

Le développement du foetus

Date de création du document 01/03/11

Table des matières

SPECIFIQUE :	5
I Anatomie et physiologie	8
I.1 La tête	8
I.1.1 Le crâne	8
I.1.2 La face	9
I.1.3 Les dimensions de la tête foetale	9
I.2 L'appareil circulatoire	9
I.2.1 Anatomie	9
I.2.2 Physiologie	11
I.2.2.1 La circulation sanguine	11
I.2.2.2 Physiologie hémodynamique	12
I.3 L'appareil pulmonaire	12
I.3.1 Anatomie	12
I.3.1.1 Le stade pseudo-glandulaire	13
I.3.1.2 Le stade canaliculaire ou bronchiolaire	13
I.3.1.3 Le stade sacculaire	13
I.3.1.4 Le stade alvéolaire	13
I.3.2 Le liquide pulmonaire	13
I.3.3 Le surfactant	14
I.3.4 Les mouvements respiratoires	14
I.4 L'appareil digestif	14
I.4.1 Anatomie	14
I.4.2 Physiologie	15
I.5 L'appareil urinaire	15

I.5.1 Anatomie	15
I.5.2 Physiologie	16
I.6 L'appareil génital	16
I.6.1 Le fœtus de sexe masculin	17
I.6.2 Le fœtus de sexe féminin	17
I.7 Le Système Nerveux Central	17
I.7.1 Anatomie	17
I.7.1.1 La multiplication neuronale	18
I.7.1.2 La migration neuronale	18
I.7.1.3 L'organisation neuronale ou synaptogenèse	18
I.7.1.4 La myélinisation	18
I.7.2 Physiologie	18
I.7.2.1 L'érythropoïèse	18
I.7.2.2 Système immunitaire	18
I.8 La peau	19
I.9 La thermorégulation	19
I.10 Le sommeil	19
I.10.1 Les quatre phases comportementales du fœtus	19
I.10.2 Le cycle d'activité foetale	20
II Métabolisme et croissance	21
II.1 Les facteurs déterminants	21
II.1.1 Les facteurs génétiques parentaux	21
II.1.2 Les facteurs environnementaux	21
II.1.3 Le placenta	21
II.1.4 Les facteurs génétiques foetaux	22
II.1.5 Les facteurs endocriniens foetaux	22
II.2 La cinétique de la croissance foetale	23
III Capacités sensorielles et compétences	26

III.1 Le toucher	26
III.1.1 Environnement utérin	26
III.1.2 Compétences du fœtus	27
III.2 Le goût et l'odorat	27
III.2.1 Environnement utérin.....	27
III.2.1.1 Les voies d'accès aux stimulations	27
III.2.1.2 Les stimulations olfactives et gustatives.....	28
III.2.2 Compétences du fœtus.....	28
III.2.2.1 Réactivité aux stimulations olfactives.....	28
III.2.2.2 Réactivité aux stimulations gustatives.....	29
III.2.2.3 Remarques.....	29
III.3 L'ouïe.....	30
III.3.1 Environnement sonore intra-utérin	30
III.3.1.1 Le bruit de fond maternel.....	30
III.3.1.2 Les bruits extérieurs.....	30
III.3.1.3 La transmission de la voix maternelle.....	31
III.3.2 Compétences auditives du fœtus	31
III.4 La vue	32
III.4.1 Environnement utérin et stimulations visuelles du fœtus.....	32
III.4.2 Compétences du fœtus.....	32
IV Bibliographie.....	33
V Annexes.....	35

PRÉ-REQUIS

- Période embryonnaire : embryogenèse, organogenèse et morphogenèse
- Échanges materno-foetaux
- Anatomie et physiologie du placenta, du liquide amniotique, des membranes et du cordon

OBJECTIFS

SPECIFIQUE :

- Comprendre et décrire les caractéristiques de la circulation sanguine foetale
- Repérer les facteurs influençant la croissance foetale
- Connaître la cinétique de la croissance foetale
- Connaître les capacités sensorielles et compétences foetales

INTRODUCTION

Le développement prénatal est divisé en 3 phases :

- pré-embryonnaire de la fécondation à 3 [SG](#),
- puis embryonnaire de la 4^{ème} à la 8^{ème} SG,
- et enfin foétale de la 9^{ème} SG à la naissance.

La période foétale est caractérisée par 2 processus :

- la croissance rapide du fœtus,
- et la maturation des organes et des tissus.

Rappel sur la période embryonnaire :

- <http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/Embryologie/AnimEntre/AnimEntre1.html> :
- <http://www.embryology.ch/index.html> : <http://www.embryology.ch/index.html>
- *Bibliographie : abrégé d'embryologie médicale ; masson, 3^{ème} édition, paris, 1976, 443 p*

Par soucis de concision, les échanges materno-fœtaux sont peu traités,

- *En savoir plus* : Les modifications physiologiques de la grossesse. : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/modificationsphysiologiques/site/html/>
- *En savoir plus* : Le placenta : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html> (Actuellement non disponible)
- *En savoir plus* : **Les annexes**

Le cordon : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/cordonombilical/site/html/>

Le liquide amniotique : http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liq_amniotique/site/html/

Les membranes : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html> (Actuellement non disponible)

ainsi que les éléments de surveillance de la croissance foétale.

- *En savoir plus* : L'échographie obstétricale : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html> (Actuellement non disponible)
- *En savoir plus* : Surveillance clinique et paraclinique maternelle. : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/etudecliniquegrossesse/site/html/2.html>

I ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

La période fœtale se caractérise par la plus grande différenciation des organes et des tissus déjà ébauchés pendant la période embryonnaire.

La physiologie fœtale est un domaine vaste où les acquisitions s'enrichissent régulièrement. Elle est indissociable de la physiologie maternelle et placentaire.

I.1 LA TÊTE

La tête fœtale a une forme ovoïde à grosse extrémité postérieure.

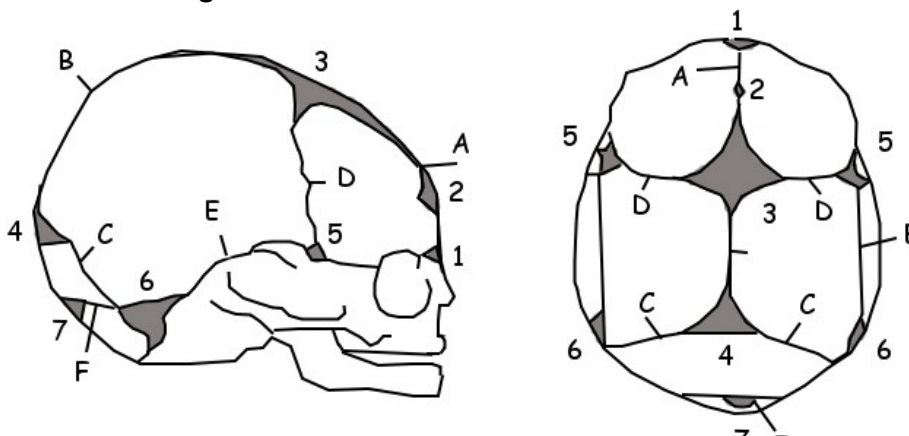
Elle comprend deux parties : le crâne et la face.

I.1.1 Le crâne

Plus large en arrière qu'en avant, la voûte est formée par les deux moitiés du frontal en avant, les deux pariétaux au milieu, les deux écailles temporales latéralement et l'écaille occipitale en arrière.

Os de membranes, c'est-à-dire passant directement du stade membraneux au stade osseux sans intermédiaire cartilagineux, ils sont espacés entre eux par des bandes et des espaces membraneux appelés sutures. Les principales sont en antéro-postérieur, la sagittale et la métopique qui peut se souder en fin de grossesse, en antéro-postérieur, la coronale et l'occipito-pariétale en transversal. Les fontanelles se trouvent aux points de jonction des sutures et sont variables en forme et taille. Les 2 fontanelles servant de repère pour définir les variétés de présentation sont, en avant, le bregma ou grande fontanelle et, en arrière, le lambda ou petite fontanelle.

Figure 1 : les sutures et fontanelles du crâne



LES FONTANELLES : 1 = Glabellaire (inconstante); 2 = Métopique (inconstante); 3 = Dogmatique (bregmatique) antérieure ; 4 = Lambdaïque postérieure ; 5 = Sphénoïdienne (pétrique) antéro-latérale ; 6 = Mastoïdienne (astérique) postéro-latérale ; 7 = Cérébelleuse (inconstante) ; **LES SUTURES :** A =

Métopique (inconstante) ; B = Sagittale (interpariétale) ; C = Lambdoïde ; D = Coronale ; E = Temporo-pariétale ; F = Mendosale (inconstante) - Source : UVMaF

I.1.2 La face

Située en bas et en avant du crâne, la face comprend les mêmes pièces osseuses qu'un adulte.

Elle est cependant plus résistante que la voûte crânienne.

I.1.3 Les dimensions de la tête foetale

Elles s'apprécient principalement par les diamètres très utiles dans l'étude de la mécanique obstétricale.

En savoir plus : Le Mobile Foetale : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/mobilefoetal/site/html/>.

I.2 L'APPAREIL CIRCULATOIRE

La fréquence cardiaque est comprise entre 110 et 160 Battements Par Minute. Le volume du sang circulant est le douzième du poids du fœtus, soit environ 100 ml/kg. L'hématopoïèse (*cf. glossaire*) primitive se fait dans différents organes successivement :

- le sac vitellin (les deux premiers de la grossesse),
- puis le foie (entre le deuxième mois de grossesse et la naissance),
- et la rate (entre le troisième et septième mois de grossesse).

La moelle osseuse commence à jouer un rôle vers le quatrième mois de grossesse mais n'aura un rôle exclusif qu'après la naissance.

I.2.1 Anatomie

Les poumons étant presque collabés, le cœur est presque entièrement situé dans l'hémithorax gauche.

Ses deux ventricules sont égaux et l'épaisseur de leur paroi est la même.

Durant la vie foetale, le système cardio-vasculaire est caractérisé par une circulation en parallèle des cœurs gauche et droit, chacun assurant la moitié du débit combiné global.

Trois particularités en découlent :

- la quasi-absence de circulation pulmonaire,
- l'apport de sang mieux oxygéné à la partie supérieure du corps et en particulier au cerveau et au myocarde,
- et l'apport de sang plus pauvre en oxygène pour le reste du corps afin de protéger les organes « nobles ».

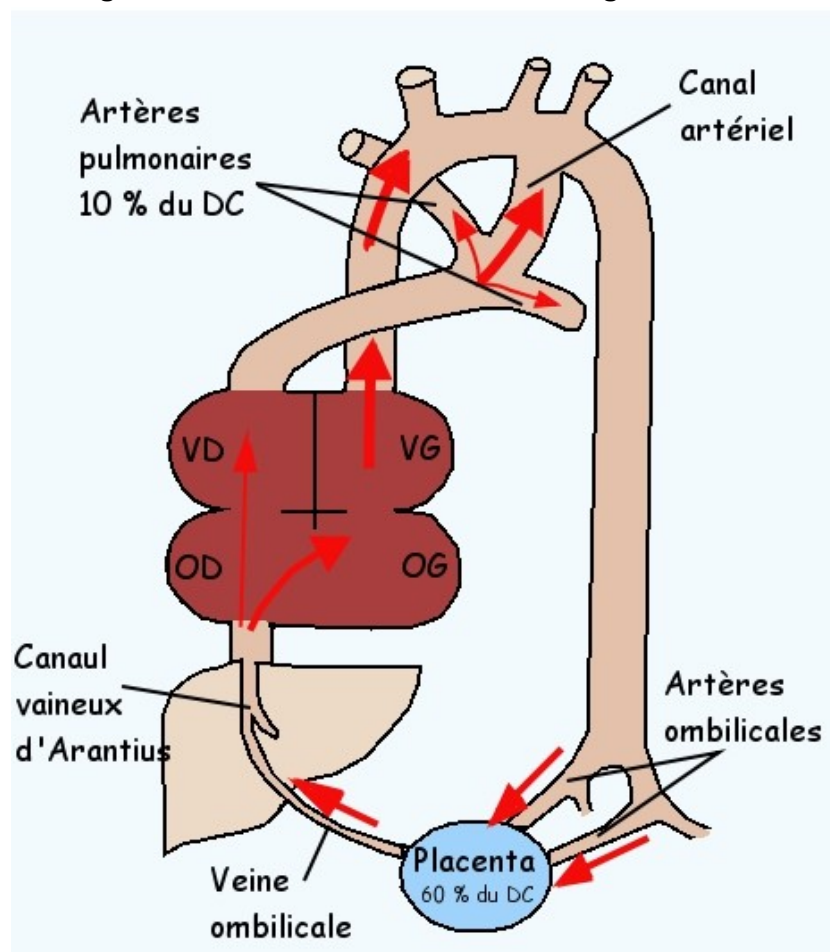
Figure 2 : circulation fœtale animée

Source : <http://www.embryology.ch/francais/pcardio/umstellung01.html>

Trois entités vasculaires, propres à la vie fœtale, permettent cette particularité circulatoire :

- le ductus venosus ou canal d'Aranthius,
- l'oestium secundum ou foramen ovale,
- le canal artériel.

Figure 3 : Shunts de la circulation sanguine fœtale



Source : UVMaF

Ces 3 shunts permettent au sang provenant de la veine ombilicale de :

- court-circuiter la circulation hépatique porte (canal d'Aranthius),
- passer principalement de l'oreillette droite à l'oreillette gauche (foramen ovale),
- de permettre au sang moins oxygéné de court-circuiter les troncs artériels supra-aortiques pour passer directement dans l'aorte descendante (canal artériel).

À la naissance, ils se ferment et la circulation pulmonaire va augmenter.

En savoir plus : UE de pédiatrie - la naissance : accueil du nouveau-né et adaptation à la vie extra-utérine : <http://www.uvmaf.org/liste-1.html>) (Actuellement non disponible)

I.2.2 Physiologie

I.2.2.1 La circulation sanguine

La circulation placentaire est branchée en parallèle à la circulation foetale.

- Le sang oxygéné arrive du placenta par la veine ombilicale jusqu'au foie et s'y distribue. La majeure partie de ce sang rejoint la Veine Cave Inférieure (VCI) par le canal d'Aranthius. Ici va donc être mélangé du sang très oxygéné, venant du placenta, et du sang pauvre en oxygène, venant de la partie inférieure du corps.
- Arrivé dans l'Oreillette Droite (OD), ce sang rencontre celui apporté par la Veine Cave Supérieure (VCS) de la partie supérieure du corps et notamment de la tête. Ici, deux courants séparés, sans mélange de sang, apparaissent. Le premier est le courant droit, venant de la VCS et passant directement dans le Ventricule Droit (VD), drainant le sang désaturé. Le second, plus important, est le courant gauche : il vient de la VCI et passe directement dans l'Oreillette Gauche (OG) par le foramen ovale.
- Du VD, le sang très fortement désaturé est chassé dans l'artère pulmonaire, et dirigé pour une grande part au travers du canal artériel vers l'aorte abdominale, et, pour une plus petite part, vers les poumons par les artères pulmonaires. La circulation pulmonaire est caractérisée par des vaisseaux à paroi épaisse et à lumière étroite ce qui implique une résistance vasculaire importante.
- Dans l'OG, le sang oxygéné passé directement par le foramen ovale, se trouve mêlé à une quantité minime de sang ramené des poumons (non fonctionnels) par les quatre VP (le sang est passé par les poumons sans subir aucune oxygénation). Le sang oxygéné venu directement du placenta, mais ayant subi de multiples mélanges veineux au cours de son passage par le foie et l'OG, va de l'oreillette, remplir le Ventricule Gauche (VG).
- Par l'aorte et ses branches, il est distribué à la partie supérieure du corps. Le cerveau, par l'intermédiaire des carotides, est donc l'organe privilégié recevant une

oxygénation maximale. Après avoir donné ses branches au niveau de la crosse, l'aorte abdominale reçoit le canal artériel.

- Le sang qui irrigue la moitié inférieure du corps et les viscères abdominaux et qui revient en partie au placenta par les artères ombilicales est donc un sang extrêmement mélangé, intermédiaire entre celui, très saturé, de la crosse aortique, et le sang veineux de retour de la VCS par exemple très désaturé.
- Pour boucler la boucle, ce sont les artères ombilicales, naissant des artères iliaques primitives, qui ramènent le sang désaturé au placenta.

Figure 2 : circulation fœtale animée

Source : <http://www.embryology.ch/francais/pcardio/umstellung01.html>

I.2.2.2 Physiologie hémodynamique

Le fœtus assure sa régulation hémodynamique pour établir une bonne hématose tissulaire en faisant varier sa pression artérielle, sa fréquence cardiaque et son débit sanguin.

La circulation pulmonaire est très limitée (de 10 à 20 % du débit combiné global) du fait des résistances vasculaires très élevées. Les principaux facteurs responsables de cette vasoconstriction sont mécaniques (alvéoles remplies de liquide) et biologiques (leucotréines, thromboxane A2 et endothéline-1) et prédominent sur les facteurs vasodilatateurs qui exercent également une action in utero.

La consommation en oxygène du fœtus est estimée à environ 6 ml/kg/min. Elle est fournie par le système cardiovasculaire maternel et emprunte la circulation ombilicoplacentaire.

La plus grande affinité de l'hémoglobine fœtale et son taux permettent au fœtus de maintenir un transport en oxygène satisfaisant et un métabolisme aérobie malgré un environnement pauvre en oxygène car situé en aval du placenta. Ainsi, malgré des valeurs plus basses de pression partielle en oxygène à la source (35 mmHg dans la veine ombilicale) et au retour (25 mmHg dans les artères ombilicales), le contenu en oxygène est proche de celui de la mère et l'apport en oxygène aux cellules fœtales est suffisant.

I.3 L'APPAREIL PULMONAIRE

I.3.1 Anatomie

Après un stade embryonnaire de différenciation, le développement pulmonaire du fœtus est divisé en quatre étapes :

- pseudo-glandulaire,
- canaliculaire,

- sacculaire,
- et alvéolaire.

I.3.1.1 Le stade pseudo-glandulaire

Il s'étend de 8 à 17 Semaine d'Aménorrhée et voit la segmentation de l'arbre aérien et vasculaire se poursuivre. Il est marqué par l'achèvement de la mise en place des conduits aériens. À la fin de cette période, dix-sept générations bronchiques sont en place. La totalité de l'arbre bronchique est présente à la fin de la 17ème SA.

Au niveau vasculaire, les artères pulmonaires sont caractérisées par l'épaisseur de leur paroi et l'étroitesse de leur lumière ce qui implique de hautes résistances et donc un bas débit.

I.3.1.2 Le stade canaliculaire ou bronchiolaire

Il s'étend de 17 à 27 SA. Cette période est caractérisée par l'apparition des futures zones de conduction et d'échanges. Les unités fonctionnelles, les acini, se mettent en place et un réseau capillaire les envahit progressivement. Les cellules de l'épithélium alvéolaire se différencient en pneumocytes I (qui vont former la première membrane alvéolo-capillaire) et en pneumocytes II (qui vont sécréter du liquide alvéolaire).

La future interface air/sang est assez fine et permet les échanges gazeux.

I.3.1.3 Le stade sacculaire

Il s'étend de 28 à 35 SA. Ce stade correspond à la différenciation de la portion respiratoire du poumon. Les saccules terminaux se forment et se tapissent de pneumocytes. Les pneumocytes II synthétisent et recyclent le surfactant. Le réseau capillaire est double.

I.3.1.4 Le stade alvéolaire

Il s'étend de 36 SA à l'âge de 2 ans. Les alvéoles se multiplient, prennent une forme polygonale et leur réseau capillaire s'homogénéise et devient unique. La surface d'échanges augmente. La multiplication alvéolaire, intense dans les premiers mois de vie postnatale, se continue jusque vers l'âge de deux ans.

I.3.2 Le liquide pulmonaire

Le poumon sécrète un liquide qui est soit dégluti soit déversé dans la cavité amniotique (25 %). Cette sécrétion est secondaire à la sécrétion active d'ions chlorures par les pneumocytes II et représente 90 à 95 % du poids du poumon fœtal. Juste avant la mise en travail, on observe une diminution de la sécrétion du liquide pulmonaire. Un mouvement d'eau passif

suit le mouvement actif de sodium de l'espace intra-alvéolaire vers l'espace interstitiel et permet à l'eau intra-alvéolaire de rejoindre le système lymphatique.

I.3.3 Le surfactant

La synthèse du surfactant débute vers 27 SA, est maximum vers 35 SA et est stocké dans le cytoplasme des pneumocytes II. Il est composé principalement de phospholipides (80 à 90 %) mais aussi de protéines et d'hydrate de carbone. Cette substance tensioactive joue un rôle capital dans la mécanique ventilatoire en empêchant l'atélectasie des alvéoles pulmonaires à la première inspiration à la naissance. Il permet donc de créer la capacité résiduelle fonctionnelle et son action hydrophobe empêche l'extravasation du contenu capillaire vers l'alvéole.

I.3.4 Les mouvements respiratoires

Durant la vie fœtale les mouvements respiratoires sont présents dès 12 à 14 SA.

Contrairement à ce que l'on peut observer après la naissance, à l'inspiration, la cage thoracique se déprime lorsque le diaphragme s'abaisse.

Il existe deux types de mouvements : les rapides et les plus profonds ou gasp.

Leur fréquence varie en fonction du terme. En effet, les mouvements respiratoires surviennent principalement pendant les périodes de sommeil calme. (*Voir point 1.10.2.*)

De plus, dans la deuxième moitié de la grossesse, une hyperglycémie maternelle peut augmenter la fréquence des mouvements respiratoires du fœtus. En 1980, Patrick et al. décrivent des intervalles entre deux mouvements respiratoires pouvant s'étendre, de façon physiologique en fin de grossesse, jusqu'à 120 minutes.

Ces mouvements contribuent au développement harmonieux de la cage thoracique et préparent le fœtus à la respiration extra-utérine.

I.4 L'APPAREIL DIGESTIF

I.4.1 Anatomie

- L'estomac acquiert sa position définitive et son axe longitudinal est oblique de haut en bas et de gauche à droite. La grande courbure regarde en bas et la petite en haut. Sa capacité, à terme, est de 35 à 45 ml contenant le liquide amniotique dégluti et les sécrétions gastriques. L'acidité gastrique débute vers le quatrième mois de grossesse.

- Au niveau du pancréas, les îlots de Langerhans (*cf. glossaire*) se développent au sein du parenchyme pancréatique pendant le troisième mois de la vie fœtale. Ils sont disséminés dans toute l'étendue de la glande.
- Le foie est volumineux et occupe la moitié droite de la cavité abdominale jusqu'à la crête iliaque. À 10 SG, il représente environ 10 % du poids fœtal et ne représente plus que 5 % du poids total du corps à la naissance.
- En même temps, la vésicule biliaire et le canal cystique se développent. Ce dernier s'unit au canal hépatique pour former le canal cholédoque qui s'abouche dans le duodénum.
- En fin de grossesse, l'intestin grêle mesure 2 mètres et le colon 50 centimètres. Ils sont remplis par du méconium, de la bile et quelques éléments provenant du liquide amniotique dégluti.

I.4.2 Physiologie

L'appareil digestif joue un rôle de plus en plus important à l'approche du terme dans la régulation du liquide amniotique. La déglutition estimée de 10 à 15 ml/kg/j vers 17 SA, puis 45 ml/kg/j vers 20 SA, est d'environ 150 à 200 ml/kg/j en fin de grossesse soit près de 500 à 700 ml/j.

Le volume important du foie s'explique par la présence d'un grand nombre de sinusoides provenant des veines vitellines et hépatiques. Mais la fonction hématopoïétique (*cf. glossaire*) est un autre élément important responsable du poids élevé du foie. En effet, on trouve, entre les cellules hépatiques et les parois vasculaires, de grands îlots de prolifération cellulaire qui produisent les cellules sanguines des lignées rouge et blanche. Cette activité diminue progressivement au cours des deux derniers mois de grossesse. À la naissance, il ne persiste que quelques îlots de cellules hématopoïétiques.

L'hématopoïèse primitive est aussi assurée par la rate entre le 3ème et le 7ème mois de grossesse.

Le taux des facteurs de coagulation vitamine K-dépendants (II, VI, IX et X) augmente avec le terme mais reste inférieur à celui du nouveau-né à terme. Ce déficit physiologique est la conséquence probable de l'immaturité hépatique et l'insuline maternelle ne passe pas la barrière placentaire.

La sécrétion d'insuline et les enzymes digestives sont identifiables dans les îlots bêta et les autres cellules vers le cinquième mois de grossesse. Le taux d'insuline chez le fœtus est indépendant de celui de sa mère.

I.5 L'APPAREIL URINAIRE

I.5.1 Anatomie

Pendant la période embryonnaire, le rein s'est développé selon une séquence cranio-caudale et le métanéphros est devenu « rein définitif ». La migration du rein s'effectue à la fin de la 8ème semaine pour se situer au niveau thoracique, dans sa position définitive. Il a un aspect polylobé.

La vessie se développe à partir de la partie supérieure du sinus urogénital qui est en continuité avec l'allantoïde. Le trigone vésical est formé par le rapprochement des orifices urétéraux et du canal de Wolff. Il est donc d'origine mésoblastique, alors que la paroi ventrale de la vessie est d'origine entoblastique. Le tissu mésoblastique du trigone est ultérieurement colonisé par l'épithélium d'origine entoblastique.

Le mésoblaste splanchnopleural associé à l'intestin postérieur forme, quant à lui, la musculature lisse de la vessie au cours de la 12ème semaine du développement.

I.5.2 Physiologie

En période fœtale, la fonction rénale est assurée en grande partie par le placenta et les échanges transmembranaires. L'appareil urinaire commence à fonctionner dès le troisième mois. Mais les reins ne sont fonctionnels tant au niveau glomérulaire que tubulaire que dans la deuxième moitié de la grossesse et ne contribuent, qu'à partir de cette période, à la composition et la régulation de la quantité du liquide amniotique. En effet, la diurèse fœtale passe d'environ 120 ml/j à 24 SA à 800 à 1 000 ml/j à l'approche du terme. L'urine fœtale hypo-osmotique (environ 120 mosmol/l) contribue à faire baisser l'osmolarité du liquide amniotique (environ 250 mosmol/l) favorisant par échanges transmembranaires sa réabsorption.

I.6 L'APPAREIL GÉNITAL

Le développement du système génital a des rapports étroits avec le système urinaire et dérive comme ce dernier du mésoblaste intermédiaire du sinus urogénital, avec en outre pour la formation des gonades, la participation des cellules germinales primordiales d'origine épiblastique.

Bien que le sexe génétique de l'embryon soit établi au moment de la fécondation, les structures génitales féminines et masculines forment jusqu'à la fin de la 6ème semaine, un appareil génital primitif indifférencié. Dès ce moment, la différenciation génitale va se faire par séquences sous l'influence de facteurs génétiques et hormonaux inducteurs et/ou inhibiteurs.

Au sexe génétique va faire suite :

- le sexe gonadique (ovaires ou testicules),
- puis le sexe phénotypique (modifications morphologiques visibles des conduits génitaux internes et des organes génitaux externes, taille, etc.)
- et enfin le sexe psychique (détermination masculine ou féminine du cerveau, en particulier au niveau de la région préoptique médiane de l'hypothalamus).

I.6.1 Le fœtus de sexe masculin

Le développement de l'appareil génital masculin est intimement lié aux canaux de Wolf.

De la 8ème à la 12ème SG, le mésonéphros et les canaux mésonéphrotiques de Müller régressent, associé à une différenciation des canaux épидидymaire et déférent à partir des canaux de Wolf.

À 9 SG, la détection du sexe phénotypique masculin est possible.

Entre 8 et 36 SG, les testicules descendent progressivement jusqu'au scrotum.

L'activité sécrétrice de la prostate débute vers la 14 SG.

I.6.2 Le fœtus de sexe féminin

La fin de la période indifférenciée des gonades chez le fœtus féminin est plus tardive et le développement de l'appareil génital féminin, à partir des canaux de Müller, ne commence simplement qu'au début de la période foetale (8 SG).

Comme pour le fœtus de sexe masculin, la détection du sexe phénotypique est possible dès 9 SG avec formation des petites et grandes lèvres.

Vers 11 SG, les glandes sexuelles accessoires (Bartholin et Skene) se différencient.

À 15 SG, il y a perméabilité de la lame épithéliale vaginale et résorption du septum utérin.

Enfin, à 19 SG, le fœtus féminin peut posséder jusqu'à 7 millions d'ovocytes primaires.

I.7 LE SYSTÈME NERVEUX CENTRAL

I.7.1 Anatomie

Pendant la phase embryonnaire, l'embryogenèse du Système Nerveux Central a été marquée par la formation du tube neural puis son organisation spatiale. Pendant la période foetale quatre étapes peuvent être distinguées:

- la multiplication,
- la migration,
- l'organisation neuronales,
- et la myélinisation.

I.7.1.1 La multiplication neuronale

Elle s'étend de 8 à 20 SG. La zone de prolifération, dite zone germinative, est située à côté des ventricules latéraux pour les neurones du néocortex et à proximité du 4ème ventricule pour les cellules du cervelet et des noyaux des nerfs crâniens.

I.7.1.2 La migration neuronale

Elle s'effectue entre 10 et 22 SG, et aboutit à l'organisation histologique du cortex cérébral en couches et en colonnes. Certains facteurs exogènes peuvent perturber cette migration, comme l'alcool qui engendre un excès de migration.

I.7.1.3 L'organisation neuronale ou synaptogenèse

Elle commence à la fin de l'étape précédente et s'étend sur plusieurs années après la naissance. C'est une période complexe qui comprend plusieurs événements. Les neurones se regroupent pour former définitivement les différentes couches cellulaires corticales. La synaptogenèse résulte d'un processus de stabilisation sélective, d'une différenciation des cellules gliales et de phénomènes régressifs ou apoptose.

I.7.1.4 La myélinisation

Elle commence vers 34 SG et s'étend sur plusieurs années de vie postnatale. Elle débute dans le système nerveux périphérique et se poursuit dans le SNC.

I.7.2 Physiologie

I.7.2.1 L'érythropoïèse

Les globules rouges apparaissent vers le vingt-deuxième jour de la vie embryonnaire, en même temps que le début des battements du tube cardiaque. Après une phase hépatique de l'hématopoïèse primitive (voir point ((voir chapitre 1.4.2) :) , il faut attendre 20 SA pour que la moelle épinière joue un rôle de plus en plus important dans la genèse des cellules sanguines. Cette phase est appelée la phase médullaire. L'érythropoïèse (*cf. glossaire*) s'effectue avec des cellules de soutien nécessaires à la maturation de certaines cellules.

Le taux d'hémoglobine augmente progressivement au cours de la grossesse et atteint 160 à 170 g/L à terme.

I.7.2.2 Système immunitaire

Au cours du troisième trimestre de la grossesse on observe, dans la moelle osseuse, la présence de macrophages et lymphocytes. Les lymphocytes T sont dépendants du thymus pour acquérir la capacité immunologique ; les lymphocytes pré-B sont retrouvés dans le foie fœtal et vont passer dans la moelle épinière avec les autres lignées sanguines pour donner les lymphocytes B immatures puis matures. Ils vont subir une modification de leur génome et principalement des gènes des immunoglobulines, permettant d'acquérir la diversité nécessaire au bon déroulement de la maturation du système immunitaire.

I.8 LA PEAU

La peau du fœtus est recouverte de vernix caseosa (*cf. glossaire*) sécrété par l'amnios. Le vernix est mélangé à des cellules épidermiques desquamées et du lanugo (*cf. glossaire*). À l'approche du terme, il est peu à peu absorbé par la peau.

La peau est très perméable jusqu'à 20 SA et les échanges avec le liquide amniotique se font dans les 2 sens. Après ce terme, la kératinisation progressive de la peau va réduire la possibilité d'échanges à ce niveau, limitant les échanges aux substances liposolubles de faible poids moléculaire.

I.9 LA THERMORÉGULATION

Le fœtus produit de la chaleur. Sa température suit les variations thermiques maternelles ; mais sa température reste supérieure à celle de sa mère d'un degré environ. Il assure sa thermorégulation par l'intermédiaire de la circulation placentaire et du Liquide Amniotique.

I.10 LE SOMMEIL

On sait depuis longtemps que le fœtus présente des périodes d'immobilité et des périodes d'agitation.

I.10.1 Les quatre phases comportementales du fœtus

L'étude simultanée de trois paramètres, mouvements corporels, mouvements oculaires et rythme cardiaque, permet de donner les grandes lignes du sommeil du fœtus et distingue quatre phases comportementales fœtales selon son état de veille :

- **Le sommeil calme ou profond :**

- cette phase dure en moyenne 21 minutes à terme sans excéder 40 minutes,
 - les mouvements du corps sont rares (des tressaillements) et les mouvements oculaires sont absents ; le tracé du Rythme Cardiaque Foetal (RCF) présente de petites oscillations avec des accélérations sporadiques liées aux mouvements fœtaux.
- **Le sommeil agité ou paradoxal :**
 - cette phase dure en moyenne 50 minutes à terme,
 - les mouvement du corps sont fréquents et périodiques sous forme d'étirements et de mouvements des membres et les mouvement oculaires sont présents, et rapides (plus de 10/min) ; le tracé du RCF présente de grandes oscillations et des accélérations faibles ou modérées.

- **L'éveil calme :**

Les mouvements du corps sont absents mais les mouvements oculaires sont présents ; le tracé du RCF présente de grandes oscillations mais pas d'accélération.

- **L'éveil actif :**

Les mouvements du corps sont vigoureux, continus avec des rotations du corps et les mouvements oculaire sont présents ; le tracé du RCF présente des oscillations amples et des d'accélération prolongées de forte amplitude.

I.10.2 Le cycle d'activité foetale

Les deux phases de sommeil représentent 90 % de la vie fœtale.

Dès la vingtième semaine, il existe déjà une alternance d'activité et d'immobilité dont la périodicité est pratiquement identique à celle du futur cycle de sommeil du nouveau-né.

Le sommeil agité apparaît en premier vers 27 SG, puis le sommeil calme vers 30 SG.

A partir de 35-36 SG, ces deux sommeils alternent régulièrement mais la quantité de sommeil agité est très abondante et représente environ 65 % du temps de sommeil.

Le sommeil du fœtus est indépendant de celui de sa mère, mais il existe déjà une certaine organisation circadienne de la vigilance avec, par exemple, plus de mouvements corporels entre 21 heures et 24 heures et une accélération des fréquences cardiaques en début de nuit. Ce rythme circadien est probablement induit par les variations de la glycémie et de la cortisolémie maternelles.

Des études de l'électroencéphalogramme et du RCF pendant l'accouchement ont été réalisées entre 1970 et 1980 et ont permis d'affirmer, qu'au cours d'un accouchement

normal, le fœtus dort. Il ne se réveille qu'au moment des contractions utérines les plus fortes et de l'expulsion.

II MÉTABOLISME ET CROISSANCE

Jusqu'à 20 SG, la croissance fœtale s'effectue principalement par multiplication cellulaire ; puis, en fin de grossesse, elle repose sur l'augmentation de la taille des cellules.

À l'approche du terme, le fœtus utilise 95 cal/kg/j dont 40 sont stockés pour sa croissance et 55 oxydés pour fournir l'énergie nécessaire au métabolisme de base, à son activité et au coût de sa croissance.

II.1 LES FACTEURS DÉTERMINANTS

La croissance fœtale est influencée par des facteurs maternels, environnementaux et dépend du métabolisme énergétique de l'unité fœto-placentaire et du contrôle de la régulation hormonale fœtale.

Pendant la première moitié de la grossesse, elle paraît être dépendante de facteurs génétiques. Dans la deuxième moitié, les facteurs placentaires et nutritionnels jouent un rôle prépondérant.

II.1.1 Les facteurs génétiques parentaux

L'obésité, le poids de naissance et la taille de la mère influencent la croissance fœtale. Le génome maternel est responsable d'environ 20 % de la variance du poids de naissance.

II.1.2 Les facteurs environnementaux

Plusieurs facteurs ont été mis en évidence.

- **La parité** : Le poids augmente avec la parité jusqu'au 5^{ème} enfant
- **La taille de l'utérus** : Ce facteur n'est pris en compte qu'en cas de malformation utérine qui entrainerait plus de Retard de Croissance Intra Utérin (RCIU) et donc d'hypotrophies
- **La nutrition** : L'ensemble des nutriments (glucose, acides aminés, lipides, vitamines et oligo-éléments) ainsi que l'eau assurent les besoins oxydatifs, la croissance et la constitution de réserves énergétiques du fœtus. L'accumulation des protéines tissulaires se fait à partir des acides aminés d'origine maternelle de l'ordre de 3 g de protéines/kg de poids fœtal/24h. Une prise de poids maternelle supérieure à 20 kg pendant la grossesse augmente le risque de macrosomie. Par contre, un apport calorique maternel inférieur à 1 500 cal/j durant le 3^{ème} trimestre entrainerait une réduction de poids fœtal.

- **Les addictions maternelles** : La consommation de tabac, d'alcool et ou de drogues influence aussi le développement fœtal
- **L'altitude** : Au Pérou, le poids moyen des nouveau-nés est inférieur de 15 % à celui de ceux nés au niveau de la mer.

II.1.3 Le placenta

En savoir plus : Le placenta : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/liste-1.html>
(Actuellement non disponible)

Pour en savoir plus sur les annexes :

En savoir plus : Le cordon ombilical : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/cordonombilical/site/html/>

En savoir plus : Le liquide amniotique : http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liq_amniotique/site/html/

En savoir plus : Les membranes : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/liste-1.html>
(Actuellement non disponible)

La croissance fœtale est directement liée au bon développement et au bon fonctionnement du placenta.

La surface d'échange placentaire passe de 5 m² à 28 semaines à environ 12 m² dans le placenta à terme et le débit utéro-placentaire de 50 à 500 ml/min.

Le fœtus se développe grâce à quatre types d'échanges au travers du placenta :

- **le transport passif** : sans apport énergétique, pour l'oxygène, le gaz carbonique, les graisses et l'alcool ;
- **le transport facilité** : permettant pour le glucose, de traverser la membrane plasmique grâce à l'intervention d'une molécule porteuse (protéine canal sélective) ;
- **le transport actif** : avec apport d'énergie, pour certains acides aminés et ions comme le calcium, phosphore et potassium ;
- **le transport transendocyte** : pour les macromolécules, comme le fer ou les immunoglobulines.

La fonction endocrine du placenta joue un rôle important dans la croissance fœtale par la sécrétion, entre autres, de facteurs de croissance, cytokines et l'hormone lactogène placentaire.

II.1.4 Les facteurs génétiques foetaux

Plusieurs facteurs ont été mis en évidence :

- **Le gène de l'Insulines-like Growth Factor(IGF)-2** s'exprime à partir de l'allèle paternel et favorise la croissance. Le gène du récepteur de l'IGF-2 s'exprime à partir de celui de la mère et limite la croissance.
- **Le sexe du fœtus** : les nouveau-nés masculins pèsent, en moyenne, 100 grammes de plus que ceux de sexe féminin.
- **Les malformations chromosomiques ou génétiques** : elles perturbent souvent la croissance fœtale dans le sens de la restriction.

II.1.5 Les facteurs endocriniens foetaux

Le glucose est le principal substrat énergétique (60 %) pour le fœtus et se destine essentiel pour le métabolisme normal et la croissance du fœtus. Son métabolisme est directement dépendant de l'apport maternel, de sa concentration plasmatique fœtal et de la production croissante au cours de la gestation, d'insuline sécrétée par le pancréas du fœtus. La sécrétion et l'action de l'insuline sont affectées par la concentration de glucose ainsi que le nombre et l'activité des transporteurs de glucose favorisant, ainsi, l'augmentation de la masse des tissus insulino-sensibles (muscles, squelette, foie, cœur, tissu adipeux).

L'origine des graisses, représentant jusqu'à 18 % de son poids, proviennent du transfert placentaire d'acides gras et de triglycérides et aussi de la synthèse fœtale à partir du glucose.

L'apport de glucose et le métabolisme des acides aminés sont intimement liés tels que l'équilibre protéique et la croissance sont des variables qui apparaissent subordonnées au métabolisme oxydatif du fœtus. Le fœtus se développe grâce à des mécanismes qui tendent à maintenir son métabolisme énergétique relativement constant, aux dépens de sa croissance quand l'approvisionnement énergétique est déficient.

Les IGF-1 et IGF-2, facteurs de croissance, jouent aussi un rôle dans la synthèse protéique et le métabolisme glucidique du fœtus.

Les hormones thyroïdiennes interviennent sur la maturation du squelette du fœtus, mais pas sur sa croissance.

II.2 LA CINÉTIQUE DE LA CROISSANCE FOETALE

La croissance fœtale est un paramètre important de la surveillance de la grossesse. Il est donc essentiel d'en connaître les normes pour dépister les anomalies potentielles et évaluer le degré de gravité et d'urgence de la prise en charge obstétricale.

Les outils d'évaluation de la croissance fœtale sont clinique par la mesure de la Hauteur Utérine (*En savoir plus* : Etude clinique et paraclinique de la grossesse : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/etudecliniquegrossesse/site/html/2.html>) et paraclinique par les mesures échographiques (*En savoir plus* : L'échographie obstétricale : http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/echo_obstetricale/site/html/1.html).

La croissance fœtale est phénoménale et exponentielle expliquant le besoin énergétique croissant.

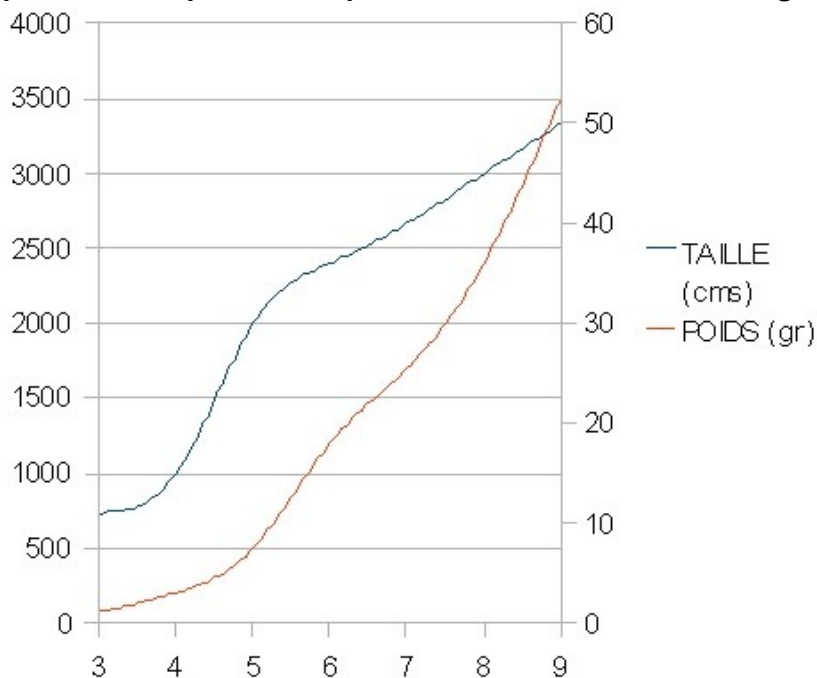
Entre 10 SA à 41 SA, la taille du fœtus varie de 3 à 50 centimètres et son poids de 5 à 3 500 grammes (tableau 1)

Tableau 1 : évolution mensuelle de ces deux critères entre 3 et 9 mois

TERME (mois)	TAILLE (cm)	POIDS (gr)
3	11	70
4	15	200
5	30	500
6	36	1 200
7	40	1 700
8	45	2 400
9	50	3 500

Source : UVMaF

Graphique 1 : Cinétique staturo-pondérale entre 3 et 9 mois de grossesse



Source : UVMaF

La croissance staturale fœtale est maximale au milieu de deuxième trimestre et sa croissance pondérale au milieu du troisième.

Outre cette vitesse de croissance, la composition corporelle du fœtus se modifie considérablement (tableau 2).

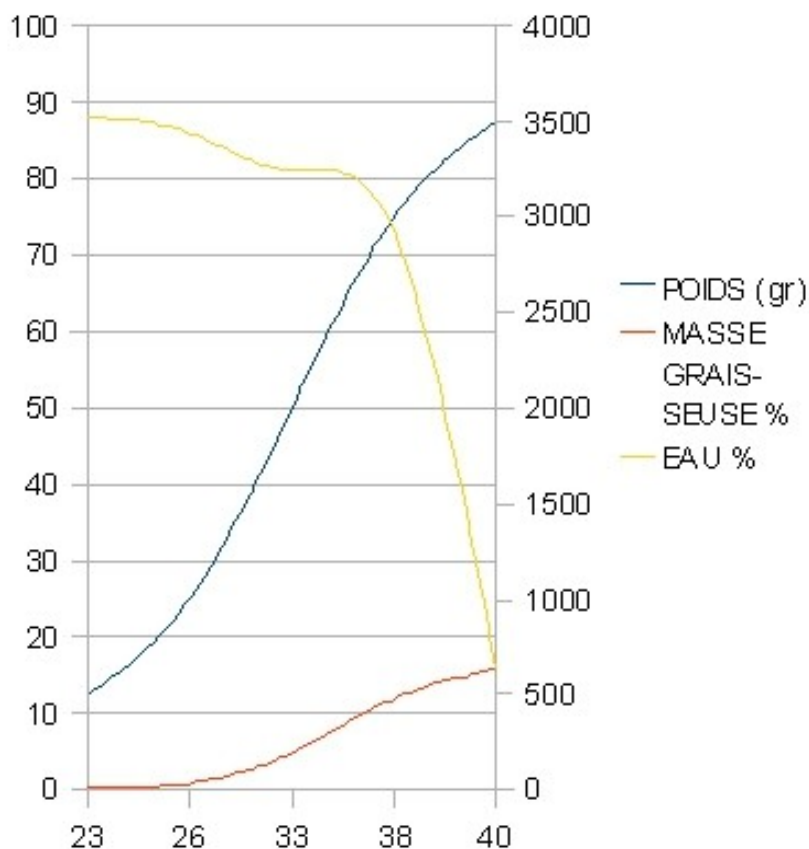
Modifications de la composition corporelle du fœtus entre 23 SA et 40 SA

TERME (SA)	POIDS (gr)	MASSE GRAISSEUSE gr (%)	EAU gr (%)
23	500	3 (0,6)	440 (88)
26	1 000	10 (1)	860 (86)
33	2 000	100 (5)	1 620 (81)
38	3 000	360 (12)	2 180 (73)
40	3 500	560 (16)	2 400 (16)

Source : UVMaF

Bibliographie : Soins aux nouveau-nés LAUGIER.J, ROZE.JC, SIMEONI.U, SALIBA.E.
Soins aux nouveau-nés

Graphique 2 : Modification de la composition corporelle entre 23 et 40 SA



Source : UVMaF

La proportion eau-graisse dans le corps du fœtus s'inverse progressivement. Le poids sec passe de 12 % à 31 %. Sa constitution varie de 5 % de masse grasse et 95 % de masse maigre à 50 % à 23 SA à un équilibre de 50 % de ces deux masses à 40 SA

À terme, pour un poids total de 3 500 grammes, l'eau représente 70 % du poids total (2 400 gr), le poids sec 30 % (1 050 gr ; dont environ 560 gr de graisse (53 %), 420 gr de protéines (40 %) et 30 gr de glycogène (6 pour le foie et 24 pour les muscles).

III CAPACITÉS SENSORIELLES ET COMPÉTENCES

A l'aube des sens, le fœtus ne perçoit d'abord que des sensations fugitives. Mais, son cerveau qui se construit à la vitesse de 5.000 neurones à la seconde, va l'amener à développer ses 5 sens en 9 mois.

Les capacités sensorielles et compétences du fœtus se développent dès le début de la grossesse et dans l'ordre suivant :

- les sensibilités cutanée et vestibulaire : le toucher
- les sensibilités chimiques : le goût et l'odorat
- les sensibilité auditives : l'ouïe
- la sensibilité visuelle : la vue.

Pour chaque sensibilité, seront traitées :

- une description de l'environnement utérin avec les potentialités stimulantes qu'il offre et qui participent au développement des compétences
- les compétences possibles du fœtus in utero.

III.1 LE TOUCHER

Les sensibilités cutanées et vestibulaires sont appelées aussi somesthésiques et proprioceptives. L'ensemble des structures tactoréceptrices est développé avant la naissance.

III.1.1 Environnement utérin

In utero, les sensibilités tactile et vestibulaire ont de maintes occasions d'être sollicitées.

Soit de façon spontanée ou lors des mouvements maternels ou des mouvements fœtaux ou d'un jumeau qui apportent des stimuli supplémentaires, même si le liquide amniotique doit amortir des déplacements brusques. Ainsi, cette sensibilité est stimulée par des contacts avec la paroi utérine de son dos, ses mains, ses pieds, son visage. On estime que le contact du visage avec la paroi utérine pourrait induire une orientation du visage (il tourne sa tête). Cela peut être aussi lors des contacts avec des parties de son propre corps au fur et à mesure qu'il grandit. Les contacts entre ses mains, contact mains-visage aboutissent à la capture d'un doigt ou d'un pouce. Les échographistes ont tous observés des fœtus suçant leur pouce in utero. Enfin, ces contacts peuvent être " imposés " lors des examens médicaux ; le palper utérin, ou le toucher vaginal si les doigts de l'examineur appuient sur la tête, déclenchent des mouvements actifs du fœtus et des accélérations cardiaques parfaitement objectivables.

III.1.2 Compétences du fœtus

La sensibilité tactile fœtale est principalement connue à partir d'études cliniques. Le fœtus présente, ex utéro, des réponses motrices à l'effleurement de la lèvre supérieure dès 7 SA, de la paume de la main dès 11 SA, de l'ensemble du corps, sauf le dos et sommet de la tête, vers 13-14 SA.

En ce qui concerne la réactivité vestibulaire, il n'y a pas de preuve directe de son fonctionnement in utero qui soit strictement indépendant d'une composante tactile. Chez le prématuré, on estime qu'elle se situe vers 25 SA lorsqu'il est possible de constater un réflexe de MORO (*En savoir plus* : UE pédiatrie - Accueil du nouveau-né : <http://www.uvmaf.org/liste-1.html> *actuellement non disponible*).

D'autre part, plusieurs études montrent que le fœtus est aussi sensible à la douleur. On a montré que les concentrations plasmatiques d'opiacés endogènes sont plus élevés chez les enfants nés par le siège ou par ventouse. Plusieurs observations indiquent que le fœtus manifeste des réponses motrices de retrait à la piqure accidentelle lors des prélèvements amniotiques.

III.2 LE GOÛT ET L'ODORAT

Les sens chimiques ont pour fonction de détecter et de discriminer les substances chimiques présentes dans l'environnement. Pour réaliser cette fonction, ils peuvent s'appuyer sur 3 systèmes : olfactif, gustatif et trigéminal (*cf. glossaire*).

Les perceptions chimiques sont, avec les perceptions cutanées de la température et la douleur, les premières à se différencier au cours de la période embryonnaire. Ce développement se fait même très précocement car les principaux systèmes chimio-sensoriels de la sphère bucco-nasale atteignent leur maturité anatomique vers le début du 2ème trimestre de gestation et sont prêts à entrer en fonction.

III.2.1 Environnement utérin

III.2.1.1 Les voies d'accès aux stimulations

Avant de détailler les différentes stimulations chimiques potentielles, il convient d'étudier les 2 voies d'accès.

La première est le liquide amniotique car les cavités orales et nasales sont remplies par le LA dès leur formation au 2ème mois. De plus, l'intense activité de déglutition et d'inhalation du fœtus qui contribue d'ailleurs à son renouvellement, offre des possibilités de détection des molécules dissoutes dans ce LA.

La seconde voie est hématogène. En effet, il a été mis en évidence que des molécules chimiques présentes à l'intérieur du fœtus peuvent être perceptibles à proximité des cellules réceptives après diffusion à travers les capillaires sanguins.

III.2.1.2 Les stimulations olfactives et gustatives

De nombreux éléments entrant dans la composition de base du LA sont susceptibles d'activer les récepteurs olfactifs et gustatifs du fœtus. La nature de ces éléments dépend de l'alimentation maternelle et de son environnement. En effet, les composants aromatiques des aliments passent partiellement dans le sang maternel puis dans le placenta et enfin dans le LA. De même, des molécules inhalées, passent dans le plasma au niveau pulmonaire et se retrouvent aussi dans le LA. Cependant, toutes ne passent pas le placenta, cela dépend de leur poids moléculaire. Néanmoins la perméabilité du placenta va croissant avec le terme augmentant les palettes olfactive et gustative du fœtus.

Parmi les composants naturellement présents dans le LA, on retrouve :

- Pour l'olfaction : l'acide lactique (note olfactive de lait/beurre) et l'acide phénylacétique (note olfactive de fleur/miel) ;
- Pour le goût : le glucose, le fructose ; l'acide citrique et divers sels minéraux

En résumé, le LA est un milieu hautement stimulant chimiquement, complexe et dynamique. Les variétés chimio-sensorielles s'amplifient avec l'avancement de l'âge de la gestation et sont liées à la physiologie et aux influences maternelles.

III.2.2 Compétences du fœtus

III.2.2.1 Réactivité aux stimulations olfactives

À ce jour, il n'y a pas de démonstration directe du fonctionnement de l'odorat chez le fœtus car pour des raisons éthiques, des études sont difficiles à faire. Néanmoins, il existe des preuves indirectes.

En effet, des études conduites sur des modèles animaux ont montré que le fœtus animal est capable de détecter, de se familiariser et mémoriser in utero des odorants présents dans le LA. Smotherman, en 1982, a révélé que les rats exposés in utero à une faveur de pomme préfèrent ingérer au sevrage, une solution de jus de pomme plutôt qu'une solution de sirop d'érable de même valeur attractive. Molina, en 1995, a montré que l'infusion d'alcool en une seule exposition juste avant la naissance, peut induire une préférence envers l'odeur d'alcool chez le raton nouveau-né.

Des données obtenues auprès d'enfants prématurés nés entre 26 et 31 SG, montrent qu'ils sont réactifs aux stimulations olfactives. Au 8ème mois de grossesse, les voies chimio-réceptives sont suffisamment réceptives pour détecter l'odeur de menthe.

Chez le nouveau-né, des expériences ont été effectuées permettant aussi d'attester de compétences fœtales de mémorisation. Il a été démontré qu'à 3 jours, il s'oriente préférentiellement vers l'odeur de LA par rapport à l'odeur témoin. Lorsqu'il a le choix entre l'odeur de son LA et celle d'un LA témoin, il s'oriente plus rapidement et plus longuement vers le sien (Schaal, 1995, 1998).

D'autres expériences menées par Schaal en 2000 ont montré qu'une substance consommée par la mère pendant les dernières semaines de grossesse induit chez le nouveau-né une préférence stable à cette odeur par rapport à une autre référence. Les substances testées étaient l'anis, la vanille, l'ail, le chocolat et la carotte. Faas, la même année, a mis en évidence une liaison entre la fréquence de la consommation d'alcool et une augmentation de l'activité motrice de leurs nouveau-nés de 2 jours à la présentation de l'odeur d'alcool.

III.2.2.2 Réactivité aux stimulations gustatives

Les données à ce sujet sont peu nombreuses. Mais deux preuves indirectes donnent un éclairage. L'enregistrement électro-physiologique effectué chez le fœtus ovin montre que les saveurs salées et sucrées sont détectées in utero et les réponses sont identiques à celles observées à terme. Et l'observation des enfants prématurés montre qu'à 6 mois de gestation, ils sont capables de réagir au sucré par des mouvements de succion et de détente, à l'acide par une salivation accrue, à l'amer par un mouvement de rejet et au salé mais les réponses sont ambiguës. Les bourgeons du goût sont donc fonctionnels.

III.2.2.3 Remarques

Toutes ces observations montrent que le fœtus semble apte à percevoir certaines stimulations olfactives et gustatives. Mais on ignore encore l'éventail des stimulations chimiques auxquelles il est sensible, l'ampleur des fluctuations chimiques induites par l'alimentation maternelle et le seuil de sensibilité de perception du fœtus.

De plus, il faudrait préciser le rôle éventuel dans le développement de l'enfant de ces perceptions prénatales développées si précocement. En effet, au plan comportemental, les expériences chimio-sensorielles acquises au cours de la vie fœtale pourraient faciliter la vie postnatale et favoriser le développement des interactions sociales et du milieu familial. Ainsi plusieurs études ont montré la ressemblance entre le LA et le colostrum soumis tous deux au dernier repas consommé par la mère et l'impact de la familiarisation prénatale de l'odeur du LA dans l'attraction envers l'odeur du sein et du lait maternel car l'enfant reconnaît l'odeur de sa mère et est apaisé par elle.

Toutes ces compétences ne sont pas à négliger comme l'avidité au sucré existant en prénatal qui est utilisé pour calmer l'enfant, dès sa naissance, lors des prélèvements sanguins.

III.3 L'OUÏE

Le fœtus in utero entend. C'est le sens le plus aiguë. On le sait depuis la nuit des temps de façon subjective grâce aux témoignages de femmes relatant leur perception du bébé bougeant lors de l'émission d'un bruit particulier. On le sait de façon scientifique depuis les travaux de PEIPER, RAY, SONTAG et WALLACE qui, les premiers, l'avaient démontré dans les années 1920-1930 avec des moyens rudimentaires. Ces travaux ont été largement confirmés et développés à partir des années 1980.

L'ensemble des recherches menées parallèlement chez différents modèles animaux, l'enfant prématuré et le fœtus humain ont permis de définir avec une relative précision les caractéristiques du monde sonore intra-utérin, le développement anatomocellulaire du système auditif et les différentes étapes de son développement fonctionnel au cours de la période prénatale. Cet ensemble montre que ce développement s'effectue très progressivement lors du dernier trimestre de la grossesse et qu'il existe une continuité transnatale du fonctionnement sensoriel et perceptif humain. Ces données ont modifié les représentations sociales du fœtus et ont abouti à des interprétations excessives sans lien avec les résultats scientifiques.

III.3.1 Environnement sonore intra-utérin

Pour connaître cet environnement, les chercheurs ont fait des analyses d'enregistrements intra-amniotiques effectués soit chez la femme en cours d'accouchement après rupture des membranes mais également chez des modèles animaux, essentiellement la brebis gestante. Trois composantes ont été étudiées : le bruit de fond maternel, les bruits extérieurs et la transmission de la voix maternelle.

III.3.1.1 Le bruit de fond maternel

Il est surtout constitué par des bruits maternels (digestifs, cardiovasculaires, vocalises) et les bruits placentaires (flux sanguins utéro-placentaires et artère ombilicale). Il est essentiellement constitué de composantes graves et médiums (bandes de fréquence allant de quelques hertz à 500-700 hertz). Son intensité globale varie de 30 à 60 décibel en acoustique (*cf. glossaire*) (décibel en acoustique).

III.3.1.2 Les bruits extérieurs

Globalement, ils sont atténués mais de façon variable. Cette atténuation dépend de leur longueur d'onde et de leur distance par rapport à la mère. Pour des bruits émis de 1 à 2 mètres de la mère, les études montrent que les composantes :

- de basses fréquences, inférieures à 300-500 Hertz (*cf. glossaire*) (Hz) soit de grandes longueurs d'onde, ne sont pas atténuées,
- des médiums aux aiguës, de 300-500 HZ à 4 KHz, présentent une atténuation au maximum de 25 à 30 décibel (*cf. glossaire*) (dB) pour les plus hautes,
- les très aiguës, supérieures à 4 KHz, présentent une atténuation variable de 0 à 30 dB au maximum.

Globalement les sons externes supérieurs à 60 dB SPL sont transmis au liquide amniotique.

L'écoute des enregistrements intra-amniotiques des sons externes montre que les caractéristiques prosodiques de la parole, c'est-à-dire son rythme, sa tonalité, sa modulation comme les mélodies sont bien préservées. Les locuteurs comme certains mots bien articulés, sont identifiables.

III.3.1.3 La transmission de la voix maternelle

Elle bénéficie d'une double transmission à la fois aérienne et interne, cette dernière étant tissulaire et osseuse. Quand la mère parle à une intensité de 60 dB SPL qui est le ton de la conversation courante, elle a une atténuation nulle ou très faible (inférieure à 8 dB SPL).

Ce sont les sons émis par la mère qui vont avant tout activer le système auditif fœtal et non les voix masculines qui sont atténuées d'environ 20 dB SPL et dont les composantes les plus graves sont masquées par le bruit de fond utérin.

III.3.2 Compétences auditives du fœtus

Les compétences auditives du fœtus évoluent en fonction du terme de la grossesse.

- À 27-28 SG, on enregistre les premières réponses motrices : clignement des paupières (mobiles depuis 20 SG), sursaut plus ou moins généralisé, accélération cardiaque. Mais il faut des stimulations intenses supérieures à 110 dB SPL (niveau du marteau-piqueur).
- À partir de 36-38 SG, le degré de performance du système auditif est plus élaboré avec des réponses de natures différentes selon l'intensité de la stimulation. Ainsi, une accélération cardiaque de 20 à 30 battements et des sursauts sont constatés si le bruit est supérieur à 105 dB SPL, une brève décélération cardiaque de 6 à 10

battements sans mouvement si le bruit se situe entre 92 et 100 dBSPL et aucune réaction pour un bruit inférieur.

- De plus, une habitude à la présentation répétée d'un même son se traduit par une diminution progressive des réponses à des stimuli en prénatal mais aussi en post-natal. En effet, une enquête a montré que, à proximité de l'aéroport d'Osaka, la proportion de nouveau-nés réveillés par le bruit des avions est d'autant plus faible que l'exposition prénatale a été prolongée. De plus, De COOPER a montré que les nouveau-nés de 2 à 4 jours préfèrent un énoncé lu ou une mélodie chantonnée par la mère pendant les dernières semaines de grossesse à des stimulations de contrôle. Il a donc conclu que le fœtus proche du terme comme le nouveau-né reconnaît la prosodie particulière d'un texte lu de même que le contour d'une mélodie particulière. Ces constatations sont confirmées par De CASPER et FIFER qui ont également démontré que le nouveau-né préfère écouter la voix de sa mère à celle de toute autre femme.

Cette mémoire auditive semble se mettre en place vers la fin de la gestation.

Par contre, aucune étude n'a encore abordé le problème de la construction des représentations auditives au cours de la période foetale.

III.4 LA VUE

Le développement du système visuel est particulièrement complexe, avec des périodes de vulnérabilité spécifiques. L'organisation anatomo-fonctionnelle de la vision dépend d'une série de facteurs environnementaux, nutritionnels et physiopathologiques.

Au cours de la grossesse, le système visuel est préparé pour recevoir des stimuli par rapport à la forme, l'orientation, le mouvement.

III.4.1 Environnement utérin et stimulations visuelles du fœtus

Elles semblent limitées in utero. Des études faites chez le rat et le cobaye ont montré qu'une partie de la lumière externe modifie l'ambiance lumineuse in utero et peut atteindre le fœtus et donc la rétine soit au travers les paupières avant 20 SG soit directement ensuite pendant les périodes d'éveil où celles-ci sont ouvertes.

III.4.2 Compétences du fœtus

Elles sont faibles du fait du peu de stimuli, il ne perçoit que des ombres, des mouvements. On a démontré que l'allumage d'une lampe de forte puissance ou le maintien prolongé devant l'abdomen maternel provoque des accélérations cardiaques et une augmentation de l'activité motrice.

La vision va se développer après la naissance.

IV BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- *Soins aux nouveau-nés : avant, pendant et après la naissance ; Masson, 2ème édition, Paris, 2006, 837 pages*
- *Abrégé d'embryologie médicale ; Masson, 3ème édition, Paris, 1976, 443 pages*
- *Sensorialité du fœtus - Éditions Techniques - EMC/Gynécologie/Obstétrique, 5-002-A-60, 1995, 8 p*
- *Collège National des SF et l'Association Française des SF Enseignantes. Traité d'obstétrique ; Elsevier Masson, Issy-les-Moulineaux, octobre 2010, 657 pages*
- *Précis d'obstétrique, Masson, 5ème édition, 1979, 456 pages*
- *Physiologie foetale, EMC/gynécologie/obstétrique, 5-002-17-10, 2001, 8 pages*

Articles :

- *Premières acquisitions foetales - Danger des sur stimulations - Les dossiers de l'obstétrique, 2007, n° 358, p 9-14*
- *Capacités auditives prénatales - 38ème Journées Nationales de Médecine Périnatale (Strasbourg, 2008), Arnette édit Paris, 2008, p 141-147*
- *Aux sources foetales des réponses sensorielles et émotionnelles du nouveau-né Spirales, 2005/1 n°33, p 21-40*
- *38ème Journées Nationales de Médecine Périnatale (Strasbourg, 2008), Arnette édit Paris, 2008, p 149-155*
- *des observations récentes sur la régulation du métabolisme du fœtus par le glucose (traduction), the journal of physiology, USA Colorado, 2006, n°572, pages 17 à 24*
- *Émergence des sensations olfactives, gustatives et trigéminales - 38ème Journées Nationales de Médecine Périnatale (Strasbourg, 2008), Arnette édit Paris, 2008, p 123-140*
- *L'audition foetale : développement fonctionnel et perceptif - Les dossiers de l'obstétrique, 2007, n° 358, p 4-8*

Film :

- *Le monde selon bébé. 13 Production, ARTE France et CBC. 2005. 90 mn.)*
- **Sites Internet :**

- <http://cvirtuel.cochin.univ-paris5.fr/Embryologie/AnimEntre/AnimEntre1.html>
- <http://umvf.univ-nantes.fr/gynecologie-et-obstetrique/>
- <http://www.embryology.ch/index.html>

CONCLUSION

Grâce à l'évolution des techniques et de l'expérience des opérateurs, l'approche directe du fœtus par l'échographie anténatale et le doppler a permis de mieux comprendre la physiologie fœtale. Mais il existe encore de nombreuses inconnues concernant la régulation de la croissance fœtale et l'évaluation d'une croissance foetale idéale pour une grossesse donnée.

Tous les systèmes sensoriels présentent in utero des capacités réactives bien avant d'avoir abouti à leur maturité structurale et fonctionnelle.

Les stimulations sensorielles contribuent largement à façonner le développement tant neurocellulaire que fonctionnel du système nerveux. Elles orientent le développement neurocognitif et neuroémotionnel. Ainsi, l'enfant naît dans un milieu partiellement connu.

V ANNEXES

GLOSSAIRE

- décibel : unité relative de l'intensité acoustique. Pour une fréquence de 1000Hz : 0dB est le seuil d'audibilité, de 20 à 30 dB correspond au chuchotement , de 60 à 70 dB à une conversation courante et 130dB est le seuil de la douleur ; 194dB est le son le plus bruyant possible dans l'air à la pression atmosphérique du niveau de la mer. Toute onde au-delà de cette frontière ne s'appelle plus onde sonore mais onde de choc
- décibel en acoustique : (Sound Pressure Level) : rapport de la puissance par unité de surface du son que l'on mesure et une puissance par unité de surface de référence ; 60 dB SPL correspond à une conversation courante
- érythropoïèse : ensemble des processus de production des érythrocytes ou globules rouges
- hématopoïèse : l'ensemble des processus physiologiques permettant la création et le renouvellement des cellules sanguines ou hématocytes
- hématopoïétique : responsable de la production des éléments cellulaires du sang
- Hertz : Unité de fréquence ; la hauteur du son se mesure par le nombre de vibrations/seconde. Le domaine de perception des sons de l'oreille humaine se situe dans une plage de fréquence entre 20Hz et 20000Hz
- lanugo : Duvet très fin recouvrant tout le corps du fœtus à l'exception des paumes des mains et plantes des pieds
- les îlots de Langerhans : Les îlots de Langerhans sont des cellules endocrines (produisant des hormones) du pancréas regroupées en îlots disséminés entre les acini séreux (cavités arrondies débouchant sur le canal pancréatique.)
- trigéminal : le nerf trijumeau est la 5ème paire des nerf crâniens dont le rôle est moteur pour la mastication et sensitif des téguments de la face. Les fibres afférentes somatiques générales du système trigéminal assurent l'innervation de la face, de la cavité buccale entre autre. Il se distribue également aux muscles masticateurs par des fibres viscérales spéciales
- vernix caseosa : Substance cireuse d'origine sébacée, blanche et grasse recouvrant la peau du fœtus et du nouveau-né à la naissance

EN SAVOIR PLUS

- Etude clinique et paraclinique de la grossesse : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/etudecliniquegrossesse/site/html/2.html>
- L'échographie obstétricale : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html>
- L'échographie obstétricale : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Le cordon : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/cordonombilical/site/html/>
- Le liquide amniotique : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Le mobile foetale : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Le placenta : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Le placenta : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Les annexes : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Les membranes : <http://uvmaf.univ-nantes.fr/UE-obstetrique/liste-1.html>
- Les modifications physiologiques de la grossesse. : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/modificationsphysiologiques/site/html/>
- Surveillance clinique et paraclinique maternelle. : <http://www.uvmaf.org/UE-obstetrique/etudecliniquegrossesse/site/html/2.html>
- UE de pédiatrie - la naissance : accueil du nouveau-né et adaptation à la vie extra-utérine : <http://www.uvmaf.org/liste-1.html>
- UE Pédiatrie - Accueil du nouveau-né : <http://www.uvmaf.org/liste-1.html>

ABRÉVIATIONS

- bpm : Battements Par Minute
- dB : décibel
- dB SPL : décibel en acoustique
- HU : Hauteur Utérine
- Hz : Hertz
- IGF : Insulines-like Growth Factor
- LA : Liquide Amniotique
- OD : Oreillette Droite
- OG : Oreillette Gauche

- RCF : Rythme Cardiaque Foetal
- RCIU : Retard de Croissance Intra Utérin
- SA : Semaine d'Aménorrhée
- SG : Semaine de Gestation
- SNC : Système Nerveux Central
- VCI : Veine Cave Inférieure
- VCS : Veine Cave Supérieure
- VD : Ventricule Droit
- VG : Ventricule Gauche