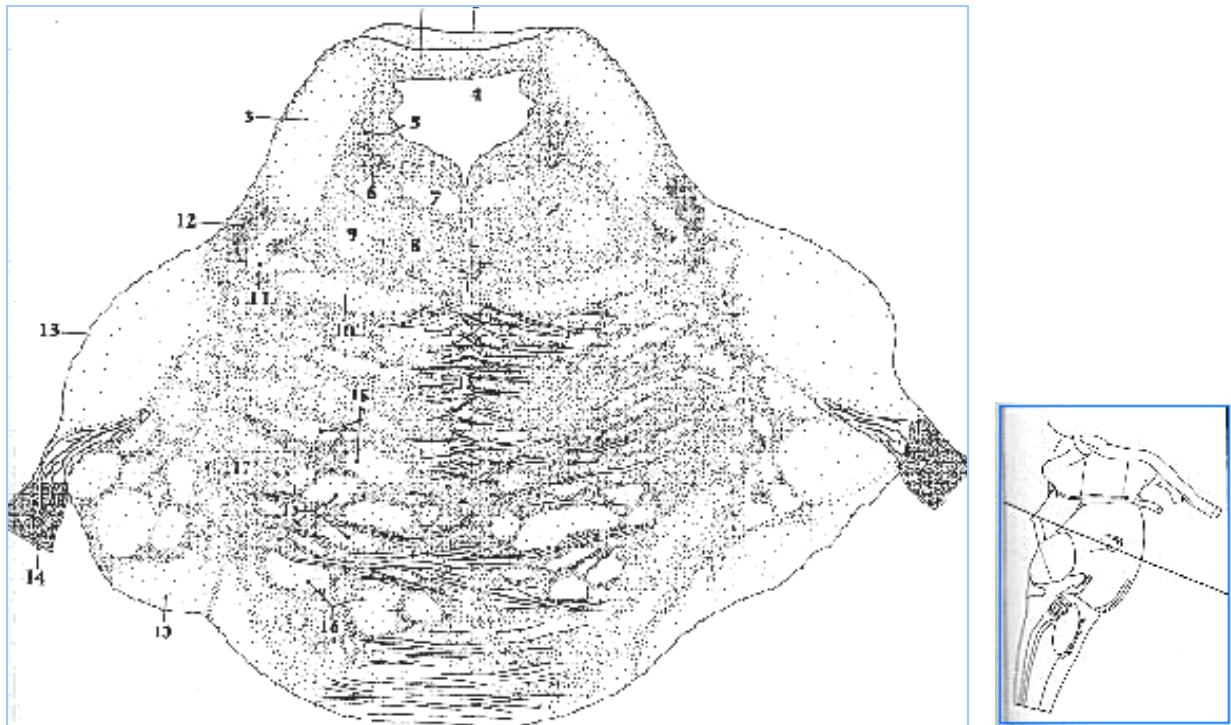


Figure 14 : Coupe axiale du pont passant par les nerfs trijumeaux. (9)

- | | |
|---|--|
| 1. Lingula du cervelet | 11. Lemnisque latéral |
| 2. Voile médullaire supérieur | 12. Noyau sensitif principal du nerf V |
| 3. Pédoncule cérébelleux supérieur | 13. Pédoncule cérébelleux moyen |
| 4. Quatrième ventricule | 14. Nerf trijumeau |
| 5. Tractus mésencéphalique du nerf V | 15. Fibres cortico-pontiques |
| 6. Noyau du locus coeruleus | 16. Faisceau pyramidal |
| 7. Faisceau longitudinal médial | 17. Noyaux du pont |
| 8. Substance réticulée : noyau tegmental pontique | 18. Décussation des fibres ponto-cérébelleuses |
| 9. Faisceau tegmental central | |
| 10. Lemnisque médial | |

❖ Etage pédonculaire ou mésencéphalique : (fig. 15)

Ce sont les pédoncules cérébraux qui constituent l'aspect ventral du mésencéphale, ils occupent les 4/5 de l'épaisseur du mésencéphale.

Ils s'écartent l'un de l'autre délimitant l'espace perforé postérieur.

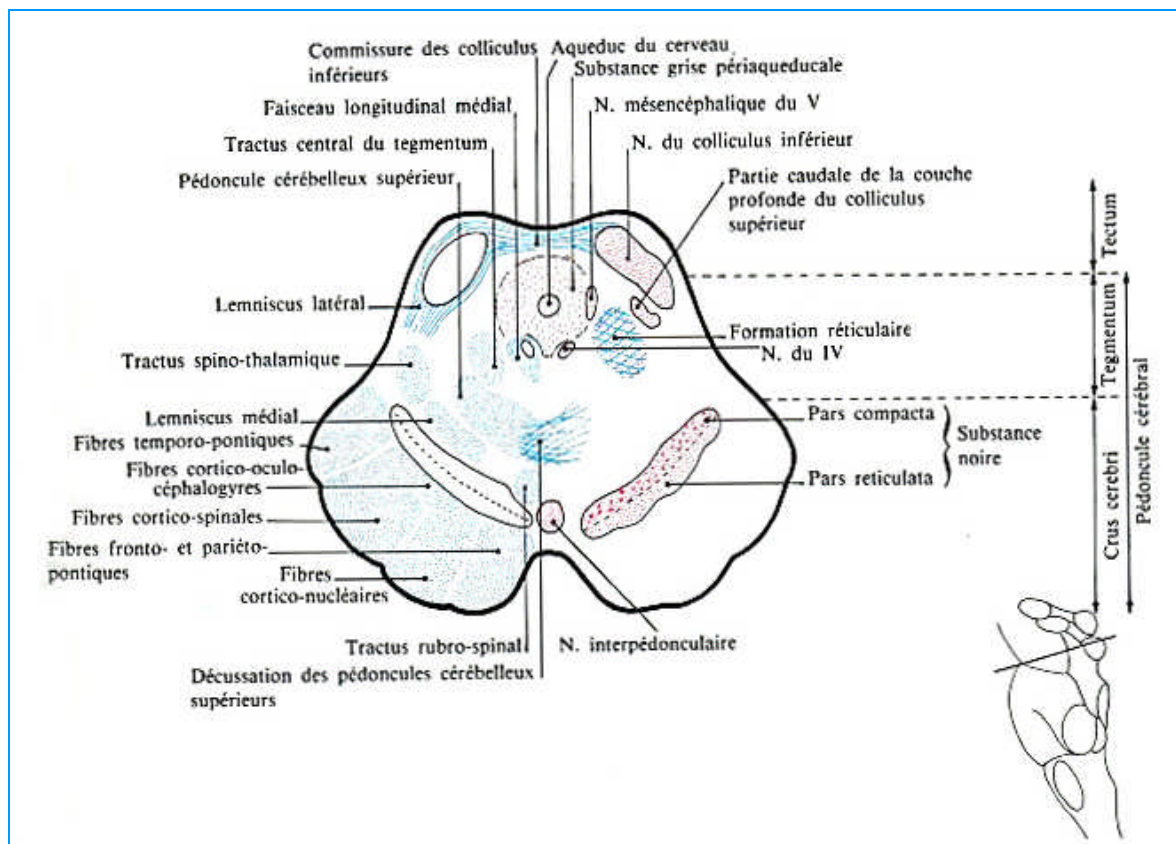


Figure 15 A : Coupe transversale du mésencéphale passant par le colliculus inférieur.

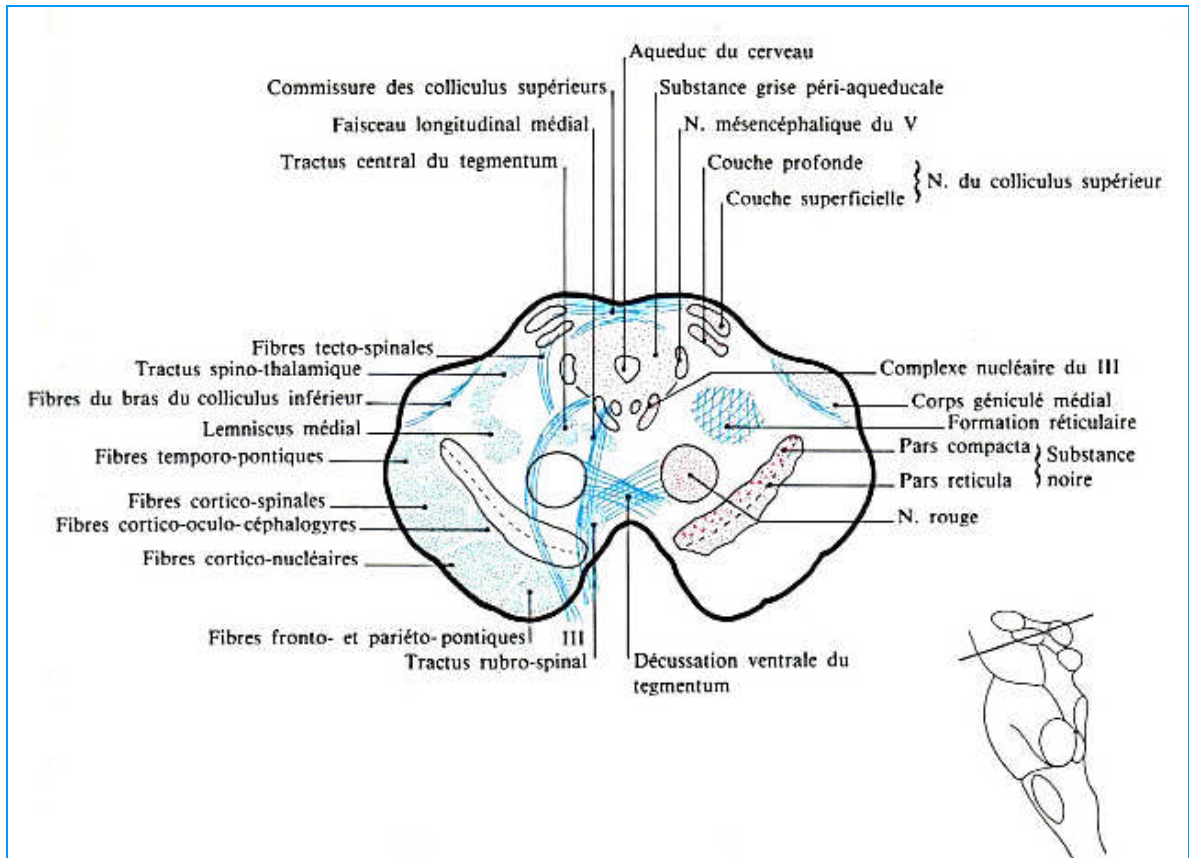


Figure 15 B : Coupe transversale du mésencéphale passant par le colliculus supérieur (11).

b- Vue latérale :

Le pont et le bulbe reposent sur le clivus, alors que les pédoncules cérébraux ; en grande partie dans l'étage sus-tentorial ; sont à distance des processus clinoïdes postérieurs.

- **Au niveau bulbaire**, le relief olivaire apparaît très nettement dans le prolongement du cordon latéral de la moelle épinière. Le sillon des nerfs mixtes débutent en dessous de l'olive et se prolonge entre l'éminence trigéminal et le sillon rétro olivaire.
- **Au niveau pontique**, c'est la jonction du pont avec le pédoncule cérébelleux moyen, réalisant l'angle ponto cérébelleux où émerge le paquet acoustico-facial.
- **Le mésencéphale** présente latéralement ; en avant le pédoncule cérébral et en arrière la lame colliculaire ; séparés par le sillon latéral du mésencéphale qui s'élargit en bas en formant le triangle du lemniscus latéral (de Reil).

c- Vue dorsale : (fig. 16)

L'observation de la vue dorsale du TC n'est possible qu'après ablation du cervelet et en laissant en place les voiles médullaires et la **toile choroïdienne du 4^{ème} ventricule** qui voile partiellement ce dernier.

- **Le sillon médian** dorsal ou postérieur se prolonge jusqu'à l'obex (verrou) du 4^{ème} ventricule.

- **Le sillon latéral** dorsal se prolonge par l'éminence trigéminale.
- Entre ces deux sillon le **cordons postérieur** est divisé par le sillon intermédiaire dorsal, il se poursuit rostralement jusqu'au **tubercule gracile** et **cunéiforme**.
- Dans le prolongement rostral de ces reliefs se trouvent les corps restiformes qui deviennent **les pédoncules cérébelleux inférieurs** dont une partie est masquée par le processus latéral du 4^{ème} ventricule.
- Ces deux pédoncules s'écartent et donne attache à la toile choroïdienne du 4^{ème} ventricule.
- La base supérieure de cette toile choroïdienne se poursuit par le **voile médullaire inférieur** (valvule de Tarin) qui est dans un plan transversal et s'attache sur le cervelet.
- De chaque coté, la coupe des pédoncules cérébelleux limite avec les voiles médullaires supérieur et inférieur, un orifice quadrilatère normalement occupé par le cervelet.
- Plus rostralement c'est le mésencéphale avec **la lame colliculaire** qui porte les colliculus supérieurs et inférieurs (**tubercules quadrijumeaux antérieurs et postérieurs**). Les tubercules antérieurs sont séparés des postérieurs par le sillon transversal. Les tubercules du coté droite sont séparés de ceux du coté gauche par le sillon médian antéropostérieur.

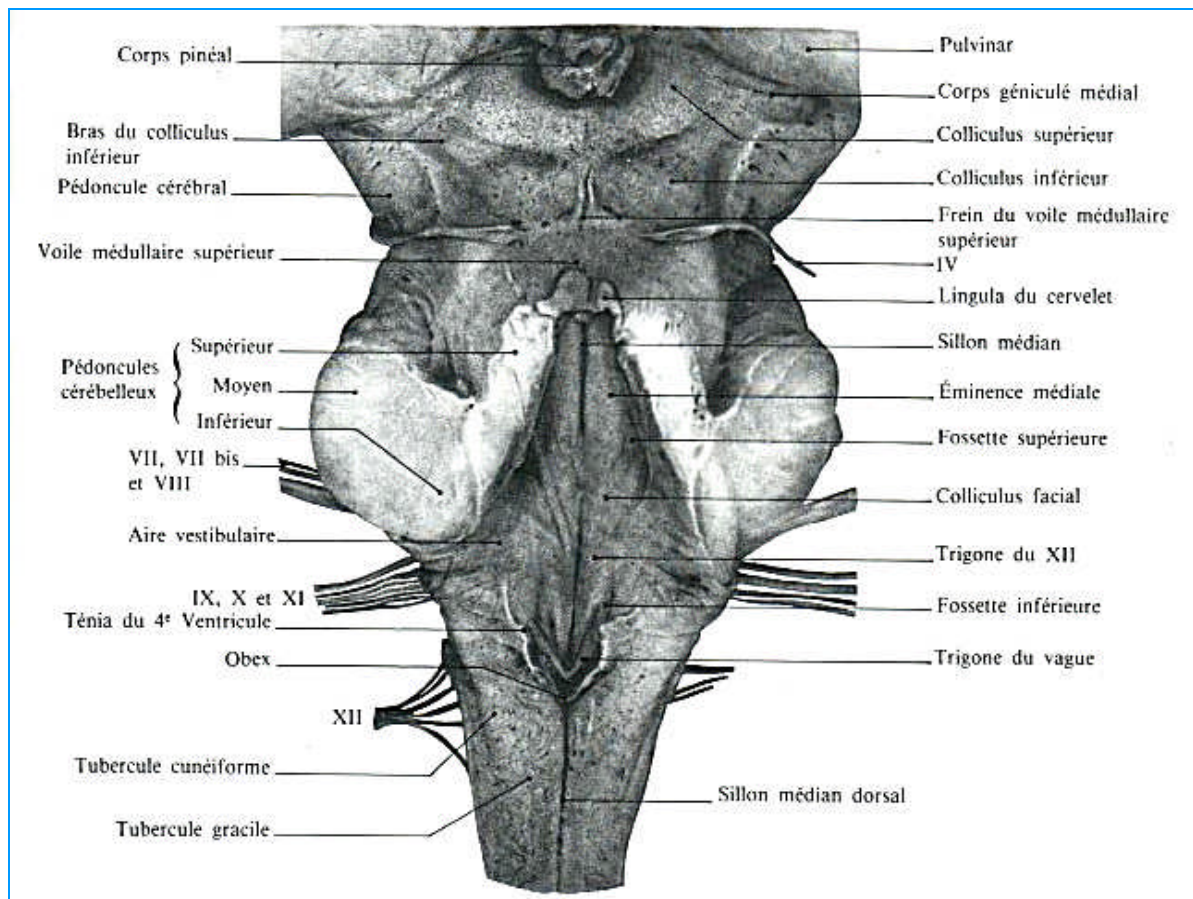


Figure 16 : Vue postérieure du tronc cérébral. (11)

2- Les cavités du tronc cérébral : (11, 36, 41)

Ce sont des cavités intracérébrales contenant des plexus choroïdes richement vascularisés qui secrètent le liquide céphalo-rachidien (LCR), elles présentent trois segments bien différents :

- L'aqueduc de Sylvius.
- Le 4^{ème} ventricule. (fig. 16)
- Le canal de l'épendyme.

a- L'aqueduc de Sylvius :

Il fait communiquer le 3^{ème} et le 4^{ème} ventricule. Il est situé en arrière du TC et avant du cervelet. Son importance tient au fait qu'il constitue la voie unique d'écoulement du LCR vers le 4^{ème} ventricule.

b- Le 4^{ème} ventricule :

Est une cavité de forme losangique (fosse rhomboïde), creusée dans le rhombencéphale, il communique avec les espaces sous arachnoïdiens par deux ouvertures latérales (**trous de Lushka**), et par et un orifice médian (**trou de Magendie**). Ces trous s'ouvrent dans la grande citerne.

c- Le canal de l'épendyme : A la partie inférieure du bulbe, il s'élargit progressivement.

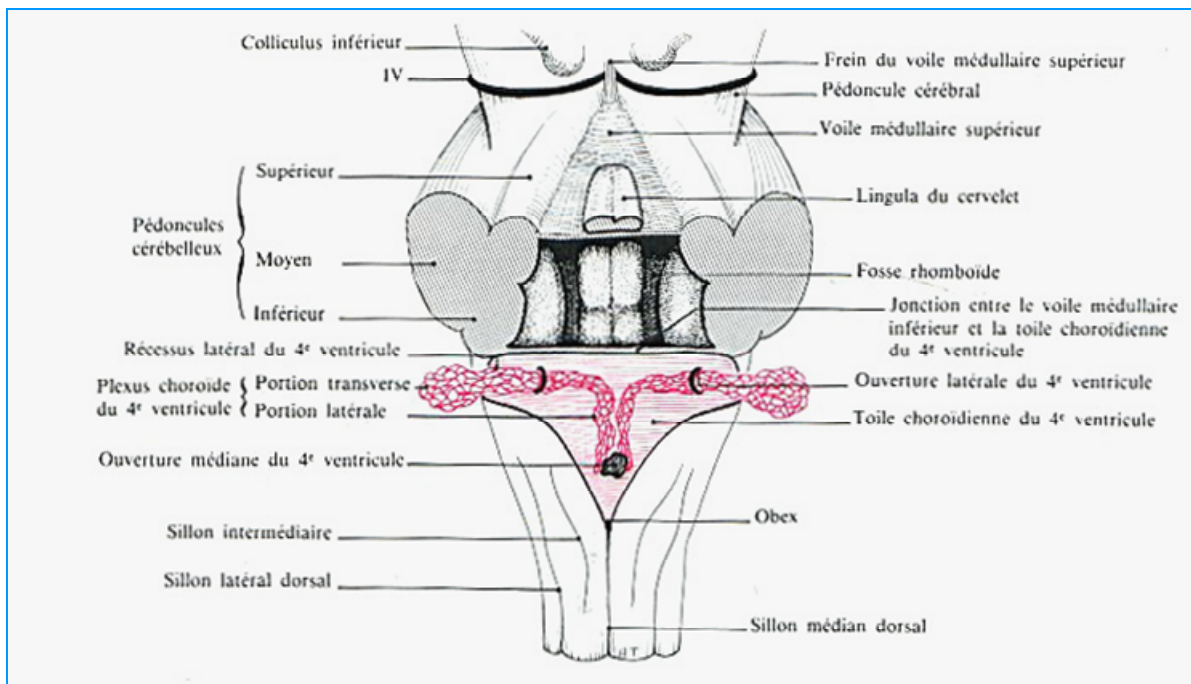


Figure 17 : Vue postérieure du TC montrant le 4^{ème} ventricule. (11)

3- Structures du TC : (5)

Le TC cérébral est formé de substance blanche et de substance grise, mais la substance grise ici ne forme pas une colonne homogène. Elle se fragmente à l'intérieur de la substance blanche et forme une série de noyaux qui se répartissent sur toute la hauteur du TC. Les plus nombreux de ces noyaux sont ceux des nerfs crâniens, en outre il existe des amas de substance grise qui représente les noyaux propres du TC.

B- LE CERVELET : (10, 13, 36)

Le cervelet ou (petit cerveau) occupe la majeure partie de la FCP, c'est une structure nerveuse importante (fig. 18). Il joue un rôle essentiel dans l'initiation et le contrôle de l'activité motrice.

La connaissance de l'anatomie apparaît actuellement de plus en plus indispensable en raison de l'implication du cervelet dans de nombreuses pathologies telle l'autisme ou le retard mental, et de la description récente de différents cas de dysplasies corticales cérébelleuses. (53)

Le cervelet pèse 130g environ chez l'homme adulte, ses mensurations sont :

- Diamètre transverse = 10 cm.
- Diamètre antéropostérieur = 5 à 6 cm.
- Hauteur = 6 à 7 cm.

Il est attaché à la face dorsale du TC par les pédoncules cérébelleux (Trois de chaque côté) :

- Les pédoncules cérébelleux supérieurs---→Les pédoncules cérébraux.
- Les pédoncules cérébelleux moyens-----→La protubérance.
- Les pédoncules cérébelleux inférieurs----→Le bulbe rachidien.

Extérieurement, il présente une portion médiane ; le vermis et deux lobes latéraux ou hémisphères.

Sa surface est plissée transversalement, creusées de sillons qui en augmentent l'étendue.

A la partie antérieure de sa face inférieure ; les hémisphères cérébelleuses présentent deux masses oblongue ; bordant le vermis et venant au contact de la face postérieure du bulbe : **les amygdales cérébelleuses.**

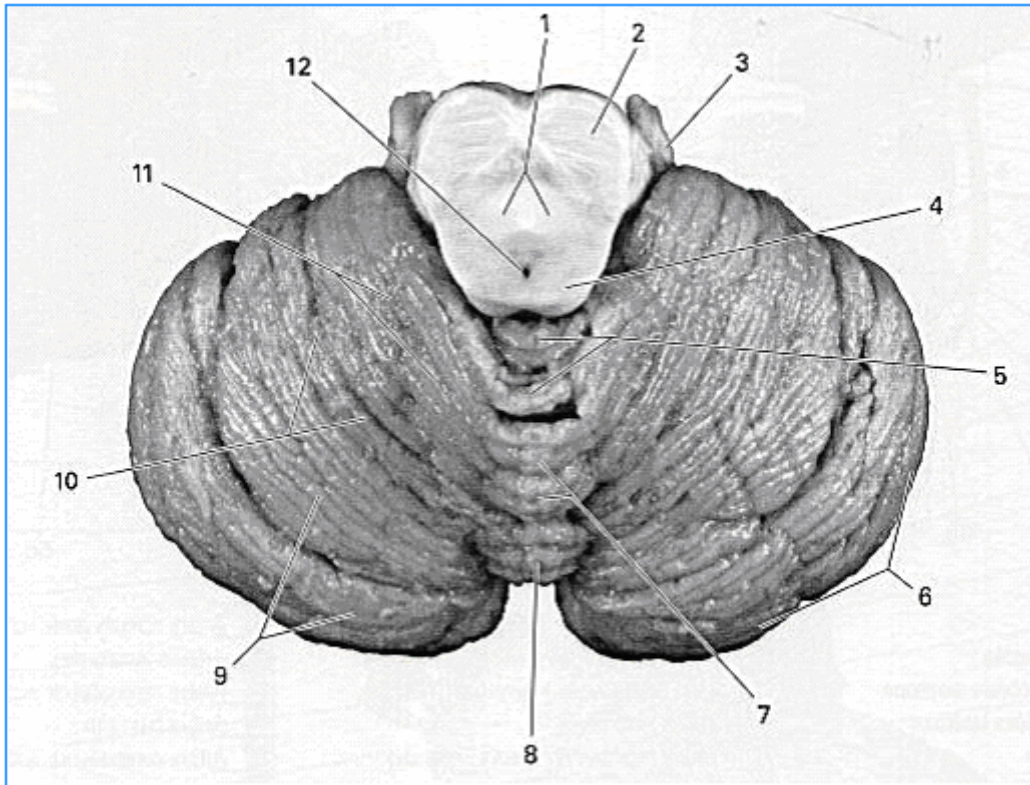


Figure 18 : Face supérieure du cervelet. (32)

- | | |
|---|--|
| 1. Pédoncule cérébelleux supérieur, décussation | 7. Cervelet, vermis, culmen |
| 2. Pont, partie basilaire (pied) | 8. Cervelet, vermis, déclive |
| 3. Nerf trijumeau (NCV) | 9. Cervelet, lobe postérieur |
| 4. Collicule inférieur | 10. Cervelet, fissure primaire |
| 5. Cervelet, vermis, lobule central | 11. Cervelet, lobe antérieur |
| 6. Cervelet, hémisphère | 12. Adqueduc cérébral (aqueduc de Sylvius) |

1- Le vermis : (fig. 18)

D'allure fusiforme, c'est la partie la plus ancienne du cervelet, de point de vue phylogénétique. Il représente le lobe médian du cervelet qui s'étend de haut en bas et de la face antérieure à la face postérieure de celui-ci.

Sa face antérieure répond au toit du 4^{ème} ventricule, et sa face postérieure est formée de lobes :

- Le vermis supérieur, répond à l'angle dièdre de la tente du cervelet.
- Le vermis inférieur, est au contact de la faux du cervelet.

2- Les hémisphères cérébelleux : (fig. 19)

Forment les deux lobes latéraux du cervelet et présentent une face supérieure répondant à la tente du cervelet. Et une face postéro-inférieure moulée sur la partie latérale de l'occipital. Et une face antérieure répond à la face postéro-interne du rocher, du conduit auditif interne, et plus bas au trou déchiré postérieur.

Ils sont parcourus par un certain nombre de sillons, le plus important est le grand sillon circonférentiel de VICQ d'AZYR.

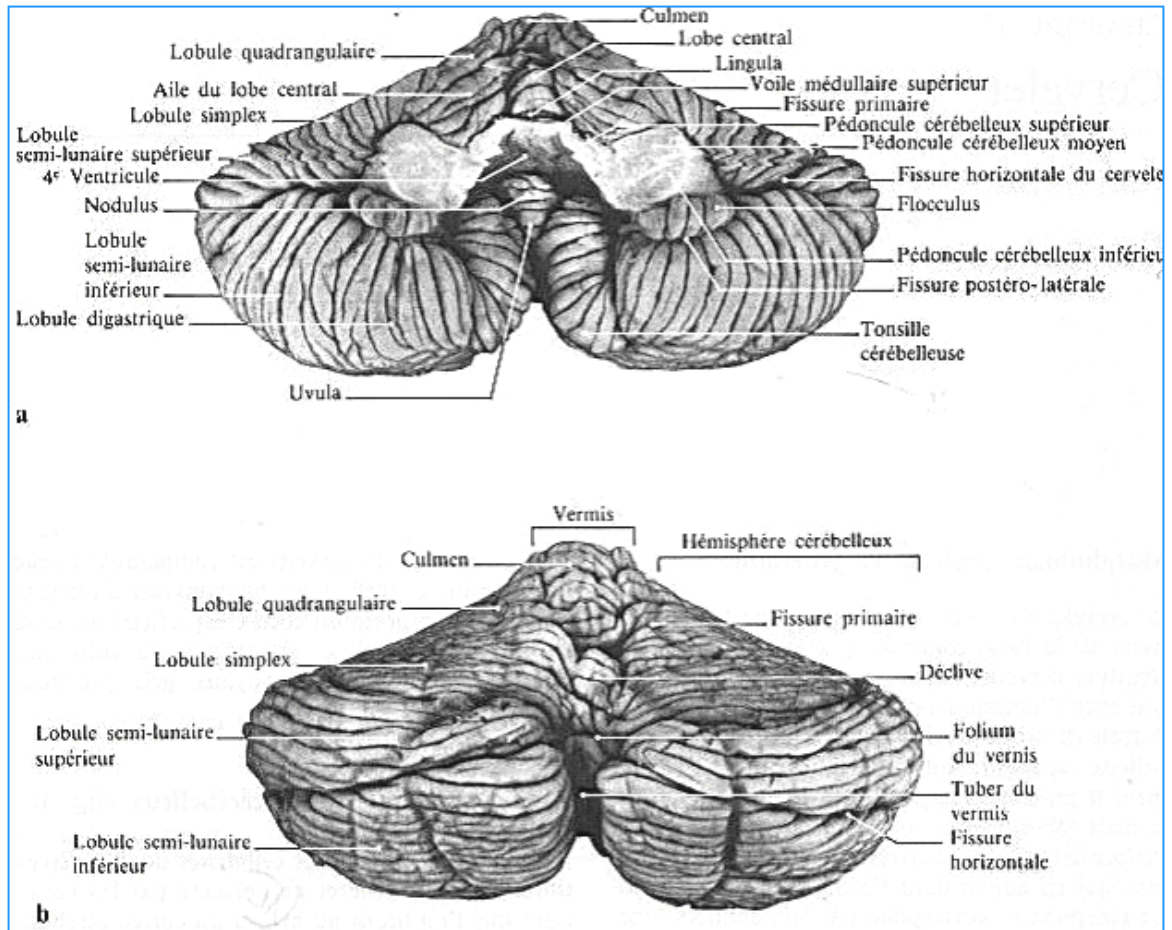


Figure 19 : Vue antérieure (a) et vue postérieure (b) du cervelet. (13)

C- LES FORMATIONS MENINGEES : (5, 53)

Elles sont représentées par d'importants lacs cérébraux spinaux, et par les formations choroïdiennes du toit du 4^{ème} ventricule.

1- La dure-mère :

Au contact de l'os, englobe dans ses dédoublements des sinus veineux :

- **La tente du cervelet** (fig. 20) : située entre les lobes occipitaux et le cervelet, elle constitue une lame fibreuse tendue au dessus de la fosse crânienne postérieure, elle contribue ainsi à délimiter la loge cérébrale et la loge cérébelleuse. Son bord interne forme avec le dorsum sellae les limites de l'incisure de la tente (trou ovale de Pacchioni).
- **La faux du cervelet** : située sous la tente, c'est un prolongement médian fixé par son bord postérieure à la crête occipital interne, et par son bord postéro-supérieur à la tente du cervelet.

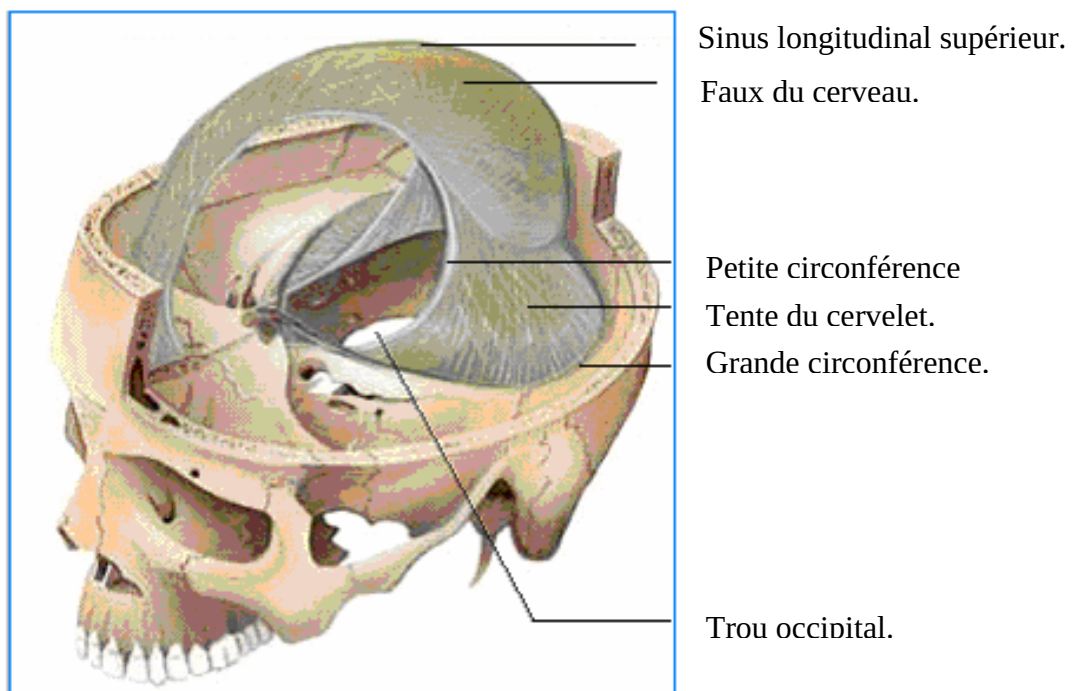


Figure 20 : Vue antérolatérale gauche de la tente du cervelet.

2- La pie-mère :

Elle donne par ses prolongements membraneux (composés de deux feuillets réunis par de minces trabécules à l'intérieur desquels s'insinuent des vaisseaux : **les plexus choroïdes** ; lieu de formation du LCR) : les plexus choroïdes, situés dans l'angle du cervelet et de la membrane tectoria et qui sont :

- La toile choroïdienne inférieure.
- Le plexus choroïde du 4^{ème} ventricule.

3- Les citernes :

Les espaces arachnoïdiens forment au niveau de la FCP plusieurs lacs appelés **citernes**. Ce sont :

- **Le lac cérébelleux supérieur** : situé entre la tente du cervelet et la face supérieure du cervelet.
- **La grande citerne** : qui baigne la face postéro inférieure du cervelet autour du trou occipital.
- **La citerne pré pontique et les citernes ponto cérébelleuses** : **situées** en avant de la face antérieure du pédoncule et du cervelet, contre la face postérieure du rocher ; baignant l'origine des nerfs crâniens.

Ces différentes formations arachnoïdiennes communiquent directement avec le 4^{ème} ventricule au niveau du trou de Magendie et du trou de Lushka.

D- LES NERFS CRANIENS : (5, 53)

Emergeant du névraxe ; la plupart au niveau de la face antérolatérale du bulbe et de la protubérance (fig. 21 et 22) ; ils traversent les espaces arachnoïdiens pour se diriger vers les orifices de la base du crâne.

Ils se répartissent en trois groupes principaux :

- Un groupe supérieur :
 - Le moteur oculaire externe (**VI**) : naît près de la partie médiane du sillon bulbo protubérantiel.
 - Le nerf trijumeaux (**V**) : naît un peu plus haut au niveau de la face antérieure de la protubérance, par deux racines.

- Un groupe moyen :
 - Groupe de l'angle ponto cérébelleux, est formé par : Le facial (**VII**), l'intermédiaire (**VII bis**), et l'auditif (**VIII**). Nés tous les trois de la partie externe du sillon bulbo protubérantiel.
 - Un groupe inférieur.

Formé par : le glosso-pharyngien **(IX)**, le vague **(X)** et le spinal **(XI)**. Ils naissent tous les trois du sillon collatéral postérieur du bulbe.

A ces trois groupes principaux il faut ajouter :

- o Le nerf hypoglosse **(XII)**, issu de la partie basse du sillon pré olivaire du bulbe.
- o Le nerf pathétique **(IV)**, caractérisé par son émergence dorsale et croisée au sommet de la valvule de Vieussens.

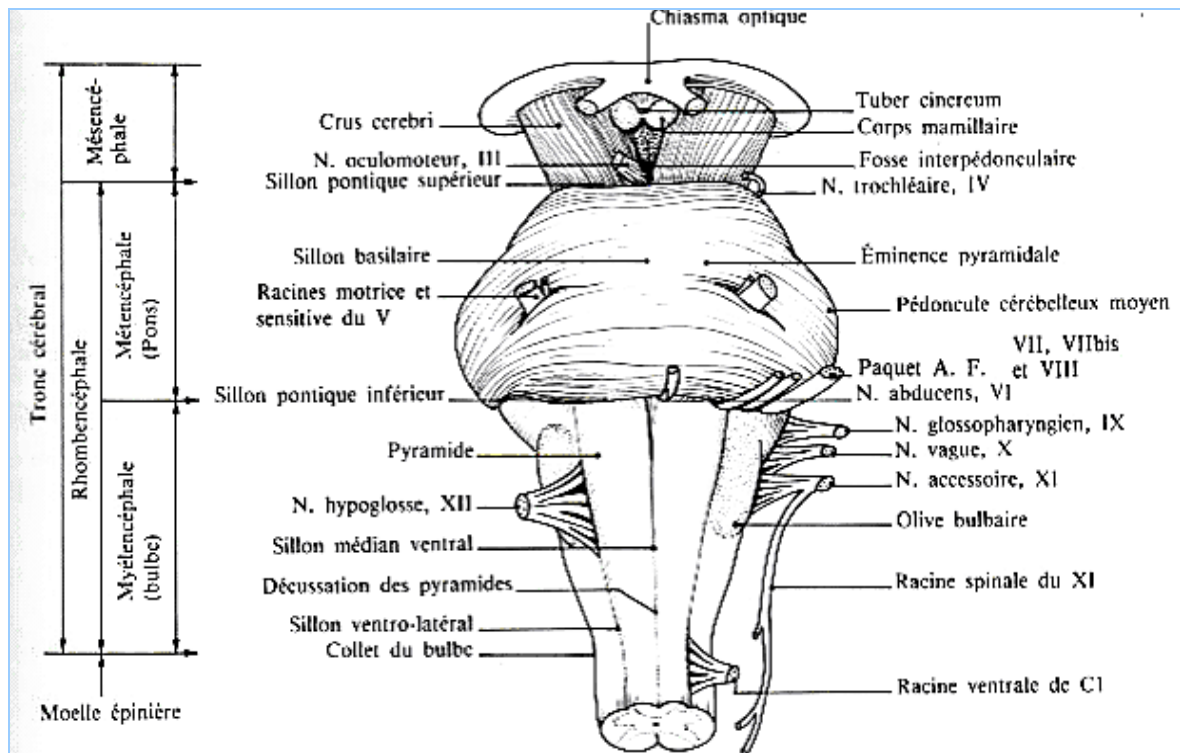


Figure 21 : Emergence des nerfs crâniens (vue antérieure). (11)

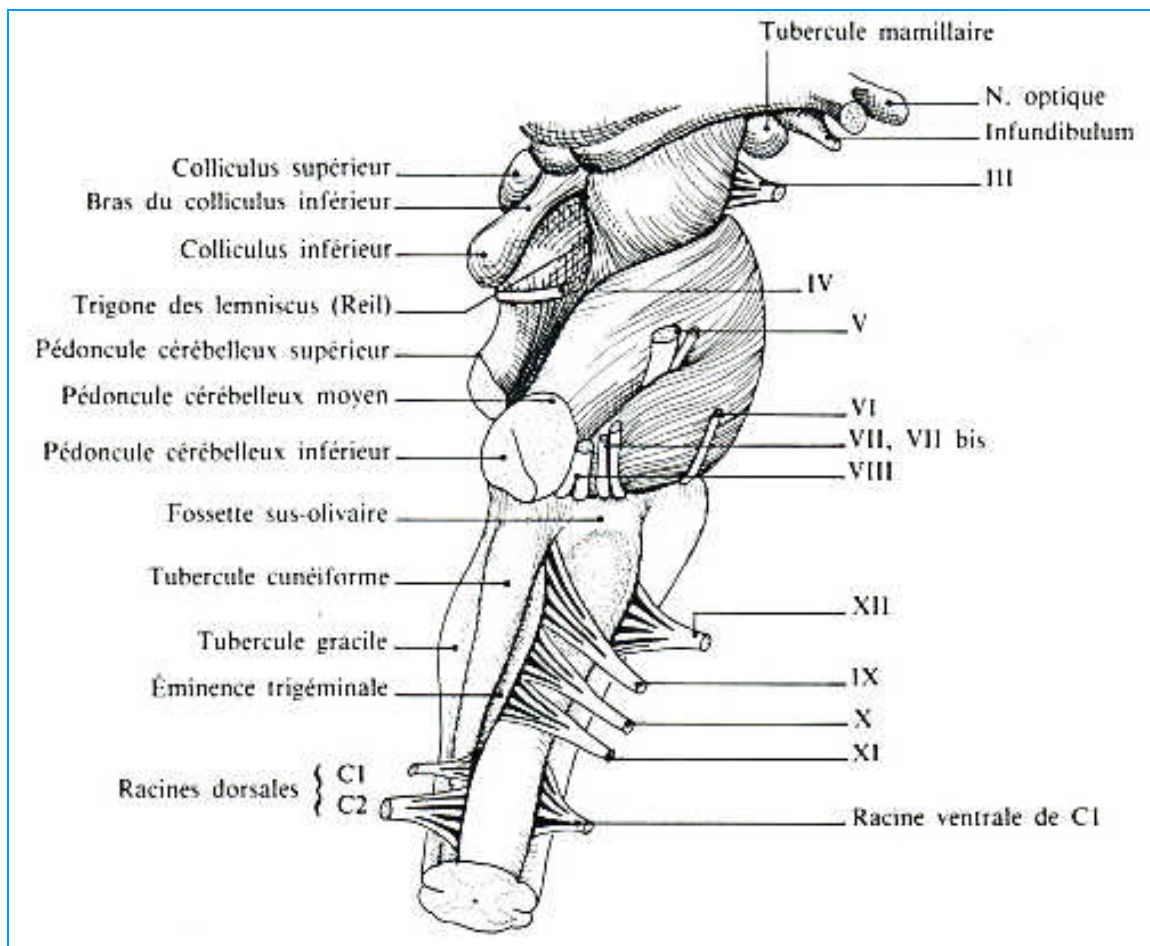


Figure 22 : Emergence des nerfs crâniens.
(Vue latérale gauche). (11)

E- LES VAISSEAUX : (5, 12, 30, 43, 48, 50)**1- La vascularisation artérielle : (fig. 23 a, b)**

Représentés par les deux artères vertébrales qui s'unissent pour former le tronc basilaire, d'où naissent rameaux artériels destinés à vasculariser le TC et le cervelet.

a- L'artère vertébrale :

Naît de l'artère sous-clavière, présente quatre parties : cervicale, vertébrale, sous-occipitale et intracrânienne.

Elle pénètre à l'étage intracrânien à travers le foramen magnum, et chemine en dehors du bulbe en avant de la douzième paire crânienne, puis atteint le sillon bulbo pontique où elle s'unit à son homologue controlatéral pour former le tronc basilaire.

Après avoir pénétrer dans la fosse postérieure ; l'artère vertébrale donne naissance à :

- Des artères spinales (antérieures et postérieures).
- Des rameaux bulbaires.
- L'artère cérébelleuse postéro inférieur qui est la plus grosse branche destinée au plexus choroïde du 4^{ème} ventricule et du cervelet.

b- Le tronc basilaire :

Est un vaisseau formé par la réunion des deux artères vertébrales à la jonction pontique. Il suit à peu près le sillon basilaire creusé à la face antérieure du pont.

Il se termine en artère cérébrale postérieure droite et gauche, au niveau de la jonction ponto-mésencéphalique.

Naissent à son trajet :

- Les artères pontines perforantes, irriguant le pont.
- Les artères cérébelleuses antérieure et inférieure, irriguant le cervelet et le pont.
- Les artères cérébelleuses supérieures, irriguant la face supérieure du cervelet.

Il faut enfin rappeler que toutes ces branches terminales cérébelleuses s'anastomosent largement les unes avec les autres sur la convexité cérébelleuse créant un véritable filet vasculaire qui enserre les structures de la fosse postérieure.

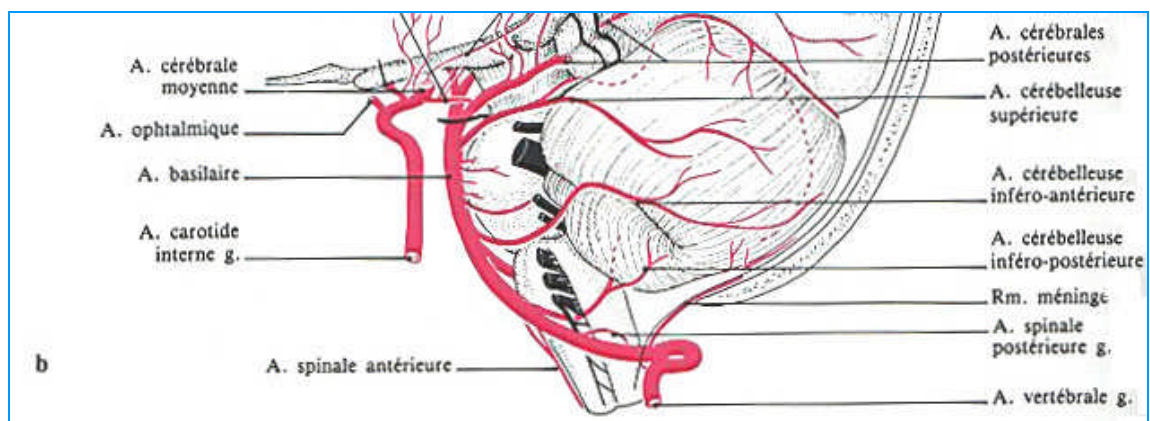
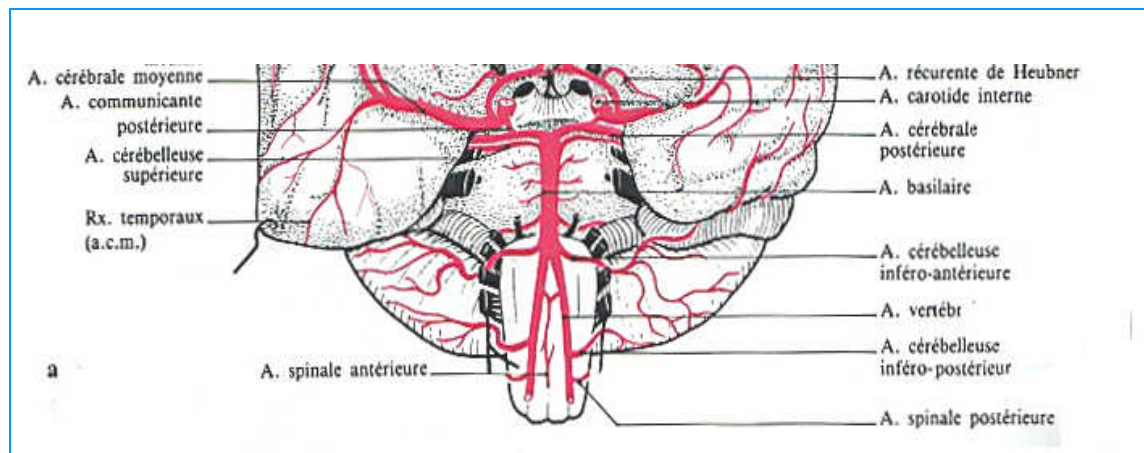


Figure 23 : Vascularisation artérielle du TC et du cervelet, vue antérieure (a), vue latérale gauche (b). (12)

2- La vascularisation veineuse : (fig. 24) (5, 30, 41, 48, 50, 53)

Les veines de la FCP aboutissent dans des sinus situés dans des dédoublements de la dure-mère.

a- Les veines bulbaires :

Forment un fin réseau pie-mèrien qui se draine dans les veines médianes antérieure et postérieure.

b- Les veines cérébelleuses : se répartissent en deux groupes.

- ◆ Les veines cérébelleuses vermiennes ou médianes qui se drainent soit en haut vers l'ampoule de Galien et le sinus droit, soit en bas dans la partie inférieure du sinus droit ou le sinus latéral.
- ◆ Les veines cérébelleuses latérales, se drainent par deux courants :
 - L'un supérieur qui aboutit au sinus pétreux et au sinus latéral.
 - L'autre est inférieur qui aboutit au sinus latéral.

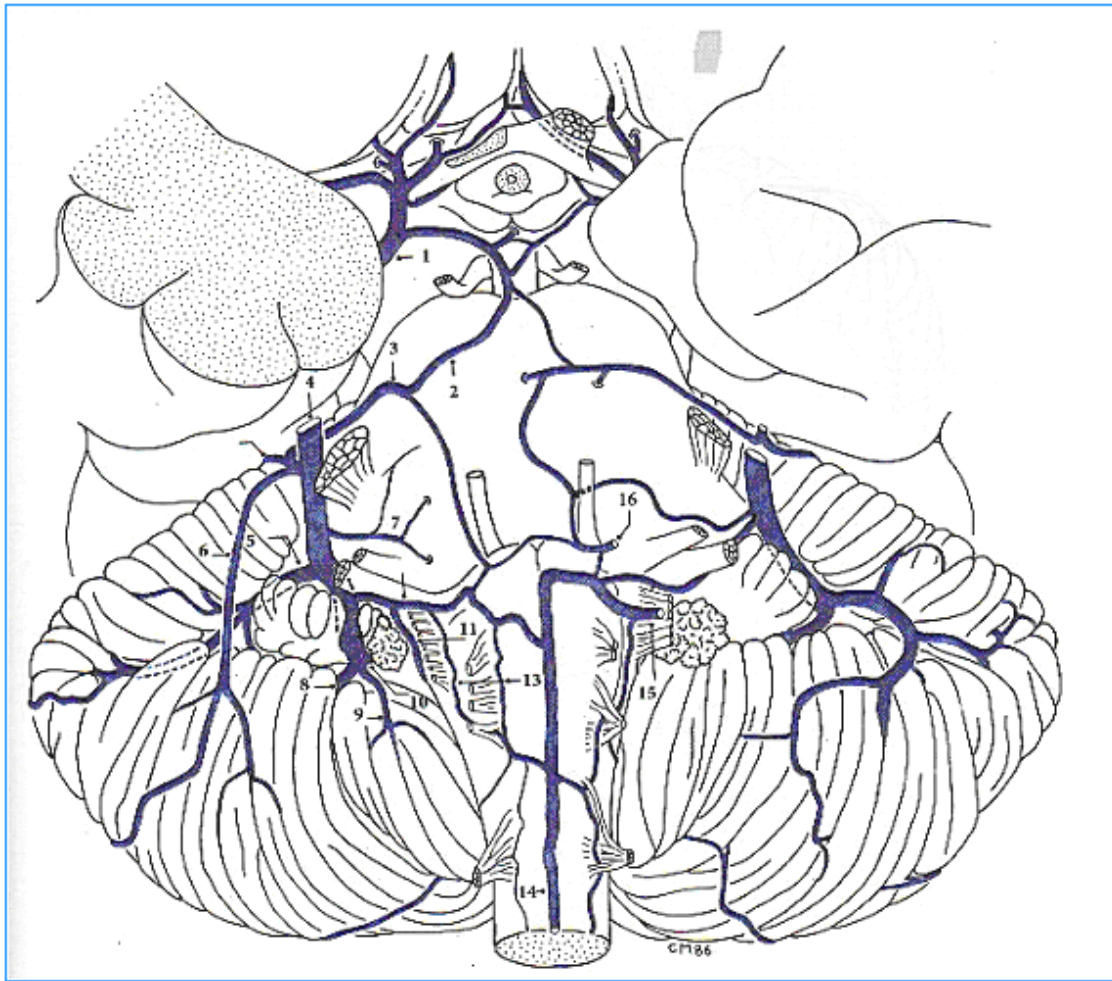


Figure 24 : Vascularisation veineuse du TC et du cervelet. (53)

- | | |
|---|--|
| 1. Veine basale. | 10. Veine du récessus latéral du quatrième ventricule. |
| 2. Veine ponto-mésencéphalique antérieure. | 11. Veine bulbopontique. |
| 3. Veine transversale du pont. | 12. Veine du pédoncule cérébelleux inférieur |
| 4. Veine pétreuse. | 13. Veine olivaire antérieure et postérieure. |
| 5. Veine de la fissure horizontale du cervelet. | 14. Veine bulbaire antérieure médiane. |
| 6. Veine cérébelleuse hémisphérique antérieure. | 15. Veine émissaire (→ sinus pétreux inférieur). |
| 7. Veines pontiques. | 16. Veine émissaire (→ sinus sigmoïde). |
| 8. Veine du lobule digastrique. | * Elle est ici directement tributaire de la veine |
| 9. Veine tonsillaire antérieure | pétreuse |

3- Les sinus de la FCP : (53)

- Le sinus droit ; chemine dans l'épaisseur de la tente du cervelet, au niveau de l'insertion de la faux du cervelet.
- Les sinus pétreux supérieurs et inférieurs, ils font communiquer les sinus caverneux avec les sinus transverses et la veine jugulaire interne.
- Le sinus occipital transverse ou plexus basilaire longe la face postérieure de la lame quadrilatère.
- Le sinus occipital postérieur : longe le bord postérieur du trou occipital.
- Le torcular ou pressoir d'Hérophile, reçoit le sinus sagittal supérieur, le sinus droit et se draine dans les sinus transverse et occipital.
- Le sinus latéral naît au niveau du torcular, suit la grande circonférence de la tente du cervelet jusqu'au niveau du trou déchiré postérieur.

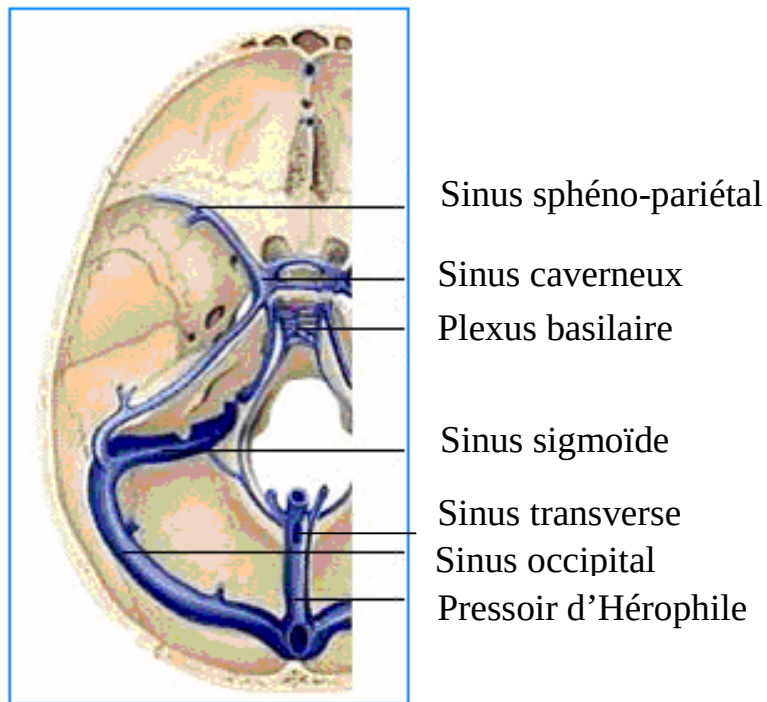


Figure 25 : Vue supérieure de la base du crâne montrant les sinus veineux).

V- TOPOGRAPHIE GENERALE DE LA FCP : (5)

La FCP peut être subdivisée en quatre régions.

A- LA REGION DE L'ISTHME DE L'ENCEPHALE :

Située à la partie supérieure de la FCP, elle forme la frontière avec la fosse cérébrale.

Le cadre de la région est formé par l'orifice tentorial limité par la lame quadrilatère et la petite circonférence de la tente du cervelet.

Les **espaces sous arachnoïdiens** s'élargissent à ce niveau pour former la citerne ambiante.

Le névraxe est représenté par les pédoncules cérébraux avec leurs faces postérieures, les tubercules quadrijumeaux et l'épiphyse.

Les **nerfs crâniens** de la région sont : le moteur oculaire commun (III) et le pathétique (IV).

Les **vaisseaux** sont représentés par les deux artères cérébrales postérieures et les veines afférentes de l'ampoule de Galien.

B- LA REGION DE L'ANGLE PONTO CEREBELLEUX :

(fig. 26)

C'est une région paire et symétrique, placée à la partie antérolatérale de la FCP. Dans cet espace grossièrement triangulaire :

Les **espaces arachnoïdiens** forment la citerne pré pontique et la citerne ponto cérébelleux.

Les **vaisseaux** sont représentés par le tronc basilaire et ses branches et par les veines du cervelet et de la protubérance.

Les **nerfs crâniens** de la région divergent à partir du tronc cérébral en trois groupes :

- Groupe supérieur :
 - Le moteur oculaire externe (**VI**)
 - Le nerf trijumeau (**V**).

- Groupe moyen : de direction frontale.
 - Le facial (**VII**)
 - L'intermédiaire (**VIIbis**).
 - L'auditif (**VIII**).

- Groupe inférieur : de direction transversale.
 - Le glosso-pharyngien (**IX**).
 - Le vague (**X**)
 - Le spinal (**XI**).

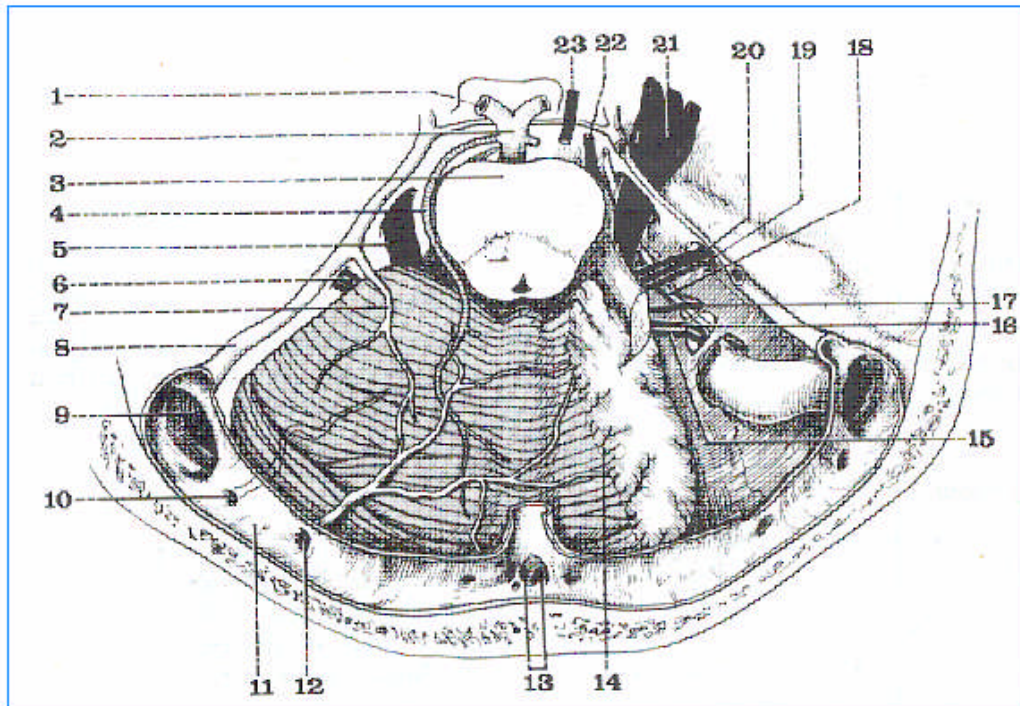


Figure 26 : La fosse cérébrale postérieure et l'angle ponto-cérébelleux (vue supérieure). (5)

1. Artère cérébrale postérieure.
2. Tronc basilaire.
3. Pédoncules cérébraux.
4. Artère cérébelleuse supérieure.
5. Nerf trijumeau (V).
6. Nerfs facial, auditif et intermédiaire (VII, VIII, VIIIbis).
7. Veine cérébelleuse supérieure.
8. Sinus pétreux supérieur.
9. Coude du sinus latéral.
10. Abouchement d'une veine cérébelleuse inférieure.
11. Sinus latéral.
12. Orifice d'une veine cérébelleuse supérieure.
13. Sinus occipital postérieur.
14. Cervelet (sectionné).
15. Nerf spinal (XI).
16. Nerf vague (X).
17. Nerf glosso-pharyngien (IX).
18. Sinus pétreux inférieur.
19. Nerf stato-acoustique (VIII).
20. Nerf facial (VII).
21. Ganglion de Gasser.
22. Nerf moteur oculaire externe (VI).
23. Nerf moteur oculaire commun (III).

C- LA FOSSE CEREBELLEUSE : (fig. 27)

Le **cadre** de la région est formé de bas en arrière par l'écaille de l'occipital, en haut par la tente du cervelet, et en avant par la face postérieure du rocher.

La région est subdivisée en deux zones symétriques par la faux du cervelet.

Les **vaisseaux** de la région : -les artères cérébelleuses supérieures, moyennes et inférieures.

Les éléments veineux sont ; le sinus latéral, le sinus droit et les sinus pétreux supérieurs et inférieurs.

Le **cervelet** occupe presque la totalité de la fosse cérébelleuse.

Les **espaces arachnoïdiens** sont représentés par la grande citerne et par le lac cérébelleux supérieur qui fait communiquer la grande citerne avec la citerne ambiante du foramen ovale.

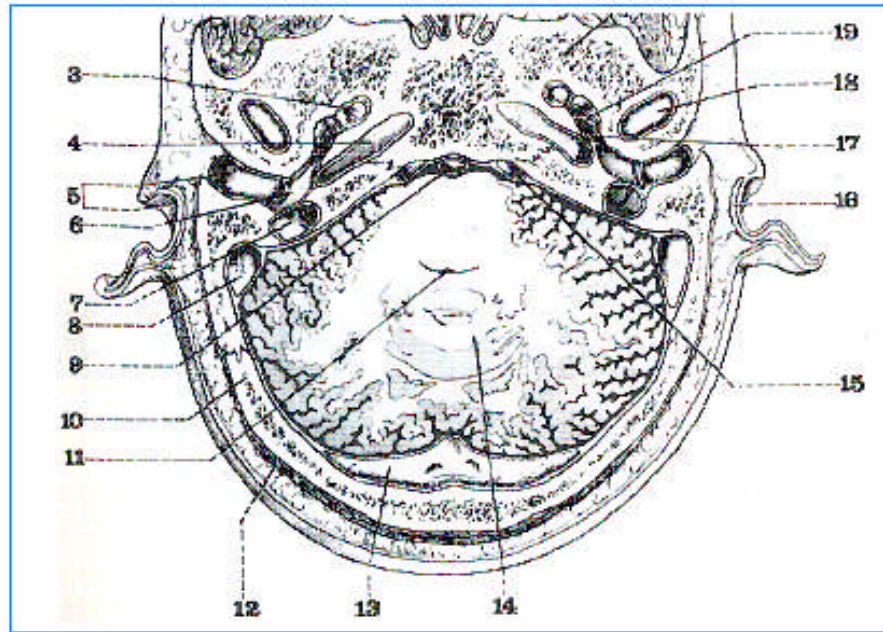


Figure 27 : Coupe horizontale de fosse cérébelleuse. (5)

3. *Nerf mandibulaire.*
4. *Carotide interne.*
5. *Conduit auditif externe.*
6. *Caisse du tympan.*
7. *Golfe de la jugulaire.*
8. *Sinus latéral.*
9. *Tronc basilaire.*
10. *Ecaille de l'occipital.*
11. *4^e ventricule.*
12. *Muscle occipital.*
13. *Sinus latéral.*
14. *Cervelet.*
15. *Sinus pétreux supérieur.*
16. *Oreille externe.*
17. *Muscle du marteau.*
18. *Condyle de la mandibule.*
19. *Trompe d'Eustache.*

D- LA REGION DU TROU OCCIPITAL : (fig. 28)

Située à la jonction entre la cavité crânienne et le canal rachidien, elle a la forme d'un entonnoir à sommet inférieur.

Les vaisseaux sont représentés par : les deux **artères** vertébrale qui fusionnent à la face antérieure du bulbe, pour former le tronc basilaire, et des **veines** nombreuses qui forment autour du trou occipital un véritable plexus coronaire unissant : les sinus de la base du crâne ; les plexus veineux intrarachidiens et les veines de la nuque.

Les espaces arachnoïdiens, très développés à ce niveau, forment la grande citerne qui communique par le trou de Magendie avec le 4^{ème} ventricule.

Le névraxe est représenté par :

- Le bulbe rachidien occupant la partie toute antérieure du trou occipital.
- Les amygdales cérébelleuses et le vermis qui masque le plancher du 4^{ème} ventricule.

Les nerfs crâniens de la région sont : l'hypoglosse (**XII**) et le spinal (**XI**)

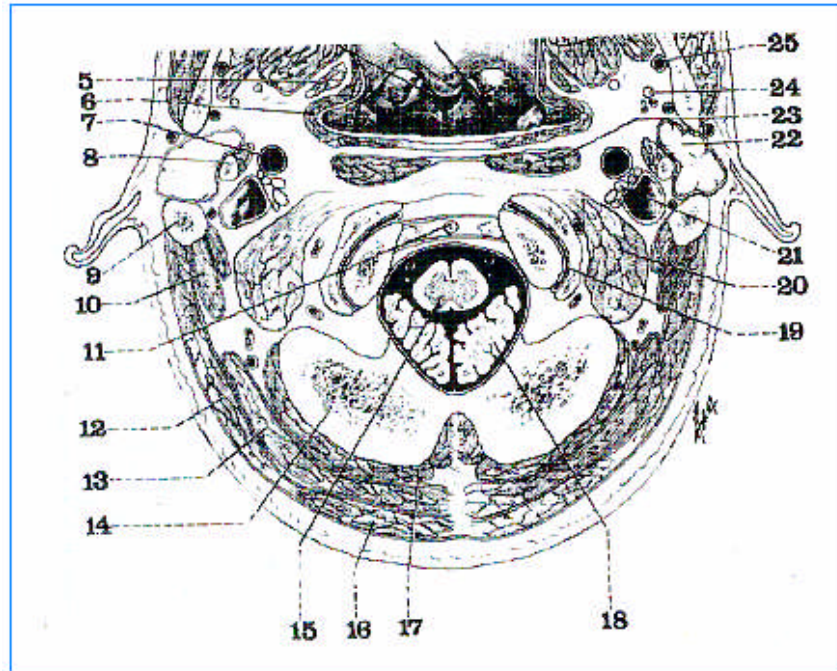


Figure 28 : Coupe horizontale de la région du trou occipital. (5)

5. Muscle péristaphylin externe.
6. Muscle constricteur supérieur du pharynx.
7. Artère carotide interne.
8. Apophyse styloïde.
9. Apophyse mastoïde.
10. Muscle splénius du cou.
11. Ligament occipito-odontoïdien médian.
12. Muscle sterno-cléido-mastoïdien.
13. Muscle splénius de la tête.
14. Occipital.
15. Moelle cervicale.
16. Muscle trapèze.
17. Muscle grand complexus.
18. Amygdale cérébelleuse.
19. Articulation occipito-atloïdienne.
20. Muscle droit latéral.
21. Nerf vague.
22. Glande parotide.
23. Muscle grand droit antérieur.
24. Nerf auriculo-temporal.
25. Artère maxillaire interne.

VI- LES RAPPORTS DE LA FCP : (5)

A- EN HAUT :

Elles s'effectuent tout d'abord avec **la région de l'isthme de l'encéphale, la région basale du cerveau**, et plus en arrière **la tente du cervelet** qui sépare la FCP de la fosse cérébrale.

Le rapport essentiel étant représenté par **les lobes occipitaux**.

B- EN AVANT :

Les rapports s'effectuent avec :

- La cavité de l'oreille interne.
- Les cavités de l'oreille moyenne.
- Le cavum de Meckel contenant le ganglion de Gasser.

C- EN BAS :

Le trou occipital (l'apophyse odontoïde de l'axis affleure le trou occipital).

D- EN ARRIERE :

Les plans superficiels de la région de la nuque.

RADIO-ANATOMIE

I- AVENEMENT DE L'ANATOMO-IMAGERIE : (40)

L'anatomie et l'imagerie n'ont pas toujours fait bon ménage. C'est avec commisération que les anatomistes considéraient les radiographies standards dont les images, fruit de la superposition des organes, n'approchaient que très grossièrement la vérité morphologique.

Parallèlement les radiologistes s'étaient inventés des critères de normalité spécifiques et efficaces. Ils n'avaient cure des coupes faites par les anatomistes, qui leur apparaissaient trop loin de leur pratique.

Mais les examens contrastés et spécialement l'angiographie, allait tout modifier. On peut dire que c'est l'angiographie qui a permis l'éclosion d'une véritable **radio anatomie**.

La deuxième étape fondamentale après celle des examens contrastés, fut celle des examens numérisés. **Le scanner** rapprochera définitivement les anatomistes des radiologistes grâce à l'approche de l'anatomie en coupe. L'avènement de **l'imagerie par résonance magnétique** installait définitivement l'imagerie dans le gotha anatomique, en lui ouvrant les portes de la variabilité des structures des corps in vivo.

II- GENERALITES : (18)

Le tronc cérébral est constitué de structures multiples difficiles à distinguer par les méthodes radiologiques habituelles.

Les progrès spectaculaires de l'imagerie médicale sont principalement liés à l'apparition de deux nouvelles techniques, la tomodensitométrie X (TDM) appelée aussi scanographie et l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Elles ont pu toutes les deux être mise en œuvre grâce au développement du traitement informatique de l'image, mais leurs principes de base sont très différents.

III- LA RESONANCE MAGNETIQUE NUCLEAIRE IRM :

Les structures de la fosse cérébrale postérieure ont grandement bénéficiés du développement de l'IRM grâce à la finesse de son contraste et de ses résolutions spatiales croissantes, et à l'absence du signal osseux.

Elle a pu être mise en œuvre grâce au développement du traitement informatique de l'image. (18)

A- PRINCIPES DE L'IRM : (18, 62, 70, 78)

En IRM il n'y a pas de source de rayon X.

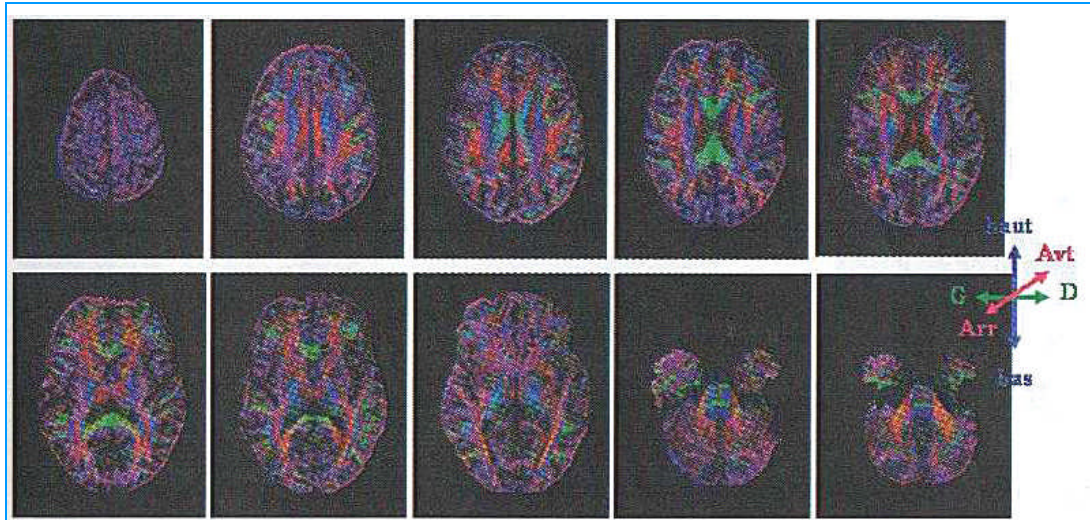
Le patient est soumis à l'action d'un champ magnétique intense et uniforme qui provoque l'aimantation des différents tissus biologiques, et à l'action d'une onde radio qui permet d'obtenir le phénomène de « résonance ».

L'image obtenue en IRM est essentiellement fonction de trois paramètres caractérisants l'aimantation des tissus. Ce sont :

- La densité du noyau d'hydrogène (p) (élément le plus abondant du corps humain, est aujourd'hui le support de l'IRM.)
- Les deux temps (T1 et T2) décrivant la variation de cette aimantation au cours du temps.

Par ailleurs, d'autres paramètres tissulaires peuvent être mis en jeu, ils donnent naissance aux nouvelles méthodes d'imagerie IRM et permettent de créer des contrastes parenchymateux différents des traditionnelles pondérations en T1 et T2, tel que l'IRM de diffusion, IRM de perfusion, IRM fonctionnelle, la spectroscopie, IRM de transfert d'aimantation.). (23, 35, 51)

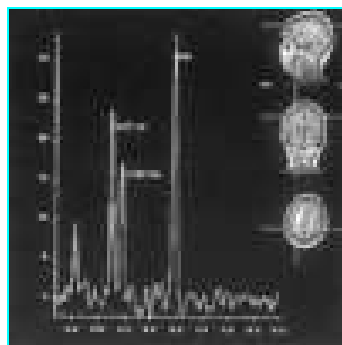
- **Imagerie de diffusion :** C'est une technique IRM dont le contraste est déterminé par le mouvement des molécules d'eau au sein du parenchyme. Les signes observés dès les premiers travaux cliniques portant en particulier sur l'ischémie cérébrale, ils ont été interprétés selon une modélisation discernant un stade lésionnel aigu de gonflement cellulaire restreignant la diffusion de l'eau extracellulaire et un stade chronique avec élargissement interstitiel l'augmentant. C'est une méthode simple, rapide permettant d'apporter des éléments importants pour le diagnostic précoce. (57)



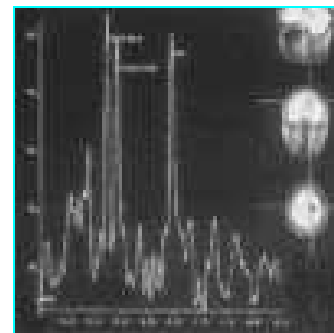
Cartographie de directions préférentielles de diffusion. Un codage couleur identifie la direction préférentielle de diffusion sur l'examen d'un volontaire sain et permet d'identifier les structures telles que le faisceau corticospinal en bleu, le corps calleux en vert, les pédoncules cérébelleux et les radiations optiques en rouge. Le faisceau corticospinal est bien visible sur tout son trajet : corona radiata, genou et bras postérieur de la capsule interne, pédoncules cérébraux et protubérance.

- **IRM de perfusion** : mouvements microscopiques d'écoulement. La variation d'intensité locale de champ magnétique exploitée ici est liée au gradient de susceptibilité magnétique entre les vaisseaux et le parenchyme survenant avec de fortes concentrations intravasculaires de produit de contraste paramagnétique. Cette situation équivaut à la circulation capillaire d'un gradient de champ magnétique qui produit un déphasage et donc une perte de signal proportionnels à la perfusion parenchymateuse.
- **IRM fonctionnelle BOLD** : Egalement produit par une modification locale de susceptibilité magnétique, ce déphasage est dû à la variation sanguine de concentration de désoxyhémoglobine, substance paramagnétique endogène, dont l'effet est cependant si faible qu'il n'est pas spontanément perçu. Pour le mettre en évidence il faut recourir à des comparaisons statistiques d'images cérébrales d'état d'oxygénation différent en relation avec des épreuves d'activation corticale. Le terme BOLD signifie *blood oxygen level dependent*. D'une manière simplifiée, les images IRMf sont cartographiées de la distribution anatomique des variations du débit sanguin (augmentation ou diminution) au niveau de certaines régions cérébrales, chez un sujet que l'on soumet à une tâche sensitive ou motrice mettant en jeu la population neuronale de ces régions. Elles sont donc réservées actuellement à l'exploration cérébrale.

- **Spectroscopie** : les électrons ont également des propriétés magnétiques car ils sont chargés négativement. Ils génèrent localement de très faibles hétérogénéités de champ magnétique qui sont cependant décelables sous certaines conditions d'homogénéité de l'aimant et de suppression du signal de l'eau. Les différentes liaisons chimiques dans lesquelles les protons sont engagés permettent leur identification dans la spectroscopie et leur cartographie dans l'imagerie spectroscopique de protons d'autres natures que ceux de l'eau.



a

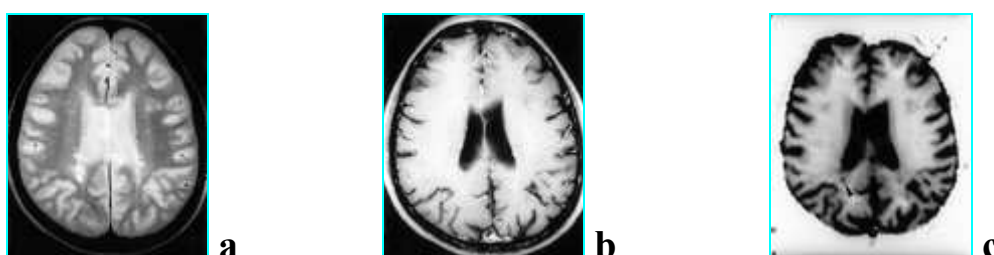


b

Spectroscopie

- A** : Spectre recueilli dans la substance blanche apparemment normale présentant un profil proche de la normale.
- B** : Spectre recueilli dans une lésion, montrant une baisse de NAA, une élévation de choline et de myoinositol (3,6 ppm).

- **Imagerie de transfert d'aimantation :** l'individualisation de fréquence de résonances différentes en fonction de l'environnement chimique permet d'identifier sélectivement les protons de molécules d'eau absorbée sur de volumineuses molécules telle que la myéline de la substance blanche et d'en faire la cartographie.



Intérêt de l'imagerie de transfert d'aimantation

- a :** Séquence pondérée en T2, montrant quelques lésions de SEP dans la substance blanche périventriculaire et dans la corona radiata.
- b :** Séquence pondérée en T1 sans traduction lésionnelle patente en particulier sans hypo-intensité franche.
- c :** Imagerie de transfert d'aimantation dont l'échelle de gris reflète le taux de myéline local, montrant une gradation parmi les lésions hyperintenses en séquence pondérée en T2. La lésion la plus démyélinisée est en particulier située en région pariétale droite (tête de flèche).

1- Le temps de relaxation longitudinal T1, ou Spin réseau :

Les séquences pondérées en T1 permettent une bonne analyse de l'anatomie externe du tronc cérébral, et apportent un bon contraste les structures liquidiennes et tissulaires.

Les tissus dont le temps T1 est le plus court, apparaissent en hyper signal.

2- Le temps de relaxation transversal T2 ou Spin spin :

Les séquences pondérées en T2 permettent de différencier ; non seulement les structures liquidiennes et tissulaires ; mais aussi d'analyser les structures intrinsèques.

Les tissus dont le temps T2 est long apparaissent en hyper signal.

B- REALISATION D'UN EXAMEN IRM : (16)

L'IRM est atraumatique et sans risques, à condition de respecter certaines règles.

1- Précautions premières :

- Eliminer les contre-indications absolues et relatives (elles seront détaillées plus tard).

- S'assurer que le patient n'est pas porteur de : carte de crédit, bijoux, montre, stylo ou briquet, pouvant altérer l'image.
- Le déshabillage du malade est recommandé pour éviter toute altération de l'image. (Pyjama ou blouse fournis à chaque patient).

2- Installation du patient :

- Décubitus, bras le long du corps ou mains sur l'abdomen dans la plupart des cas, l'immobilité doit être complète et la respiration calme pendant la durée de l'examen (40 à 50 mn).
- Confortablement installé, le patient sera déplacé par le lit d'examen mobile, à l'intérieur du tunnel.
- La surveillance du malade se fait par vidéo, et contact auditif permanent par interphone.

3- Le choix d'une séquence : (18, 63, 75)

Il existe différents types de séquences suivant la durée, le temps de répétition des impulsions d'excitation, et l'angle de basculement de l'aimantation.

a- La séquence d'écho de spin :

C'est la séquence la plus employée en IRM, imposant le choix de deux paramètres :

- **Le temps de répétition TR** : sépare le début d'une séquence du début de la suivante, sa valeur dans la pratique est choisie supérieure à 1500 ou 2000ms selon l'intensité du champ magnétique. Un TR court permet de pondérer le contraste en T1 et les tissus dont le temps T1 est le plus court apparaissent en hyper signal.

b- Le temps d'écho TE

En écho de spin, le TE gouverne l'influence du paramètre T2 dans le contraste de l'image. Sa valeur est entre 80 et 100ms. Un TE long permet de pondérer le contraste en T2, et les tissus dont le temps T2 est long apparaissent en hyper signal.

Les deux paramètres TE et TR ; appelés paramètres d'acquisition ; sont choisis par le radiologue pour privilégier une image dépendant préférentiellement d'un paramètre tissulaire T1 ou T2 donné.

c- La séquence d'inversion récupération :

Bien qu'elle donne un excellent contraste en (p) et T1, elle est moins couramment employée, car la durée de l'examen est plus longue.

d- Les séquences rapides :

De plus en plus utilisée ; ces séquences rapides permettent une durée d'examen plus brève, mais leur programmation et l'interprétation des images sont plus complexes. Le gain de temps étant cependant important ; ces séquences sont souvent utilisées comme image de repérage.

Elles permettent une bonne visualisation des liquides et des cartilages, (elles permettent également l'étude de la cinétique cardiaque et l'obtention d'images en apnée).

En fin elles sont utilisées en imagerie à trois dimensions.

e- Le choix de l'antenne :

Il est possible d'améliorer la qualité des images par un choix judicieux des antennes d'émission et de réception du signal. Il existe des antennes adaptées aux différentes régions du corps : l'antenne tête est adaptée pour l'étude de l'encéphale.

f- Le choix des coupes : (10, 18)

Pour chaque séquence, on choisit l'orientation des plans de coupes : axiale, sagittale, frontale, ou oblique.

L'épaisseur des coupes peut varier entre 3 et 20 mm.

Les plans sagittal et axial constituent les meilleures vues pour apprécier le tronc cérébral dans sa globalité.

Les coupes axiales permettent d'apprécier les rapports que contracte le tronc cérébral, le 4^{ème} ventricule et le cervelet.

En raison de l'orientation antéro-postérieure des folias cérébelleux, l'exploration IRM du cervelet est optimale dans le plan sagittal pour le vermis et dans le plan coronal pour les hémisphères cérébelleux.

L'épaisseur des coupes varie entre 20 et 30 mm, mais des coupes fines de 3 mm d'épaisseur apparaissent nécessaires afin d'éviter les phénomènes de volume partiel qui pourraient gêner la visualisation de ces structures fines.

g- Aspect des structures anatomiques de la FCP :

(17, 25, 58, 64, 68)

❖ **Sans injection de produit de contrastes :**

Pour l'interprétation des images en IRM, on utilise une échelle de signal.

- Si une région de l'image apparaît en blanc, on parle de zone en hyper signal.
- Lorsqu'elle apparaît en noire, on parle de zone en hypo signal.
- Lorsqu'elle apparaît en gris, on parle de zone à signal intermédiaire.

- Parenchyme :

Modérément intense en séquence pondérée T1 et moins intense en séquence pondérée T2.

- Vaisseaux :

Leur aspect est conditionné par la vitesse du flux qui les traverse, un flux rapide se traduit par une absence du signal.

- Graisse :

Hyper intense dans toutes les séquences mais son signal décroît en séquence fortement pondérée en T2.

- L'os :

La corticale est noire car elle ne contient pas de protons mobiles, alors que l'os spongieux riche en tissus adipeux a un comportement similaire à celui de la graisse.

❖ Après l'injection de produit de contraste (20) paramagnétique :

Deux complexes de gadolinium sont actuellement disponibles, mais de nouveaux agents sont en cours de développement. En IRM le gadolinium est utilisé en injection intraveineuse lente (0.2ml/kg), l'utilisation de doses plus élevées peut être nécessaire.

Les injections rapides n'apportent des informations intéressantes que s'il est possible de les coupler à une imagerie rapide (*ultrafast MR imaging*)

La tolérance des complexes de gadolinium est excellente, et les examens post-contraste ont été jugés supérieurs aux examens pré contraste.

- Effet T1 prédominant ou paramagnétisme :

L'injection intraveineuse de Data gadolinium à faible concentration entraîne un raccourcissement du T1 et donc un hyper signal en séquence pondérée T1.

- Effet T2 prédominant ou super paramagnétisme :

Le Data gadolinium à forte concentration ou encore les molécules riches en fer (hémosidérine magnétine), peuvent entraîner un effondrement du T2 des tissus voisins responsables d'un hypo signal dans toutes les séquences.

h- Les artéfacts : (18, 37, 66)

Les sources d'artéfacts en IRM sont multiples. Il est nécessaire de connaître leur origine afin de les éviter lorsque cela est possible, ou afin de ne pas commettre d'erreur d'interprétation.

h-1- Artéfact métallique :

La présence d'éléments métalliques (prothèse, clip chirurgical...) crée une distorsion du champ magnétique local. Elle se traduit sur l'image par une zone d'hypo signal entourée parfois d'un hyper signal curviligne, les structures anatomiques étant déformées ou même effacées.

h-2- Artéfact de déplacement chimique :

L'environnement chimique des noyaux modifie légèrement le champ magnétique auquel ils sont soumis. Les protons de l'eau et ceux de la graisse présentent une différence de fréquence suffisante pour apparaître dans certaines circonstances sur l'image. Ainsi cet artéfact de déplacement chimique se manifeste aux interfaces des tissus aqueux et graisseux. Il suffit alors de permuter les sens des gradients de codage, de phase et de fréquence.

h-3- Artéfact de repliement :

Lorsque la région excitée par l'impulsion de radiofréquence est plus grande que le champ de vue de l'image, les structures hors de l'image sont repliées et se superposent à l'image correspondant au champ de vue programmé. Certains logiciels permettent de s'affranchir de cet artéfact.

h-4- Artéfact de mouvement :

De manière générale tout mouvement pendant l'acquisition des signaux, provoque l'apparition d'image «fantôme» dans la direction de codage de phase, et un aspect flou dans la direction de mouvement.

L'immobilité imparfaite du patient, les mouvements respiratoires, les battements cardiaques et les flux sont les causes les plus fréquentes de dégradation des images.

C- LES CONTRES INDICATIONS A L'EXAMEN EN IRM :

(16, 77)

Il existe quatre contre indications absolues de IRM :

- Stimulateur cardiaque et électrodes implantés.
- Corps étranger ferromagnétique et notamment clips anévrysmaux intra cérébraux.
- Clips vasculaires.
- Corps étranger intra oculaire.

D'autres éléments peuvent constituer des contre indications relatives :

- Dépendant des matériaux implantés.
- Au cours du premier trimestre d'une grossesse.
- La claustrophobie (1 à 3% des cas).
- Patents intubés ou trachéotomisés.

D- FLUX ET EXPLORATION VASCULAIRE EN IRM :

Médecins et chercheurs se sont rapidement penchés sur l'imagerie du flux. En effet, il s'est rapidement avéré deux choses : premièrement, ce flux apparaissait comme un artéfact, donc une limite à la technique qu'il fallait s'employer à éliminer ; deuxièmement, cet artéfact contenait nécessairement une information qu'on pouvait utiliser pour produire une image.

L'imagerie de flux est donc essentiellement actuellement une imagerie des vaisseaux. Les séquences angiographiques prennent place le plus souvent aux cotés des séquences classiques, en s'intégrant à des protocoles d'explorations.

L'imagerie du flux est un examen IRM comme les autres. Elle exige donc les mêmes précautions. Les contre-indications classiques (Pacemaker, clip vasculaire métallique de composition inconnue, corps étranger métallique intra-orbitaire) doivent, bien évidemment être respectés. Le temps consacré à la préparation psychologique doit être suffisant afin de donner au patient toutes les informations concernant la nature, le but et le déroulement de l'examen.

1- Les deux types d'imagerie des vaisseaux :

A l'heure actuelle, il existe deux méthodes permettant une visualisation des vaisseaux.

La première est fondée sur des principes physiques inhérents à l'IRM. Elle ne nécessite pas l'injection de produits de contraste. Elle regroupe deux types de séquences : les acquisitions en temps de vol (en anglais : *time of flight* : TOF) et les acquisitions en contraste de phase (*phase contrast* : PC), ces séquences ont été les premières utilisées et gardent encore de nombreuses indications.

La seconde, basée sur le raccourcissement du T1 du sang contenant du gadolinium, implique une injection de produit de contraste (*contraste enhanced magnetic resonance angiography* : CEMRA). Son apparition est plus récente et son domaine d'exploration s'étend rapidement.

2- Angiographie IRM (angio-IRM) : (17, 19, 31, 35, 65)

L'examen par angio-IRM est particulièrement intéressant en raison de son innocuité, ses remarquables performances, la rapidité de son exécution et ses résultats, il est applicable de façon répétée et il évite les risques associés à l'angiographie conventionnelle.

Il complète les informations anatomiques et pathologiques en IRM, et sa place en imagerie est en constante augmentation.

a- Effet de flux :

L'IRM est une méthode de choix pour visualiser les vaisseaux et le flux sanguin. Sa sensibilité au mouvement de protons est à l'origine d'un excellent contraste entre tissus mous et vaisseaux. L'image qui en résulte ; obtenue sans produit de contraste ; est donc une image de mouvement plutôt qu'une image des vaisseaux.

Nous présenterons deux approches fondamentales des techniques de l'imagerie vasculaire par résonance magnétique, que sont :

❖ L'effet de temps de vol :

Méthode d'imagerie de flux la plus simple à mettre en œuvre, elle regroupe l'ensemble des méthodes qui reposent sur la différence d'état entre les protons relaxés ; qui entre dans le volume étudié ; et les protons statiques saturés.

❖ Effet de phase :

Les méthodes d'imagerie vasculaire par résonance magnétique phase ; consiste à exploiter les changements induits par la vitesse sur la phase des protons.

b- Applications cliniques :

Les régions anatomiques les plus étudiées sont la tête et le cou. L'angio-IRM 3D temps de vol est intéressante dans les malformations vasculaires, les fistules artério-veineuses, les anévrysmes, les sténoses artérielles, et les pathologies de la bifurcation carotidienne, ainsi que les aspects normaux et les compressions.

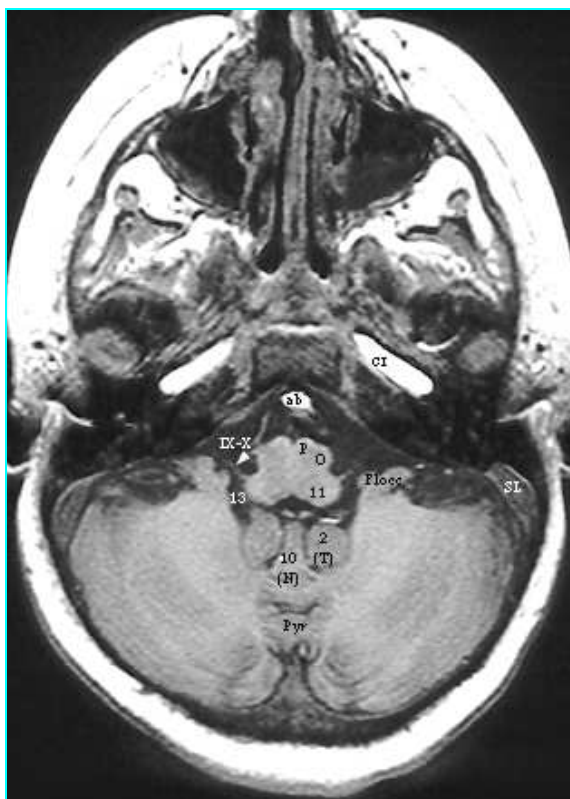
Les malformations vasculaires sont également bien reconnues en angio-IRM phase.

3- Perspectives d'avenir :

Plusieurs axes de recherche sont porteurs d'améliorations potentielles. Les constructeurs présentent des acquisitions encore plus rapides qui amélioreront les performances des séquences. Des antennes spécifiques font leur apparition, telles les antennes « neuro-vasculaires », ou « membres inférieurs ». Des produits de contraste à rémanence longue sont à l'étude.

Le manipulateur est un acteur important lors d'un examen vasculaire. Outre ses fonctions inhérentes à tout examen IRM, il doit pouvoir orienter, en concertation avec le médecin, vers la technique d'imagerie la plus adaptée à la pathologie recherchée. La connaissance de l'anatomie et de la physiologie vasculaire est indispensable, au même titre que les connaissances techniques.

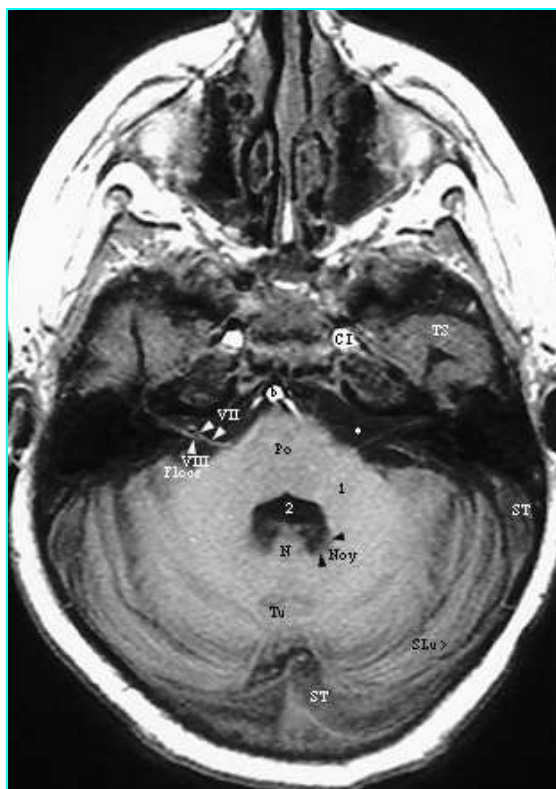
E- IRM EN COUPE AXIALE EN T1 :



Coupe axiale passant par le bulbe

Moelle allongée : Les Pyramides bulbaires (P) forment le relief le plus antérieur de la face antérieure. Latéralement l'olive (O) et l'émergence des nerfs mixtes (IX-X). Plus en arrière, le pédoncule cérébelleux inférieur (11) est bordé par les espaces sub-arachnoïdiens (13) et latéralement par le Flocculus (Floc). En arrière, apparaît le vermis cérébelleux par son Nodule (10) et le lobule pyramidal (Pyr) ; les Tonsilles (2) sont des lobules hémisphériques.

Le système artériel est présent par son hypersignal : artère carotide interne intrapétreuse (CI), artère basilaire (a.b). Sans injection, le sinus latéral (SL) a un signal mixte.

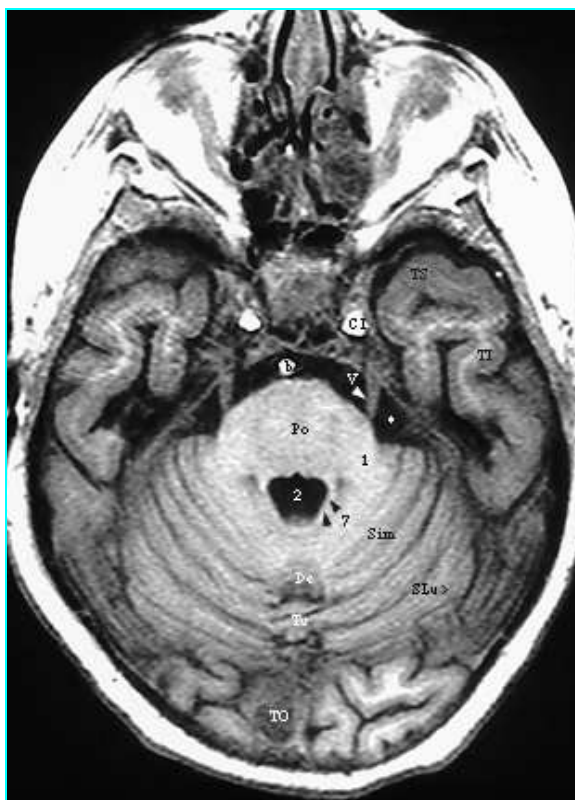


Coupe axiale passant par le Pont (segment inférieur)

Le Pont (Po) est volumineux par les fibres commissurales des pédoncules cérébelleux moyens (1). Ils limitent en avant le 4^{ème} ventricule (2). Ils sont bordés en avant par les espaces sub-arachnoïdiens de l'angle ponto-cérébelleux (* blanche) et latéralement par le Flocculus (Flocc). Le nerf facial (VII) en avant et le nerf stato-acoustique (VIII) traversent l'angle latéralement.

Le nodule (N) fait hernie dans le 4^{ème} ventricule ; latéralement se disposent les noyaux cérébelleux (Noy) ; en arrière, apparaît le vermis cérébelleux par le Tuber (Tu) ; SLu> : lobule semi-lunaire supérieur.

Le système artériel est présent par son hypersignal : artère carotide interne intrapétreuse (CI), artère basilaire (b). Sans injection, le sinus latéral (SL) a un signal mixte. (TS : gyrus temporal supérieur (T1)).



Coupe axiale passant par le Pont (segment supérieur)

Le Pont (Po) ; les pédoncules cérébelleux moyens (1). Ils limitent en avant le 4^{ème} ventricule (2). Latéralement il est limité par les pédoncules cérébelleux supérieurs (7). Ils sont bordés en avant par les espaces sub-arachnoïdiens de l'angle ponto-cérébelleux (* blanche). Le nerf trijumeau (V) présente un trajet rectiligne vers avant.

En arrière, le vermis cérébelleux est présent par le Tuber (Tu) et le lobule Déclive (De) ; ils sont reliés avec leur lobule hémisphérique correspondant respectivement le lobule semi-lunaire supérieur (SLu>) et le lobule Simples (Si). Le système vasculaire : artère carotide interne siphon C5 (CI), artère basilaire (b). Plus haut, le torcular (TO) est la pointe de convergence veineuse.



Coupe axiale passant par le Mésencéphale (segment inférieur)

Le mésencéphale est formé en avant par les pédoncules cérébraux (PC). Le tectum comprend les colliculi inférieur (4) et l'aqueduc du mésencéphale (6). Le culmen (Cu) marque le point le plus élevé du vermis. Dans la citerne opto-chiasmatique en avant des pédoncules, se disposent les corps mamillaires (cm) et les tractus optiques (TO).

Lobe occipital : RA : Radiations Optiques. Sillon calcarin (sCa). CU : le cunéus.

Le système vasculaire : artère cérébrale moyenne (a. CM), artère cérébrale antérieure (a. CA). En arrière, le sinus sagittal supérieur (SSS).

F- IRM EN COUPE CORONALE EN T1 :



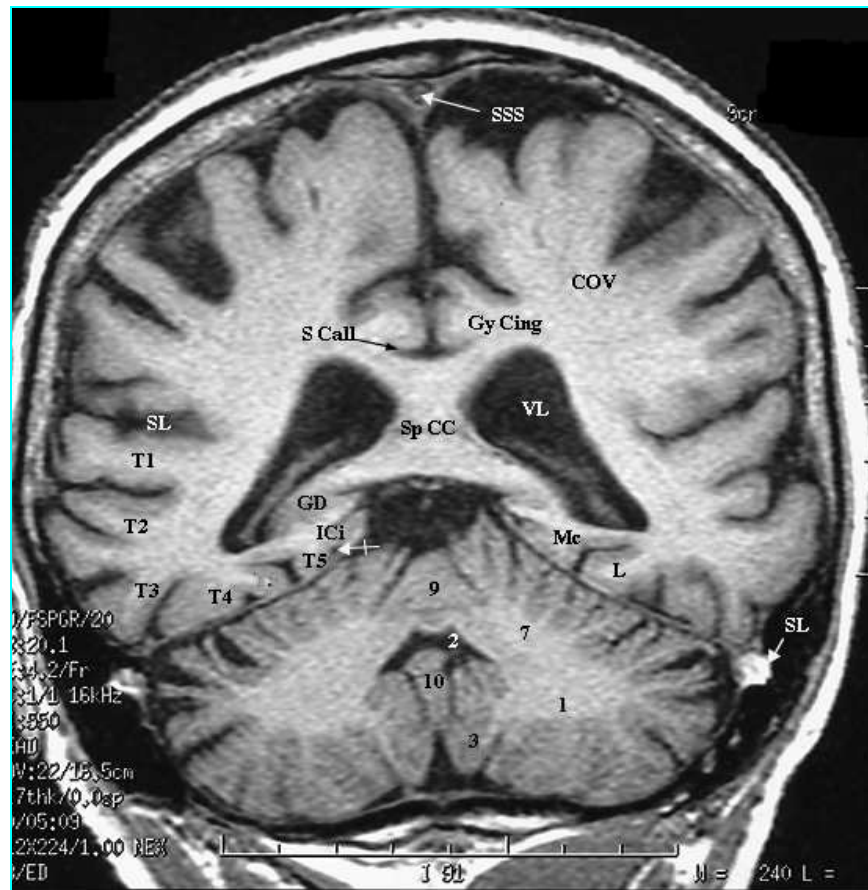
Coupe frontale passant par le plancher du IV^{ème} Ventricule

Les pédoncules cérébelleux moyens (1) forment la masse de substance blanche du cervelet. Le mésencéphale est traversé par son aqueduc (6) et bordé latéralement par les citernes de la fissure latérale du cerveau (12). **Le cervelet** est coupé par la fissure horizontale ici très accentuée par l'atrophie (8). **Les pédoncules cérébelleux inférieurs** (11) sont séparés des tonsilles par la fissure postéro-latérale (13).



Coupe frontale passant par le Tectum Mésencéphalique

Les pédoncules cérébelleux moyens (1) forment la masse de substance blanche du cervelet. Le mésencéphale est traversé par son aqueduc (6) limité en arrière par le tectum formé par les colliculi inférieurs (4) et supérieurs (5). **Le cervelet** est coupé par la fissure horizontale ici très accentuée par l'atrophie (8). **Les pédoncules cérébelleux supérieurs** (7) bordent le IVème Ventricule (2). Tonsilles cérébelleuses (3).



Coupe frontale passant par le splénium du corps calleux

Les pédoncules cérébelleux moyens (1) et supérieurs (7) bordent le IVème Ventricule (2). Tonsilles cérébelleuses (3).

G- IRM EN COUPES SAGITTALES EN T1 :



Coupe sagittale médiane

Fosse Postérieure : Le bulbe (MOb) forme le premier segment du tronc cérébral. Sa face postérieure est marquée par l'area postrema (AP), zone de la rétículo du tronc cérébral qui se rehausse normalement après contraste (non isolée par la barrière hémato-encéphalique). Du sillon bulbo-pontique émerge le nerf abducteur de l'oeil (VI) qui remonte vers l'avant et le haut vers le sinus caverneux. Le Pont (Po) forme le plancher du IV^{ème} ventricule (2).

Le cervelet est placé en dérivation : médian apparaît le vermis avec les lobules pré-Central (9), culmen (Cu), Declive (De), Tuber (Tu), Pyramide (Pyr) et Nodule (10) ; les tonsilles (3) remplissent partiellement la grande citerne (** étoiles blanches).

Le mésencéphale : (Mes) est traversé par l'aqueduc (6), bordé en arrière par le tectum des colliculi inférieurs auditifs (4) et supérieurs optiques (5). Le corps pinéal (Pin) est baigné de la citerne ambiante (* blanche).

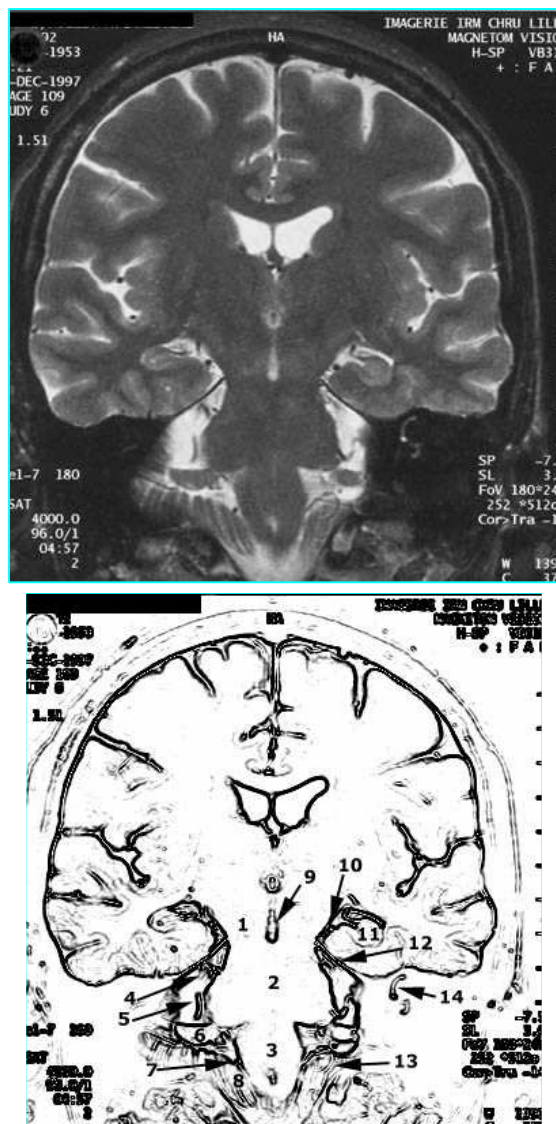
H- IRM PONDEREE EN T2 :

1- Coupe coronale passant par le cervelet :



Cervelet

2- Coupe frontale passant par les pédoncules cérébraux :



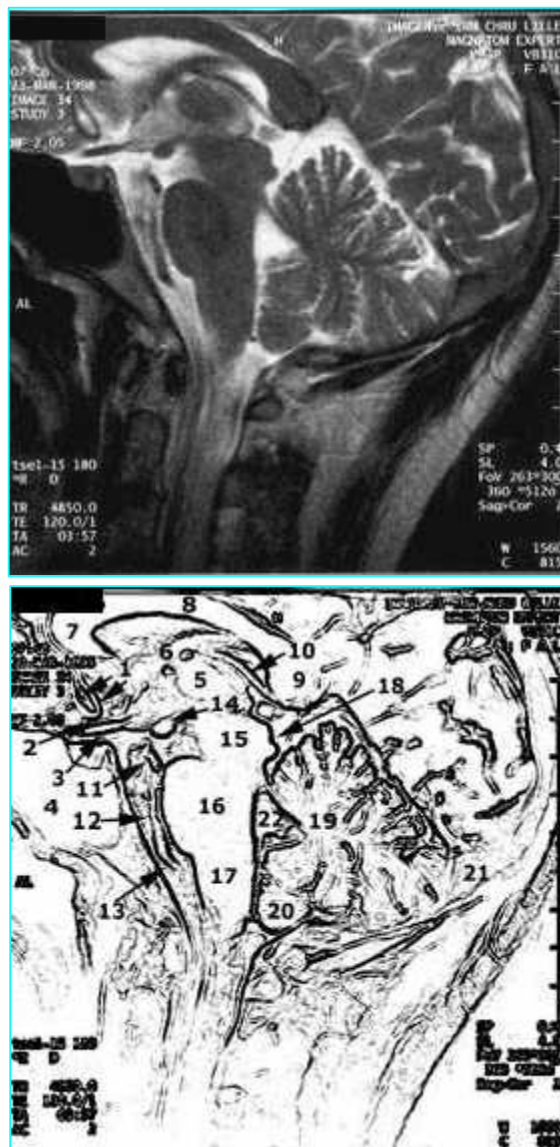
- | | |
|---|--|
| 1- Pédoncule cérébral. | 8- Tonsille cérébelleuse. |
| 2- Pont. | 9- Quatrième ventricule |
| 3- Moelle allongée. | 10- Artère cérébrale postérieure. |
| 4- Artère cérébelleuse supérieure. | 11- Hippocampe. |
| 5- Artère cérébelleuse inférieure et antérieure | 12- Tente de cervelet. |
| 6- Flocculus | 13- Boucle de l'artère cérébelleuse inférieure et postérieure. |
| 7- Artère cérébelleuse inférieure et antérieure | 14- Canal semi-circulaire antérieur |

3- Coupe sagittale paramédiane, passant par le pédoncule cérébral :



- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 3. Substance blanche cérébelleuse. | 7. Apex pétreux. |
| 4. Cortex cérébelleux. | 8. Artère carotide interne. |
| 5. Tente du cervelet. | 9. Nerf trijumeau. |
| 6. Confluent des sinus. | 10. Artère cérébelleuse. |

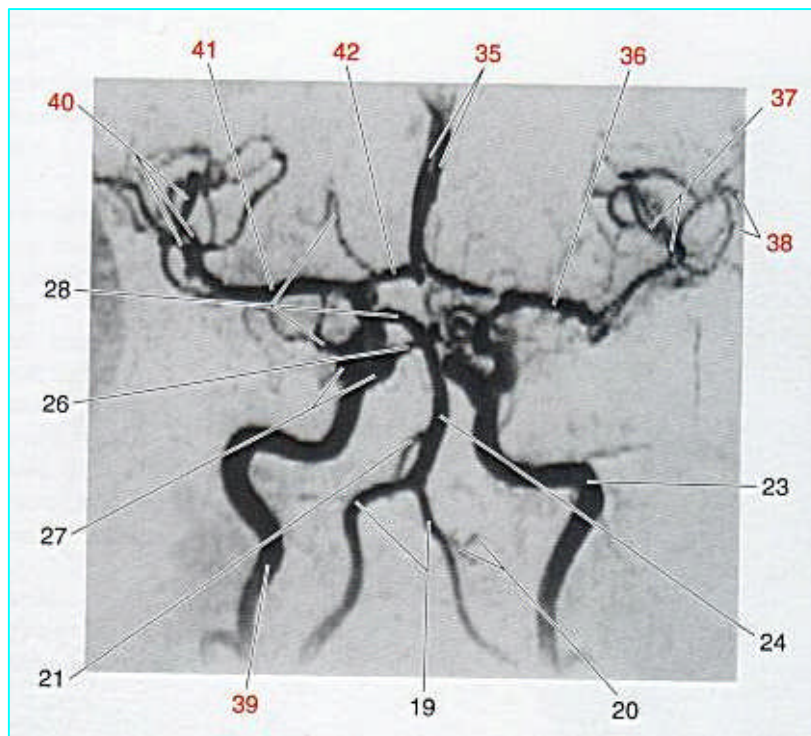
4- Coupe sagittale :



- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 11. Artère cérébrale postérieure. | 17. Moelle allongée. |
| 12. Tronc basilaire. | 18. Colliculi (lame quadrijumelle). |
| 13. Artère vertébrale. | 19. Cervelet. |
| 15. Pédoncule cérébral. | 20. Tonsille cérébelleuse. |
| 16. Pont. | 21. Confluent des sinus. |
| 22. Quatrième ventricule. | |

I- ANGIO IRM :

1- Vue de face : (32)



19- Artères vertébrales.

20- Artère cérébelleuse postérieure et inférieure.

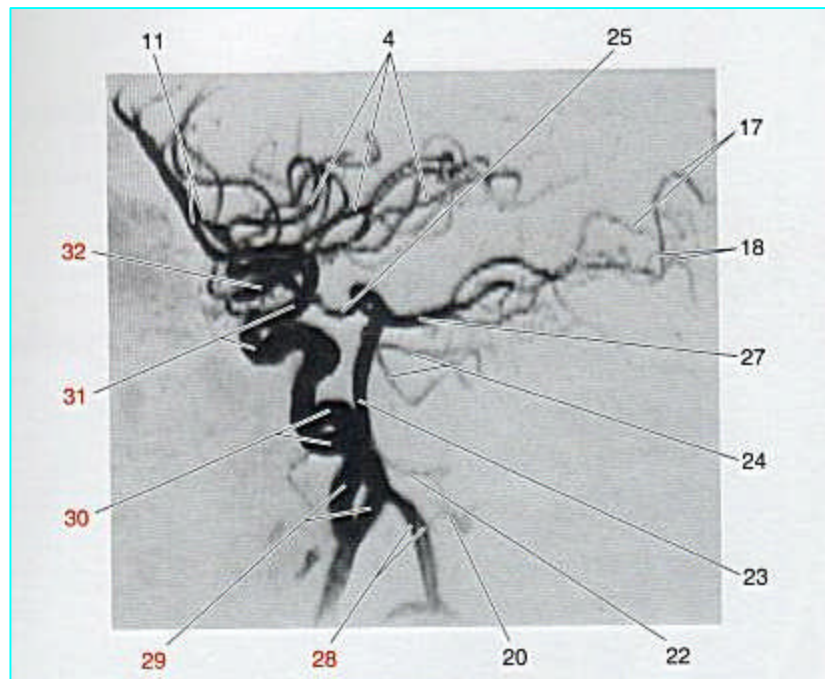
21- Artère cérébelleuse antérieure et inférieure.

24- Artère basilaire.

26- Artère cérébelleuse supérieure.

28- Artère cérébrale postérieure.

2- Vue de profile : (32)



- 22- Artère cérébelleuse antérieure et inférieure.
- 23- Artère basilaire.
- 24- Artère cérébelleuse supérieure.
- 25- Artère communicante postérieure.
- 28- Artères vertébrales superposées.
- 29- Artère carotide interne, partie extracrânienne. (Superposées)
- 30- Artère carotide interne, partie intrapétreuse. (Superposées)
- 31- Artère carotide interne, siphon carotidien (partie intracaverneuse) (Superposées).

IV- TOMODENSITOMETRIE (TDM) :

Mise au point par HOUNSFIELD (prix Nobel 1979), la tomодensitométrie ou scanographie, est devenue une méthode essentielle d'étude de l'encéphale. (24)

A- PRINCIPES DE LA (TDM) : (18, 55, 60)

La tomодensitométrie repose sur l'atténuation d'un faisceau de rayon X traversant les différents tissus du corps humain. Une certaine fraction du rayon X est donc absorbée par le patient.

L'image obtenue traduit alors les variations possibles de ce paramètre atténuation d'un point à l'autre de l'organe étudié.

En tout point du film, le noircissement est fonction de l'atténuation du faisceau X sur l'ensemble de son trajet.

❖ Mesure de l'atténuation et construction de l'image :

La scanographie permet de connaître la participation de chaque point du trajet ; du rayon X ; à l'atténuation globale.

Le faisceau de rayon X ayant nécessairement une épaisseur non nulle, la mesure porte non pas sur un point mais sur un volume élémentaire appelé « Voxel ».

Ce procédé fait appel à deux principes :

- ❶ L'étude du volume par coupes successives nécessitant la collimation du faisceau de rayon X.
- ❷ La détermination ; grâce au calcul par ordinateur ; du coefficient d'absorption de chacun des volumes élémentaires, mise en image grâce à une échelle de gris. (34)

La valeur du coefficient d'absorption des photons voxels est exprimée en unité Hounsfield.

Ainsi le principe de la TDM consiste à reproduire sur un écran la distribution spatiale de l'atténuation du faisceau de rayon X dans une coupe de l'organisme.

Une densité faible est représentée en noire et une densité forte en blanc.

B- LES TECHNIQUES DE LA TDM : (16)

1- Préparation du malade :

Elle s'articule en trois axes.

- L'information médicale : l'ordonnance médicale précisera la région à explorer et le motif clinique de la demande.
- Les autres examens complémentaires préalablement réalisés, sont indispensables à fournir pour la réalisation de l'étude TDM.

- Le bilan biologique, avant toute injection de produit de contraste, notamment la créatinémie.

La préparation comportera aussi :

- Une préparation générale et digestive, le patient doit être à jeun 4 à 6h avant l'examen TDM, dès lors que celui-ci comporte une injection iodée.
- La recherche d'antécédents allergiques et d'une contre-indication absolue ou relative à l'injection du produit de contraste.

2- Mise en place du patient :

Le malade est allongé confortablement sur un lit mobile.

La position d'installation pour l'étude de l'encéphale est le décubitus dorsal avec bras au long du corps.

L'équipe médico-technique explique au malade la nécessité d'une apnée lors des coupes pour obtenir une immobilité totale.

3- Incidence : (24)

a- Le plan de référence :

Pour l'étage sous tentoriel, c'est le plan sous-orbito-méatal, qui passe par le rebord orbitaire inférieur et la limite supérieure du conduit auditif externe. (37)

b- Les coupes axiales :

La présence de coudures entre le mésencéphale, la protubérance et le bulbe implique la détermination d'une orientation spécifique des coupes axiales à chaque étage du tronc cérébral. Elle nécessite une incidence perpendiculaire au clivus permettant l'étude axiale du mésencéphale, d'autre part des coupes inclinées à (-7°) sur la ligne de Chamberlain (joignant le bord postérieur du palais osseux au point le plus postérieur du trou occipital) pour l'étude axiale du rhombencéphale.

c- Les coupes coronales :

Elles permettent l'étude d'une région dans un plan orthogonal à celui des coupes axiales.

4- Paramètres : (16, 55)

a- Repérage radiographique ou scanogramme :

Appelé également, tomogramme, mode-radio, scout-view ou toposcan, c'est un cliché de repérage numérisé.

Le déplacement longitudinal du lit support patient pendant l'acquisition fournit une image numérisée analogue à une radiographie de face ou de profil de la région à examiner. Et ceci permet de choisir les limites de la zone à explorer et un repérage précis des coupes.

b- L'épaisseur des coupes :

La FCP sera explorée au mieux par des coupes de 2 à 4mm d'épaisseur associées à un algorithme de reconstruction propre à la fosse postérieure destiné à atténuer les artéfacts d'origine osseuses (3).

L'étude en coupes fines est donc particulièrement adaptée à la FCP est surtout au tronc cérébral.

c- Les temps de pause :

L'étude de la FCP peut être pratiquée avec des temps de 6 à 7 secondes et même si le sujet est calme.

La durée des coupes varie selon l'**acquisition** et la **reconstruction** :

- L'**acquisition** de multiples projections d'une coupe, ce dispositif jadis était très lent, puisque l'acquisition d'une coupe nécessitait entre 20 et 60 secondes. Cette durée a considérablement évolué d'une génération d'appareil à l'autre, elle se situe entre 1 et 2 secondes pour les appareils haut de gamme.
- **La reconstruction** d'une coupe à partir de projections, elle se fait par la résolution d'un système d'équations. Sa durée est en fonction de la puissance du calculateur ; mais elle est inférieure à 15 secondes.

d- Les champs :

En fonction des dimensions de l'organe étudié le champ peut être grand ou restreint.

e- Les matrices :

La zone explorée est divisée en images élémentaires « pixels » selon une matrice de reconstruction. Chaque pixel est défini par ses coordonnées sur la matrice. Plus les pixels sont nombreux ; plus l'image est fine.

f- Les filtres :

La méthode de filtrage actuellement adoptée sur tout les appareils utilise : la transformation de Fourier (TF) de l'image. L'image par transformation de Fourier contient la même information qu'une image normale, mais disposée de manière différente : les informations sur la forme grossière des structures observées se trouvent au centre de la TF, alors qu'en périphérie sont placées les informations sur les détails fins.

Les filtres les plus courants sont le filtre de densité et le filtre résolution.

5- Les pièges de la TDM :

Sous forme d'**artéfacts** et **limites de qualité**.

La résolution spatiale et la résolution en densité sont les deux principaux facteurs de qualité de l'image en tomодensitométrie. Ils connaissent plusieurs limitations :

a- La 1^{ère} limitation :

Constituée par le bruit quantique, phénomène aléatoire dont l'amplitude maximale est égale à la racine carrée de l'intensité du signal, ce phénomène affecte essentiellement la résolution en densité.

b- La 2^{ème} limitation :

Représentée par l'imprécision morphologique et l'effet de volume partiel qui constitue un artéfact.

c- La 3^{ème} limitation :

Tient à l'influence néfaste des mouvements dont le nombre et l'amplitude peuvent augmenter avec la durée de la mesure. La brièveté des temps de pause des appareils de 3^{ème} génération permet de minimiser les artéfacts de mouvement.

d- Artéfacts en rapport avec un mauvais réglage de l'appareil : (71).

- Anomalie d'alignement du tube et des détecteurs.
- Fluctuation dans l'émission des rayons X responsable d'un aspect moiré de la coupe.
- Artéfact d' « aliasing » en rapport avec un sous échantillonnage et constaté au niveau d'interface entre structures de densité très différente. (8, 71)
- Artéfact de cible, du à un mauvais réglage d'un ou de plusieurs détecteurs.

6- Les produits de contraste (PDC) : (20, 55, 61)

a- Les produits utilisés :

L'utilisation des agents de contraste revêt une place plus importante en scanographie.

Les produits utilisés sont les contrastes tri-iodés classiques, ioniques à forte osmolalité, contraste ionique à faible osmolalité, et les contrastes non ioniques à osmolalité intermédiaire.

Les produits iodés non ioniques dont le coût est plus élevé, sont conseillés chez certains patients à risque ; notamment en cas d' :

- Insuffisance cardiaque.
- Insuffisance hépatique.

- Insuffisance rénale.
- Diabète.
- Collagénose.

b- Injection intraveineuse de PDC :

Le recours à l'injection intraveineuse de PDC constitue actuellement l'artifice le plus fréquemment utilisé pour modifier l'aspect tomodensitométrique.

La base de l'utilisation du produit de contraste repose sur l'obtention de variation de densité plus nette, telle que les structures normales sont mieux définies et que la reconnaissance des anomalies est facilitée. (2, 37)

Ainsi on note que :

- L'os et le LCR restent inchangés.
- L'apparition d'une accentuation du contraste entre substance blanche et substance grise par augmentation de celle de la substance grise due à l'abondance vasculaire à ce niveau.
- Les vaisseaux et les structures dure-mériennes sont bien visibles.
- Les plexus choroïdes et l'épiphyse prennent le contraste.

On peut observer un certain nombre d'effets secondaires bénins :
impression de chaleur, nausées, vomissement.

▪ Technique :

- o L'injection en bolus à raison de 2cc/kg de produit hydrosoluble tri-iodé à 38% est la plus courante.
- o L'angio-scanner permet une analyse des variations rapides de densité due à la circulation du PDC dans le secteur vasculaire, des coupes itératives à cadence rapide dans les suites immédiates de l'injection ; sont nécessaires. (15)

▪ Indications :

o TDM avec injection :

- Bilant de céphalées.
- Bilant d'épilepsie.
- Bilant d'un déficit neurologique progressif présumé d'origine tumoral.
- Certaines formes d'ischémie.

o TDM sans injection :

- Bilant d'un traumatisme crânien récent.
- Bilant d'accident vasculaire ischémique étendu.
- Examen d'un patient de plus de 75ans.
- Bilant d'une hémorragie cérébrale.

c- L'injection intrathécale de PDC :

La **cisterno-scanographie au contrastes non ioniques** : permet d'avoir une augmentation considérable du contraste entre le parenchyme cérébral et le LCR, ainsi elle visualise les espaces sous-arachnoïdiens et le système ventriculaire :

- Technique : elle est réalisée après injection lombaire de 5 à 10ml de produits de contraste à faible concentration (200mgI/ml), les coupes sont réalisées immédiatement après, et parfois 12 à 24h après l'injection lorsqu'il s'agit d'étudier un kyste.
- Indications : sont peu fréquentes actuellement du fait des possibilités offertes par l'IRM, et se limitent principalement à la recherche de fistules de LCR et à l'étude des communications des formations kystiques.

d- Les contre-indications des contrastes iodés : (16)

Contre-indications absolues : allergie à l'iode.

- Contre-indications relatives : diabète, déshydratation, insuffisance cardiaque, insuffisance rénale, myélome multiple, pathologie rénale tel que : la polykystose.

e- Complications :

- Les accidents généraux :
 - Les accidents cutanés ou muqueux.
 - Urticaire cutanée qui s'étendra.
 - Rash cutané immédiat.
 - Rhinite et conjonctivite.
 - Et même œdème de quincke.
 - Accidents généraux bénin : Lipothymie.
 - Accidents cardio-vasculaires : Douleur angineuse, collapsus cardio-vasculaire et arrêt circulatoire.
 - Accidents respiratoires : Simple gêne respiratoire, crise d'asthme, bronchospasme, ou œdème pulmonaire.
 - Accidents rénaux : Oligurie ou anurie.
- Les accidents locaux : A type d'érythème local ou de veinite.
- La prévention :
 - Il est nécessaire de pratiquer avant tout examen TDM avec injection d'un produit de contraste iodé : un interrogatoire rigoureux à la recherche d'antécédents allergiques antérieur lors d'injection de produit de contraste, et l'existence de maladies cardio-vasculaire, rénale ou métabolique.

C- TECHNIQUES PARTICULIERES :

1- La reconstruction tridimensionnelle :

C'est une méthode perfectionnée de représentation de structures anatomiques complexes selon toutes les directions de l'espace. Sa fiabilité et sa facilité s'avèrent bien supérieures aux reconstructions mentales qu'imposent les représentations planes.

Ce procédé nécessite un protocole d'acquisition particulier. La zone d'intérêt est explorée en coupes fines (1 à 2 mm). Pour une meilleure représentation spatiale, des coupes de part et d'autre de la zone d'intérêt seront pratiquées de 4 à 5 mm d'épaisseur. Bien sur, cette technique nécessite une immobilité parfaite de la tête, donc une sédation satisfaisante, notamment chez l'enfant. Une bonne représentation des structures osseuses sera obtenue avec un faible ampérage. Au contraire, la représentation des parties molles nécessite un ampérage plus élevé. Selon les examens, le nombre des coupes pratiquées sera de 30 à 90.

L'algorithme 3D analyse chacune des données image colonne par colonne. L'opérateur choisit le niveau d'atténuation qui représente la séparation entre les structures osseuses et les parties molles (ou l'air et les parties molles). Chaque transition os-parties molles, d'un pixel à un pixel voisin, est transformée par le programme en signal. L'absence de signal traduit l'absence de transition. La somme de toutes les colonnes de chaque coupe est donc la représentation volumétrique de la surface osseuse (ou de l'interface sélectionnée). L'échelle de gris est utilisée

pour créer l'impression visuelle du relief. Selon les cas l'algorithme de reconstruction 3D crée l'effet visuel de volume par un effet d'ombre qui dépend, pour un point de vue donné, soit de l'angle d'éclairage, soit des courbes de relief du volume, soit, sur certaines machines, d'une combinaison des deux pour obtenir la meilleure représentation. La visualisation pourra être obtenue selon toutes les directions de l'espace (vue antérieure, postérieure, latérale, oblique...).

2- L'angioscanner hélicoïdal :

❖ Principe :

La rotation conventionnelle qui équipait jusqu'ici la plupart des appareils scanographiques était basée sur des mouvements alternatifs du tube et un repositionnement de celui-ci entre chaque coupe. L'acquisition des images était dite séquentielle car le déplacement de la table s'effectuait uniquement entre chaque coupe. La rotation continue constitue une avancée technologique importante : l'ensemble tube-détecteur tourne à vitesse constante autour du patient et selon un même sens. Si cette rotation continue du tube s'associe à un déplacement simultané de la table d'examen, l'acquisition est dite hélicoïdale. Cette technique est particulièrement performante pour l'exploration vasculaire et utilise une quantité relativement faible de produit de contraste. En revanche, la rotation continue va entraîner un échauffement important du tube pouvant limiter la durée de l'acquisition et la hauteur de

l'exploration. Des progrès récents ont été réalisés concernant les capacités thermiques et d'évacuation de la chaleur de l'anode, ainsi que sur la qualité des détecteurs, ce qui permet d'obtenir des images de qualité sur une plus grande hauteur.

❖ Technique d'examen :

L'angioscanner hélicoïdal se déroule en plusieurs étapes. Le patient est installé sur la table en décubitus dorsal après la mise en place d'un abord veineux antécubital. Un cliché digitalisé de profile permet de sélectionner le volume à explorer. Des coupes séquentielles sans injection peuvent être réalisées afin de repérer les niveaux de bifurcation et évaluer l'importance des calcifications vasculaires. En effet la présence de calcifications pariétales volumineuses nécessite, après injection, un filtre de reconstruction adapté pour analyse optimale de la lumière vasculaire. Un balayage spiralé avec injection de produit de contraste iodé est ensuite programmé. Le patient doit être parfaitement immobile pendant toute la durée de l'examen en gardant une respiration douce et en évitant tout mouvement de déglutition. L'épaisseur de coupe est habituellement de 2 à 3 mm. La vitesse de déplacement de la table peut varier de 2 à 4 mm/s selon la hauteur à explorer. L'injection doit être suffisamment longue pour obtenir un rehaussement vasculaire homogène, intense, en plateau, pendant toute la durée de l'acquisition. L'utilisation d'un produit de contraste non ionique à forte concentration en iode permet d'obtenir un très bon contraste vasculaire, une bonne tolérance et un faible risque de toxicité locale en cas d'extravasation.

❖ Traitement de l'image :

Trois modes de reconstruction sont utilisés en routine. Me plus souvent de façon différée, sur une console de traitement indépendante :

- Bidimensionnelle (2D) multiplanaire.
- 3D surfacique.
- MIP (maximum intensity projection).

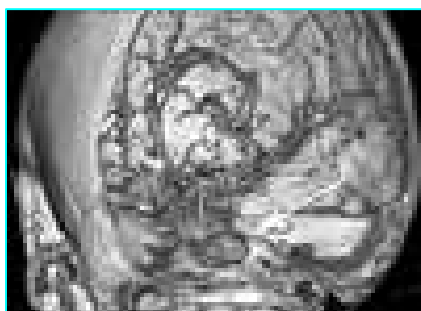
Un quatrième type de reconstruction, d'apparition plus récente, semble très prometteur pour l'étude des lésions vasculaires calcifiées. Il s'agit des reconstructions 3D volumiques permettant d'obtenir une imagerie par transparence.

Tableau I : Avantages et inconvénients des différents types de la reconstruction tridimensionnelle.

Reconstructions	Avantages	Limites
2D multiplanaire	Simple, rapide Visualisation simultanée de la lumière vasculaire et des structures adjacentes	Vaisseau tortueux Degré de sténose parfois majeure Expérience de l'opérateur
3D surfacique	Impression de relief Information spatiale Visualisation selon l'angle de son choix	Choix difficile de la valeur seuil Pas d'information en densité
Projection MIP*	Projection de type angiographique Information en densité	Calcification volumineuse Pas d'information spatiale
3D volumique	Sélection des voxels de l'image Contours précis de la lumière vasculaire Etude en transparence (calcification)	Informatique puissante Temps de traitement Expérience de l'opérateur

❖ Indications :

Grâce à une sensibilité et une spécificité élevée, respectivement de 97 et 100%, l'angioscanner permet, avec beaucoup de fiabilité, de poser le diagnostic **d'anévrisme intracrânien**. Le 3D MIP est la méthode de choix, malgré l'inconvénient de ne pouvoir montrer les rapports entre la malformation et les structures avoisinantes.



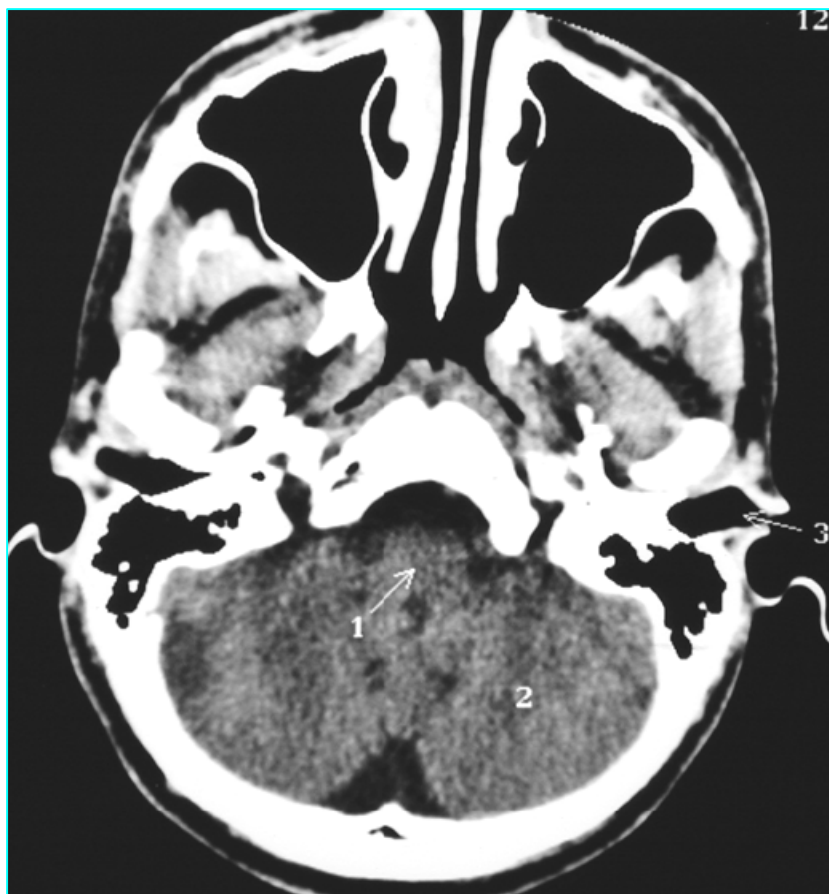
Angioscanner cérébral montrant un anévrysme
du tronc basilaire (flèche blanche).

L'angioscanner permet également le diagnostic des **sténoses chirurgicales** de la carotide interne, avec d'excellente sensibilité et spécificité. Ses avantages principaux étant : l'acquisition rapide, l'absence d'artéfact de flux et la possibilité de visualisation de la paroi avec résolution spatiale excellente. Ce qui permet d'observer par exemple les ulcérations de plaque.

On peut également faire appel à l'angioscanner pour démontrer la présence de **thromboses veineuses cérébrale**.

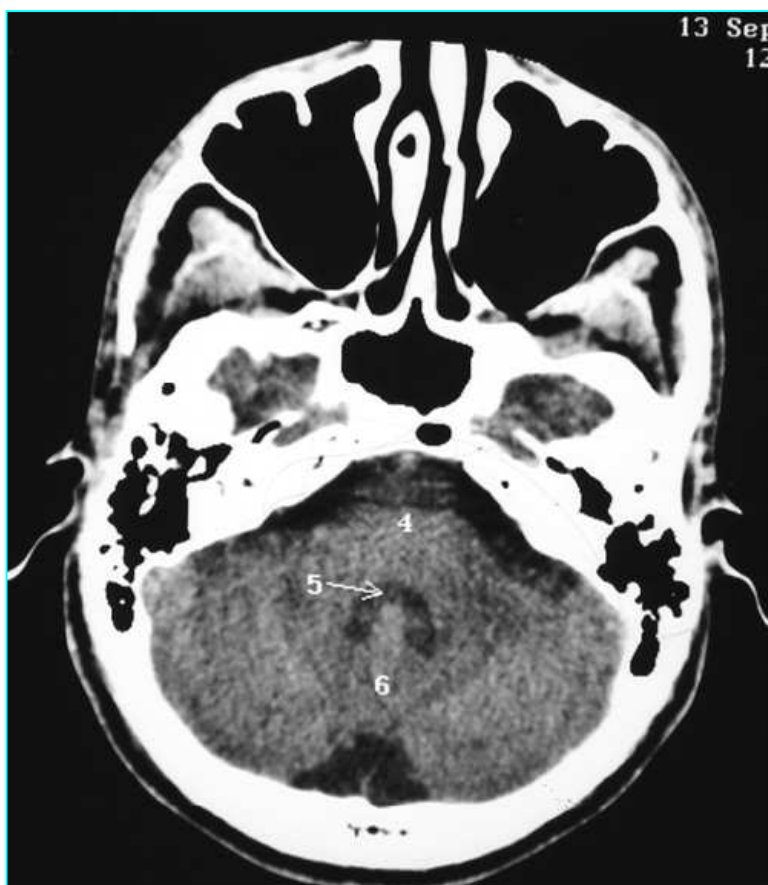
**D- COUPES TOMODENSITOMETRIQUES SANS
INJECTION :**

Coupe axiale N°1



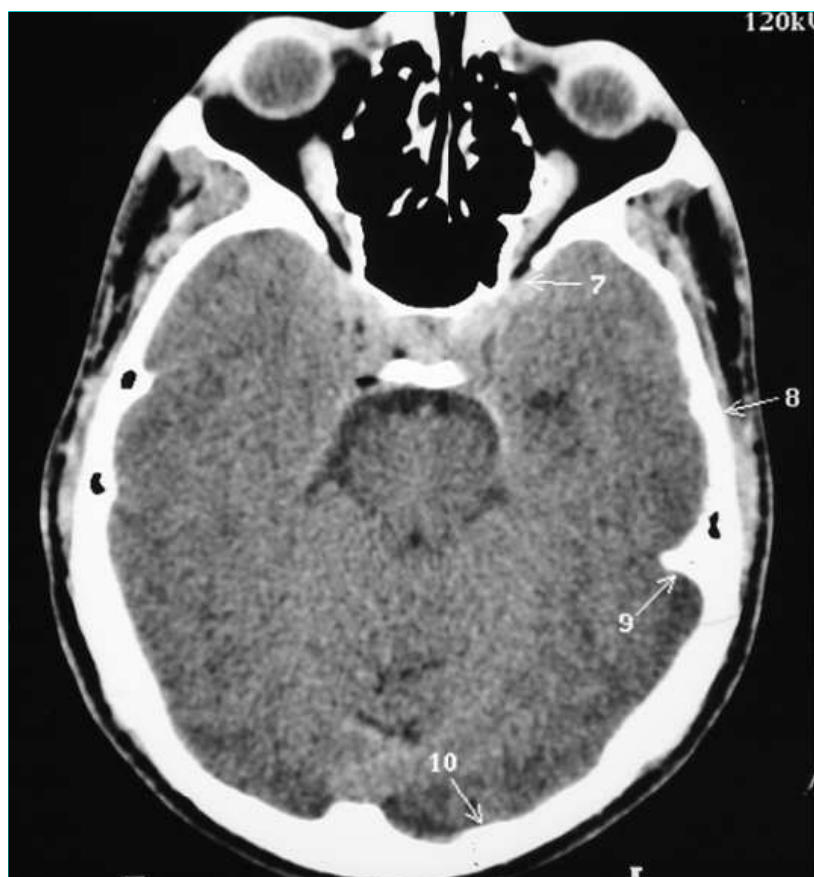
1. Le bulbe.
2. Le cervelet.
3. Le conduit auditif externe.

Coupe axiale N°2



- 4. Protubérance
- 5. 4^{ème} ventricule
- 6. Vermis

Coupe axiale N°3



9. Rocher.

10. Ecaille occipitale.

Coupe axiale N°4



- 12. **Lame quadrilatère.**
- 14. **Pédoncules cérébraux (mésencéphale).**
- 15. **Aqueduc de Sylvius.**
- 16. **Lame tectale (tubercules quadrijumeaux).**

**E- COUPE TOMODENSITOMETRIQUE AVEC
INJECTION :**

Coupe axiale N°1



35. Sinus latéral.

Coupe axiale N°2



36. Confluent veineux (torcular).

38. Artère basilaire.

Coupe axiale N°3



41. Artère cérébrale postérieure.

42. Tente du cervelet.

Coupe axiale N°4



43. Veine cérébrale interne.

44. Veine basale.

45. Sinus droit.

46. Sinus sagittal supérieur.

ANGIOGRAPHIE

C'est à Egars Moniz, dès 1927, que l'on doit l'invention de l'artériographie cérébrale (encéphalographie artérielle).

Depuis, d'immense progrès techniques, ont vu le jour.

Du fait de l'apparition de la tomодensitométrie et surtout de l'imagerie par résonance magnétique, l'analyse de l'artériographie cérébrale s'est profondément modifiée. (14, 28)

I- ARTERIOGRAMME :

A- ARTERE VERTEBRALE :

Elle quitte le canal transversaire au niveau de l'axis pour contourner la masse latérale de C1 et pénétrer dans la FCP par le trou occipital.

Au passage de la dure-mère, elle diminue fréquemment de volume. Elle rejoint la face antérieure du bulbe et s'unit à son homologue pour donner naissance au tronc basilaire.

- **De profil**, l'artère vertébrale est oblique en haut et en avant et rejoint la lame basilaire de l'occipital.
- **De face**, elle s'étudie en incidence de Worm. Elle présente un trajet oblique en haut et en dedans. Sa terminaison se fait sur la ligne médiane par réunion avec son homologue du côté opposé.

Ses branches collatérales sont :

- ❖ Les artères cérébelleuses postéro inférieures : sont les principales branches de l'artère vertébrale. Elles se divisent en branches lobaires et vermiennes.
 - **De face**, l'artère cérébelleuse inférieure décrit une boucle de topographie variable selon son niveau d'origine puis monte verticalement et se divise en deux branches : une branche lobaire et une branche vermienne.
 - **De profil**, son trajet est complexe, elle décrit une boucle en S caractéristique, comportant plusieurs segments. Dans certains cas, l'artère cérébelleuse inférieure peut être unilatérale et se divise en deux branches vermiennes droite et gauche.
- ❖ L'artère méningée postérieure : première branche intra-cisternale, elle irrigue la dure-mère de la fosse postérieure, et s'anastomose aux autres artères méningées postérieures.
 - De profil, elle naît au dessus de l'arc postérieur de C1 et se dirige obliquement en haut et en arrière le long de la face endocrânienne de l'écaille de l'occipital ; jusqu'au torcular.
 - De face, elle apparaît successivement sinueuse, puis rectiligne près de la ligne médiane.
- ❖ L'artère spinale antérieure : est branche distale :
 - De profil, elle est bien visible en arrière de la vertébrale et du mur postérieur des corps vertébraux.

- De face, elle apparaît oblique en bas et en dedans, jusqu'à la ligne médiane où elle s'unit à son homologue.

B- LE TRONC BASILAIRE :

Dispositif unique dans l'organisme, il est formé par la réunion des deux artères vertébrales, le plus souvent en regard du bord inférieur de la protubérance.

Il se termine en regard des apophyses clinoides postérieures et donne deux branches terminales : les artères cérébrales postérieures.

Il donne de nombreuses branches collatérales, certaines invisibles en angiographie (les vaisseaux perforants destinés essentiellement à la protubérance). Et d'autre d'un intérêt angiographique majeur :

- L'artère communicante postérieure.
- L'artère thalamo-perforée inférieure.
- Les artères cérébelleuses moyennes.
- Les artères cérébelleuses supérieures.

II- PHLEBOGRAMME SOUS- TENTORIEL :

Il est étudié au temps veineux de l'angiographie vertébrale. Certaines veines offre un grand intérêt en fournissant des repères précis.

A la suite des travaux de Huang et Wolf, on distinguent trois groupes principaux :

- ❶- Un groupe supérieur : se drainant vers les veines de Galien.
- ❷- Un groupe antérieur se drainant vers les sinus pétreux.
- ❸- Un groupe postérieur se drainant dans le pressoir d'Hérophile, le sinus droit ou les sinus latéraux.

III- ANGIOGRAPHIE NUMERISEE :

A- PRINCIPES THEORIQUES :

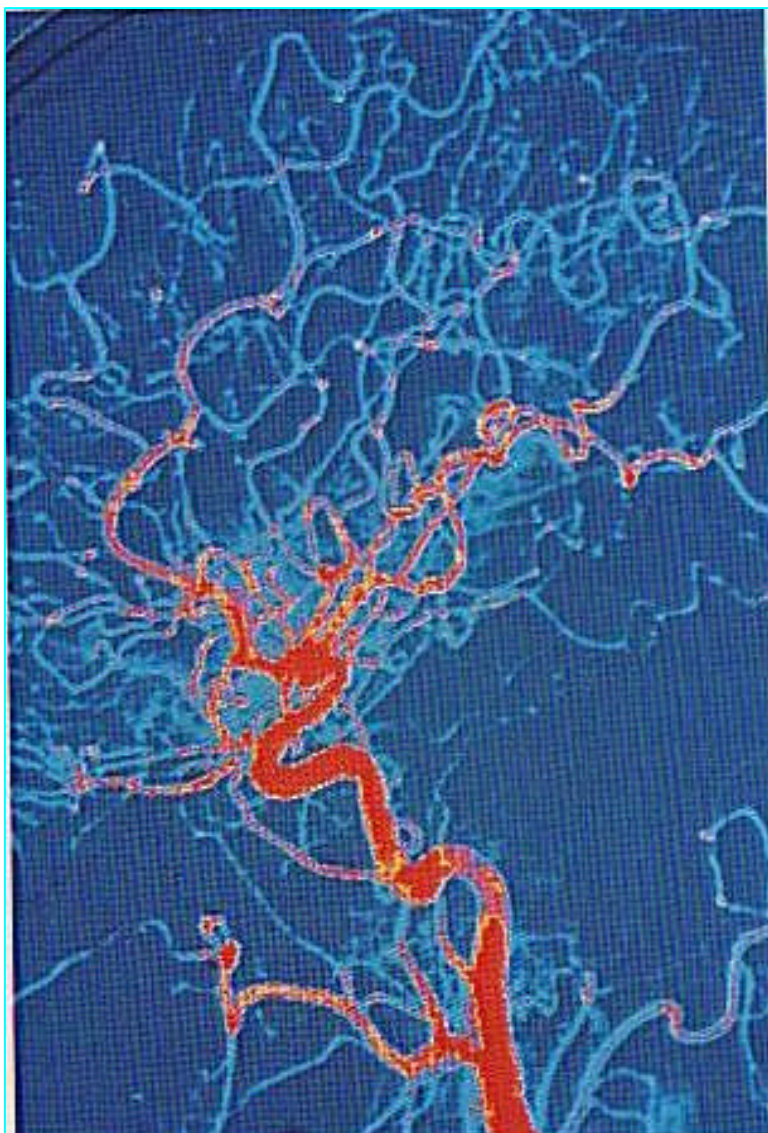
Notamment liés à la ponction artérielle, par rapport à l'artériographie classique.

- Irradiation faible. Une caméra vidéo transforme le signal lumineux fourni par l'amplificateur de luminance en un signal analogique qu'un convertisseur analogique digital transforme en signal numérique. Comme en tomодensitométrie, la tonalité de gris de chaque élément de l'image (pixel) est codée sur 8 bits (valeur de 1 à 256). Après stockage, l'image numérique obtenue peut être traitée.

Les principaux modes de traitement de l'image sont :

- La soustraction : le but de cette fonction est d'effacer de l'image les structures gênantes pour ne conserver que les éléments d'intérêt, en l'occurrence en angiographie les vaisseaux opacifiés.

- Le fenêtrage : parmi les 256 niveaux de gris de chaque pixel, seul certains sont intéressants : ceux qui représentent une opacification vasculaire. Il est possible d'effacer les pixels dont les valeurs ne correspondent pas à une opacification vasculaire, puis d'étaler le contraste dans la fenêtre des seules valeurs intéressantes, selon le même principe qu'en scanographie.



Angiographie digitalisée

B- AVANTAGES DE LA NUMERISATION :

Les avantages des installations numérisées apparaissent notables :

- Diminution très importante des risques techniques
- La soustraction est immédiate et ne nécessite aucun traitement de l'image
- L'impression du support sensible (film) est limitée aux seules acquisitions utiles, ce qui est générateur d'économie notable.
- La concentration du produit de contraste peut être notablement diminuée (30 % environ).

C- INDICATIONS :

L'angiographie numérisée permet de mettre en évidence : -une obstruction vasculaire et sa localisation, son type, ses caractères et ses suppléances.

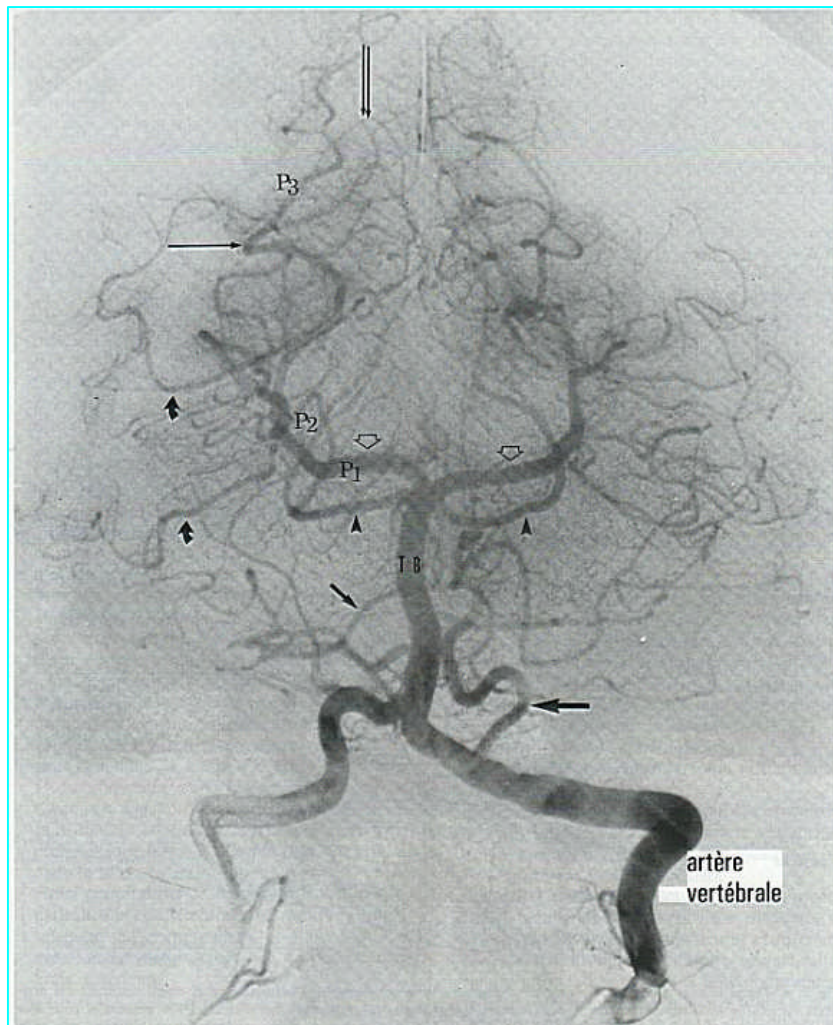
- Un ralentissement circulatoire localisé. Donc cet examen est utile pour explorer :
 - L'ischémie cérébrale.
 - Les hémorragies cérébrales.
 - Les néovascularisations tumorales.
 - Les phlébites cérébrales.
 - Les angiomes et les fistules artérioveineuses de la dure-mère crânienne.

D- CONTRE-INDICATION :

Relative : allergie à l'iode (prémédication, corticoïdes).

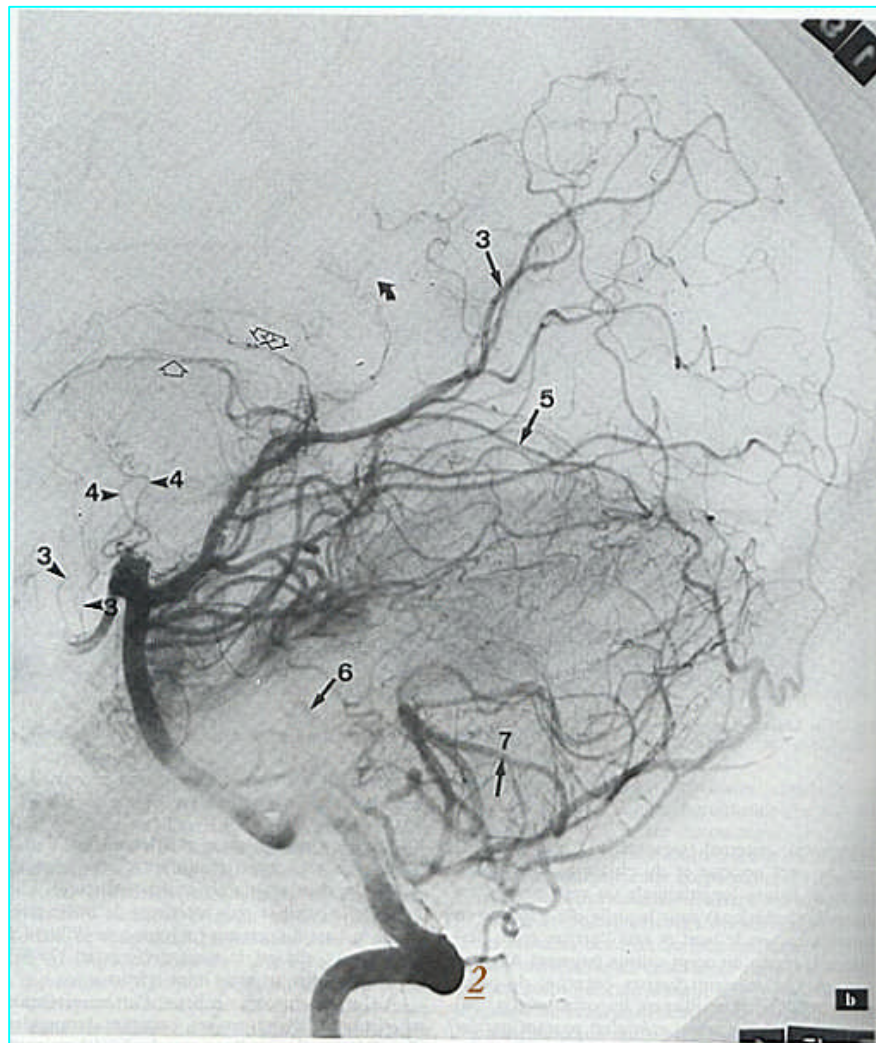
A relativement court terme, les progrès de l'informatique devraient permettre la disparition de l'angiographie conventionnelle, et à plus long terme, l'utilisation de la numérisation pour toutes les explorations radiologiques, un des avantages important étant la diminution de l'irradiation.

Angiographie vertébrale de face : temps artériel. (12)



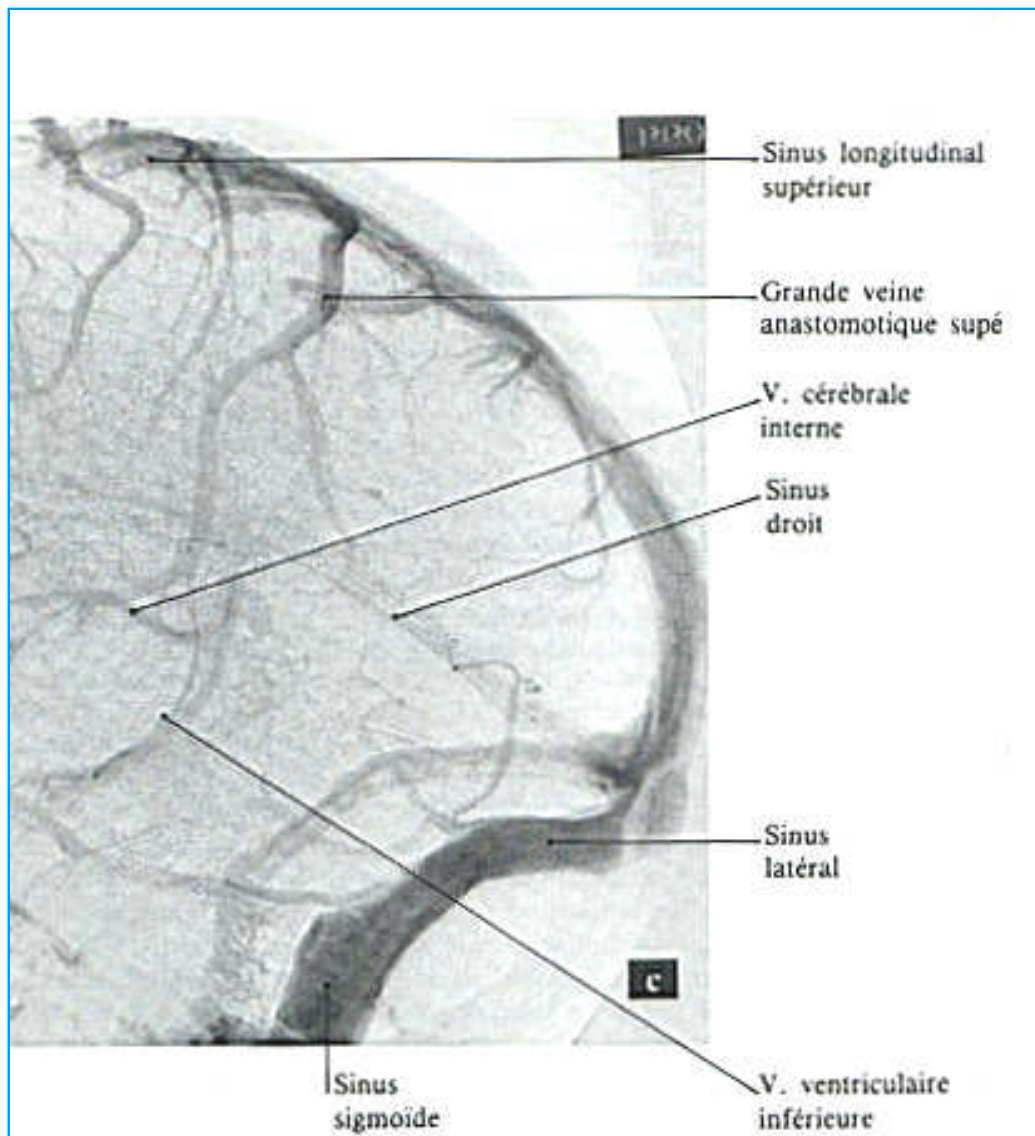
Artériographie vertébrale de face : la circulation vertébro-basilaire. De l'artère vertébrale se détache l'artère cérébelleuse postéro-inférieure (*grosse flèche*). Du tronc basilaire (TB) naissent les artères cérébelleuses antéro-inférieures (*flèche moyenne*) et cérébelleuses supérieures (pointe de flèche) avant que celui-ci ne se termine en artères cérébrales postérieures (*flèche creuse*). Ces dernières abandonnent des artères sous-temporales (*flèches courbes*), pariéto-occipitales (*flèche longue*) et l'artère calcarine (*double flèche longue*).

Artériographie vertébrale de profil : Temps artériel. (12)



- 2. Artère vertébrale.
- 3. Artère cérébrale postérieure.
- 3,4. Artères thalamo-perforantes.
- 5. Artère cérébelleuse supérieure.
- 6. Artère cérébelleuse antéro-inférieure.
- 7. Artère cérébelleuse postéro inférieure.

Angiographie cérébrale : temps de retour veineux
de la fosse postérieure. (12)



CONCLUSION

Nos connaissances sur l'anatomie descriptive et physiologique du système nerveux central, et en particulier la fosse cérébrale postérieure se sont élargies grâce au progrès de la recherche médicale.

Une bonne partie de ces progrès a été réalisée grâce à une maîtrise de l'embryologie humaine. Parallèlement l'imagerie médicale s'est enrichie par l'avènement de nouvelles techniques radiologiques : tomодensitométrie et résonance magnétique nucléaire ont révolutionné le protocole des explorations neuroradiologiques. Ils ont permis une étude précise des éléments anatomiques de la fosse cérébrale postérieure, et en particulier le tronc cérébral. Le pouvoir de résolution élevé de ces examens, et la possibilité de réaliser des coupes fines, multidirectionnelles, a permis de raffiner nos connaissances sur la radio anatomie normale du système nerveux central et de la fosse cérébrale postérieure en particulier.

Ainsi devant une situation pathologique, ce bilan neuroradiologique, permet une approche de la topographie et de l'étiologie des lésions pathologiques, et une vérification de la concordance radio anatomique.

RESUMES

RESUME

Le médecin radiologue, grâce aux explorations neuroradiologiques, offre au neurochirurgien la possibilité de redécouvrir l'anatomie sous un jour nouveau, et au patient le bénéfice d'examen non invasif dont-il apprécie le confort.

De cette relation étroite, entre ces deux spécialités, on a réalisé ce travail dont le but est de souligner l'intérêt capital d'une bonne connaissance anatomique et embryologique de la fosse cérébrale postérieure, pour une bonne exploitation des données de l'imagerie d'une part et d'essayer de faire des corrélations anatomo-radiologiques d'autre part. Une telle réflexion a été réalisée dans ce travail, au niveau du service de neurochirurgie du CH Ibn Tofail de Marrakech.

Après un rappel embryologique, une étude anatomique descriptive a été exposée, le volet radiologique traite essentiellement l'apport de la tomодensitométrie et l'imagerie par résonance magnétique nucléaire dans la radio anatomie normale de la fosse cérébrale, en permettant de mieux définir la topographie de la lésion ; notamment au niveau du tronc cérébral ; pour mieux codifier les indications chirurgicales et proposer une meilleure stratégie thérapeutique. Une iconographie a été choisie le long de ce travail afin de faciliter la compréhension des différents chapitres.

SUMMARY

Based on neuroradigical exploration, the radiologist helps the neurosurgeon to rediscover the new characteristics of the anatomy, and permits to the patients to profit on the non invasive examinations that will be comfortable for him.

From this narrow relation ship between these specialities, we achieved this study in which we tried to notice the major importance of a good anatomic and embryologic knowledge of the posterior cerebral fossa in order to realize a good exploration of the imagery data, on the one hand, and to try to make anatomoradiologic correlations on the other hand.

Such reflection has been also achieved in this study and has been based an narrow collaboration of the surgery deparment in UHC Ibn Tofail in Marrakech.

After an embryologic recalling a descriptive anatomic study has been done. About the radiology, we study particularty the contribution of the scanner and the imagery by nuclear magnetic resonance in the normal radioanatomy of the posterior cerebral fossa, this permits to define better the tpography of the lesion and particularty about the cerebral trunk in order to codify better the surgical incidences and to propose the best therapeutic strategy. An iconography has been chosen during this study in order to permit the easy understanding of the various chapters.

BIBLIOGRAPHIE

1- ANOKHIN PK.

Systemogenesis as a general regulator of brain development.

Progress in brain research, Elsevier, Amsterdam, 1964 ; Vol 9, pp : 54-86.

2- AL WILLIAMS., HAUGHTON VM.

Cranial computed tomography. A comprehensive text : scanning techniques.

Saint Louis, the CV Mosby Company, 1985 : 1-11.

3- AL WILLIAMS., VM HAUGHTON., DANIEL DL.

Cranial computed tomography. A comprehensive text : the posterior fossa.

Saint Louis, the CV Mosby Company, 1985 : 350-443.

4- AUROUX M., HAEGEL P.

Embryologie 3.

Masson et Cie, Edition Paris, 1974.

5- BOUCHET A., CUILLERET J.

Anatomie topographique, descriptive et fonctionnelle. Le système nerveux central.

Edition : Simep 1988.

6- BOSSY J.

Anatomie : schéma de travail pratique et d'enseignement dirigé-
neuroanatomie : ontogenèse et maturation du système nerveux.

Gazetta sanitaria, 1972 ; 43 : 129-152.

7- BRIZON J.

Feuillet d'anatomie-ostéologie de la tête.

**8- BROOKS RA., GLOVER GH., TALBERT AJ.,
AL ALIASING.**

A source of streaks in computed tomography.

J Comput Assist Tomography, 1979 ; 3 : 511-518.

9- CABROL C.

Atlas de poche : anatomie - 3 - système nerveux.

Edition : Paris Flammarion Medecine-Science 2003.

**10- MARSAULT., C-DELMAIRE., G-SOTO ARES.,
J-P PRUVO., J-P FRANCKE.**

Etude radioanatomique du cervelet.

*Feuillet de Radiologie, 2002 ; 42(5) : 423-428. Edition. Masson
Paris 2002.*

11- CHEVREIL JP., BOSSY J., GUERIN J.

Anatomie clinique 4, neuro-anatomie : tronc cérébral et origine des nerfs crâniens.

Edition : Springer-Verlag 1990 ; p : 127-147.

12- CHEVREIL JP., RODESCH G., LASJAUNIAS P.

Anatomie clinique 4, neuro-anatomie : vascularisation du névraxe.

Edit : Springer Verlag, 1990 ; p : 336-354.

13- CHEVREIL JP., GUERIN J.

Anatomie clinique 4, neuro-anatomie : cervelet.

Edit : Springer Verlag., 1990 ; p : 159-173.

**14- CHIRAS J., CHOIGNAC DC., WEILL A.,
SOLA MARTINEL MT.**

Angiographie cérébrale normale-édition technique.

EMC (Paris France), Neurologie, 17-032-D-10, 1994 ; 19 p.

15- COHEN WA., PINTO RS., KRICHEFF II.

The value of dynamic scanning.

Radiol Clin North Am, 1982 ; 20 : 23-26.

16- BUTHIAU D.

Réalisation des examens TDM-IRM. TDM et IRM clinique.

Edition : Frison-Roche, Paris 1992 ; p : 41-46.

17- BUTHIAU D., BRIAN Y.

TDM et IRM cliniques : indications et sémiologie de la tomodensitométrie et de l'imagerie par résonance magnétique : Produits de contraste en IRM.

Edit : Frison-Roche, Paris 1991.

18- D. BUTHIAU., I IDY-PERETTI., J. BITTOUN.

TDM et IRM clinique : Principe de base de la TDM et de l'IRM.

Edit : Frison-Roche, Paris 1992 ; p : 29-29.

19- D. BUTHIAU., J.B. KNEELAND.

TDM et IRM cliniques : instrumentation et flux en IRM.

Edit : Frison-Roche, Paris 1992 ; p : 47-51.

20- D. BUTHIAU, JL. DIETEMANN.

TDM et IRM cliniques : Les produits de contraste en TDM et IRM crânio-cérébrale et rachidiennes.

Edit : Frison-Roche, Paris 1992 ; p : 61-64.

21- D DOYON., PH. HALIM et coll.

Abrégé de tomodensitométrie.

22- DEMAEREL P., LAGAE L., CASAER P., BAERT AL.

MR of cerebellar cortical dysplasia.

AJNR 1998 ; 19 : 984-6.

**23- D-LE BIHAN. (Drs: JEZZARD., TURNER., NIH.,
BETHESDA MARYLAND).**

L'IRM cérébral fonctionnelle : principales applications et limites.

*Journal of Neuroradiology, 1996 ; 23(1). Edition. Masson Paris
1996.*

24- DOYON D.

Cahiers de radiologie : le crâne.

Edition Masson, Paris 1981.

25- DOYON., GLON Y., IDIR ABC.

Cahiers de radiologie.

2^{ème} Edition Masson 1992.

**26- F BENOUDIBA., C. IFFENECKER., F FUERXER.,
J HUANG., M HADJ-RABIA., JP FRANCKE., D DOYON.**

Etude des nerfs crâniens en IRM en coupes infra-millimétriques T2.
1998.

27- FITZ GERALD., JEAN FOLAM CURRA.

Neuro-anatomie clinique et neuroscience connex.

Edition : Paris 2003.

28- F LE BRAS., P. SOLVET., A. GASTON.

Angiographie cérébrale normale. Atlas d'imagerie régionale normale.

Edition : Paris 2004.

29- FUSCO., DEARMANOND., DEWEY.

Atlas du cerveau humain.

Edition : Paris Vigot Montérial, 1993.

30- GARDNER E., DJ GRAY., R O'RAHILLY.

Anatomie : système nerveux.

Edition DOIN, Paris 1979.

31- G GUIILAME.

Technique - IRM- vasculaire.

Feuillet de Radiologie, 2003 ; 43(5) : 427-447. Masson Paris 2003.

32- HANNAWAY., WOOLSEY., GADO., ROBERT.

Atlas du cerveau humain.

Edition : Bruxelles Paris de Boeck Université. S.A 2001.

33- HOULON C.

Embryologie.

Herman collection Paris, pp : 118-120.

34- HOUNSFIELD GN.

Computerised transverse axial scanning (tomography).

Part 1 : description of system.

Br. J. Radiol., 1973 ; 46 : 1016-1022.

**35- I BERRY., E CASSOL., JA LOTTERIE., F ROUX.,
I CATALAA, C MANTELLE.**

Nouvelles techniques IRM du parenchyme cérébral.

EMC Neurologie, Paris 2003 ; 17 - 035 - A - 25.

36- JM CHEVALIER., ELIZABETH VITTE.

Anatomie : neuro-anatomie.

Flamrion, Paris 1998.

37- JM CAILLE., G SALAMON., KENDAL BE., MOSELEY IV.

Computerised tomography : practical management of computed tomography.

Berlin, Springer-Verleg, 1980 ; 121-126.

- 38- J BOSSY., G BASTIDE., G GODLEWS KI., J GUERIN.,
P LASJAUNIAS., D LEFEBRE., J ROLOND., J SALAMA.,
F MULLER., R SAMBUC.**

Anatomie clinique.

Springer-verlag, Paris 1990.

- 39- JP MONNIER.**

Abrégé de radiologie.

Edit : Masson 1990.

- 40- J ROLOND.**

Anatomie et imagerie : une affaire de rapport.

Journal de Radiologie, 2002 ; 83(1). Masson 2002.

- 41- J VIGNAUD., A BOULIN.**

TDM crânio-encéphalique : anatomie.

Edition : Vigot, Paris 1988.

- 42- J VIGNAUD., A BOULIN., KORACH G.**

Tomodensitométrie crânio-encéphalique : les techniques.

Vigot, Paris 1987 : 11-20.

- 43- KAHLE W.**

Anatomie 3. Système nerveux.

Edition française Flammarion. Paris 1988.

44- KAMINA. PIERRE.

Précis d'anatomie clinique Tom 2 (tête osseuse, appareil temporo-mandibulaire).

Edition : Paris Maloine, 2004.

45- LAHLAIDI A., EL AYOUBI S.

Développement du système nerveux central.

Organes des sens. Tête, Cou ; Tome 4.

46- LAURENT JL., BERAUD J.CH.

Embryologie.

EMC. (Paris France), OBS, 5001, A-50.

47- LAZORTES.

Le système nerveux central. Description-systématisation-exploration.

3^{ème} Edition, Masson, Paris 1983.

48- LE BRAS F., GASTON A., MARSAULT C.

Anatomie descriptive et topographique. Imagerie du système nerveux- l'encéphale.

Flammarion médecine-science 1986.

**49- LEVITT JG., BLANTON R., CAPETILLO-CUNLIFFE L.,
GUTHRIE D., TOGA A., CRACKEN JT.**

Cerebellar vermis lobules VIII-X in autism.

Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry, 1999 ; 23 : 625-33.

50- LEVY JB.

Anatomie descriptive du système nerveux central.

Edition 1982.

**51- L HERTZ PANNIER., S LEHERICY., YS CORDOLIANI.,
C. MARSAULT., F. BRUNELLE.**

IRM Fonctionnelle cérébrale.

Journal de Radiologie. 2000 ; 81(6) : 717-730. Masson Paris 2000.

52- LONGMAN J.

Embryologie médicale.

2^{ème} Edition Masson et Cie, 1971 ; pp : 317-333.

53- MAILLOT C.

Encéphale et moelle épinière.

Edition: Springer - Verlag, France 2002.

**54- MANES F., PIVEN J., VRANCIC D., NANCLARES V.,
PLEBST C., STARKSTEIN SE.**

An MRI study of the corpus callosum and cerebellum in mentally retarded autistic individuals.

J Neuropsychiatry Clin Neurosci 1999 ; 11 : 470-4.

55- MARSAULT TC.

Imagerie du système nerveux : l'encéphale.

Édition : Flammarion Médecine -Science 1991

56- MEUNIER.

Embryologie et biologie du développement.

Edition : Marketing S-A 1997.

**57- M HAMON., O COSKUM., P COURTHEOUX., J THERON.,
X LECLERC.**

IRM de diffusion du système nerveux central : applications cliniques.

Avril 2000 ; 86(4) : 369-385.

58- NEISS AC., LE MIGNON MN., VITRY A., CAILL JM.

Efficacité et tolérance du DOTA-Gd, lors d'une enquête multicentrique européenne.

Re. Im. Méd. 1991 ; 3 : 383-387.

59- RICHELME H., GRELLIER P.

Les os du crâne.

Faculté de médecine de NICE. Edition Paris 1972.

60- ROBERT A., ZIMMRMAN., WENDELL A., GIBBY.

Neuro-imaging : clinical and physical principes : X ray computed tomography.

Edition : Springer-Verlag, 2000.

61- ROBERT A., ZIMMERMAN., WENDELL A., GIBBY.

Neuro-imaging: clinicals and physicals Principes: computed tomography: clinical applications and contrasts agents.

Edit : spriger-verlag, 2000.

62- ROBERT A., ZIMMERMAN., WENDELL A., GIBBY.

Neuro-imaging: clinicals and physicals principes : nuclear magnetic resonance (NMR) principes.

Edit : spriger-verlag 2000.

63- ROBERT A., ZIMMERMAN., WENDELL A., GIBBY.

Neuro-imaging : clinicals and physicals principes : magnetic resonance imaging : basic puls sequences.

Edit : spriger-verlag, 2000.

64- ROBERT A., ZIMMERMAN., WENDELL A., GIBBY.

Neuro-imaging: clinicals and physicals principes: magnetic resonance imaging : data acquisition and image formation.

Edit : spriger-verlag, 2000.

- 65- ROBERT A., ZIMMERMAN., WENDELL A., GIBBY.**
Neuro-imaging: clinicals and physicals principes : magnetic resonance angiography.
Edit : spriger-verlag, 2000.
- 66- ROBERT A., ZIMMERMAN., WENDELL A., GIBBY.**
Neuro-imaging: clinicals and physicals principes : magnetic resonance artifacts.
Edit : spriger-verlag, 2000.
- 67- ROUVIERE H.**
Anatomie humaine descriptive topographique et fonctionnelle.
Edition Masson et Cie : membres, système nerveux central, 1974.
Tome 3.
- 68- SIGAL R.**
Interprétation des images en imagerie par résonance magnétique.
Rev. Prat (M.G) T.6, N°188 Du 28 Sept 1992.
- 69- SOTO-ARES G., DELMAIRE C., DERIES B., VALLEE L., PRUVO JP.**
Cerebellar cortical dysplasia: MR Findings in a complex entity.
AJNR, 21 : 1511-9.
-

70- TAMARAZ J.

Principe d'image par résonance magnétique de la tête de la base du crâne du rachis.

Edition: Springer Paris 2004.

71- TH NEWTON., DG POTTS., JOSEPH PM.

Radiology of the skull and brain: technical aspects of computed tomography : artifacts in computed tomography

Saint Louis, the CV Mosby Company, 1981 : 3853-3876.

72- ULRICH DREWS.

Atlas de poche d'embryologie.

Tube neural, p : 210. 2^{ème} tirage : Paris 1998.

73- VIGNAUD J.

Imagerie par résonance magnétique de l'anatomie normale.

Imagerie par résonance magnétique crânio-encéphalique.

Edit : Paris Vigot 1991.

74- VIGNAUD J., C. MAUNOURY., C PHARABOZ.

Imagerie par résonance magnétique crânio-encéphalique : les effets du flux en IRM.

Edit : Paris Vigot, 1991. P : 52-63.

75- VIGNAUD J., C. PHARABOZ., Y-S CORDOLIANI.

Imagerie par résonance magnétique crânio-encéphalique :
séquence d'acquisition et contraste de l'image.

Edit : Paris Vigot 1991 ; p : 28-37.

76- VIGNAUD J., C. PHARABOZ., Y-S CORDOLIANI.

Imagerie par résonance magnétique crânio-encéphalique : artéfacts.

Edit : Paris Vigot 1991 ; p : 38-45.

77- VIGNAUD J., G COSNARD., Y-S CORDOLIANI.

Imagerie par résonance magnétique crânio-encéphalique :
risques, précautions et contre-indications.

Edit : Paris Vigot 1991 ; p : 64-67.

**78- VIGNAUD., JACQUELINE., COSNARD., GUY.,
C.PHARABOZ., Y-S CORDOLIANI.**

Imagerie par résonance magnétique crânio-encéphalique :
introduction à la résonance magnétique.

Edition : Paris Vigot 1991 ; p : 3-13.

79- WOLFF. QUENOT. SICK.

Atlas d'embryologie clinique.

Edition : Paris Bruxelles, 1997.
