

Rythme cardiaque fœtal

Introduction

Au cours de la grossesse et l'accouchement, le rythme cardiaque du fœtus (RCF) peut changer selon divers événements internes et externes. Ces événements ont une influence non négligeable sur l'interprétation du RCF. C'est la raison pour laquelle il est intéressant de mesurer avec exactitude le rythme cardiaque fœtal. Actuellement, le RCF est l'un des paramètres les plus importants dans la décision d'extraction d'un fœtus présentant une souffrance intra-utérine.

Le choix du moment de l'intervention intervient souvent après la mise en balance des risques liés à la grande prématurée à titre d'exemple : une rupture prématurée des membranes, un retard de croissance intra-utérine, un diabète maternel et surtout une souffrance fœtale de l'hypoxie et de l'acidose.

I.1 Historique

L'auscultation fœtale remonte au début du 19^{ème} siècle. Le suisse Mayor en 1818, puis surtout le jumeau, vicomte de Kergaradec en 1821, décrivent l'auscultation des bruits du cœur du fœtus. Avant le début du 20^{ème} siècle, sont connus : le rythme cardiaque moyen, l'accélération du rythme avec les mouvements du fœtus ou la fièvre maternelle, la diminution relative du rythme avec l'avancement de la grossesse et l'influence des contractions utérines.

Les premiers enregistrements phonocardiographiques remontent à Pestalozza en 1891, et à Hofbauer et Weiss en 1905. Le premier enregistrement électrocardiographique (ECG) remonte à Cremer en 1906. Les premiers cardiotocographes (CTG), étudiant la fréquence cardiaque par minute, apparaissent en 1957 par Corner et Stran ensuite en 1958 par Hellman. Les problèmes techniques étaient nombreux. Ils ne furent guère résolus pour la grossesse que par Hammacher en 1962, avec le recours au signal phonocardiographique, et pour le travail par Hon, avec le signal électrocardiographique.

Depuis 30 ans, de nombreux travaux ont permis de mieux comprendre la physiologie du rythme cardiaque fœtal (RCF) et sa pathologie. L'étude du RCF reste actuellement la méthode la plus utilisée pour évaluer le bien-être fœtal.

I.2 Définitions

I.2.1 Qu'est ce qu'un fœtus

Un fœtus est le produit de la conception à partir du troisième mois de la vie intra-utérine. La conception est la production d'un être vivant à partir de la fécondation. Par rapport à un embryon qui est le résultat immédiat de la fécondation, le fœtus acquiert des caractères distinctifs de l'espèce humaine à partir du troisième mois. En effet les systèmes et les organes, chez le fœtus sont déjà constitués. La période fœtale se caractérise essentiellement par la maturation et la croissance. La figure I.1 suivante représente un fœtus et ses membranes.

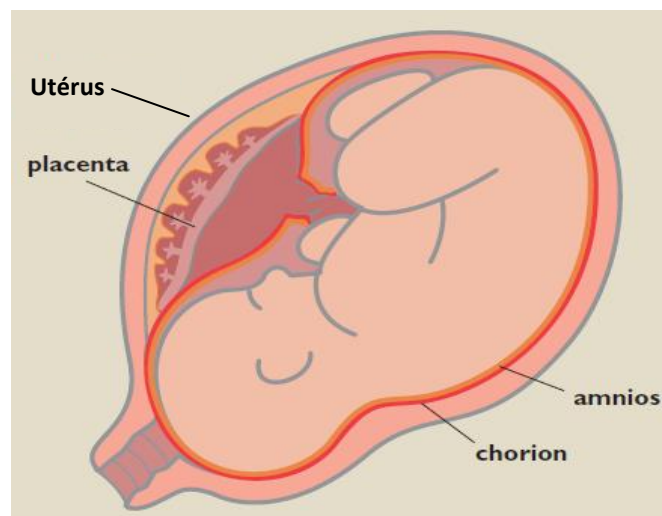


Figure I.1 : physiologie d'un fœtus

I.2.2 Circulation sanguine fœtale

Le sang oxygéné en provenance du placenta est transporté au fœtus par la veine ombilicale. Le sang du fœtus traverse par la veine porte et il est amené à la veine cave inférieure par l'intermédiaire du canal D'Arantius.

A ce niveau, un mélange aura lieu avec le sang appauvri en oxygène provenant de la partie basse du corps du fœtus (les pieds). Si le débit sanguin est normal, la majeure partie du sang bien oxygéné provenant du placenta passe directement dans l'oreillette gauche par l'intermédiaire du foramen ovale. Cette séparation du sang oxygéné est essentielle car le sang riche en oxygène peut être transporté du ventricule gauche vers le myocarde et les régions supérieures du corps du fœtus, c'est-à-dire le cerveau. Le sang à concentration basse en oxygène est transporté de l'oreillette droite au ventricule droit puis passe dans l'artère pulmonaire. Il traverse ensuite l'aorte par l'intermédiaire du canal artériel. A partir de l'aorte, le sang est ramené par les artères ombilicales jusqu'au placenta, où il sera réoxygéné et ainsi de suite (voir figure I.2).

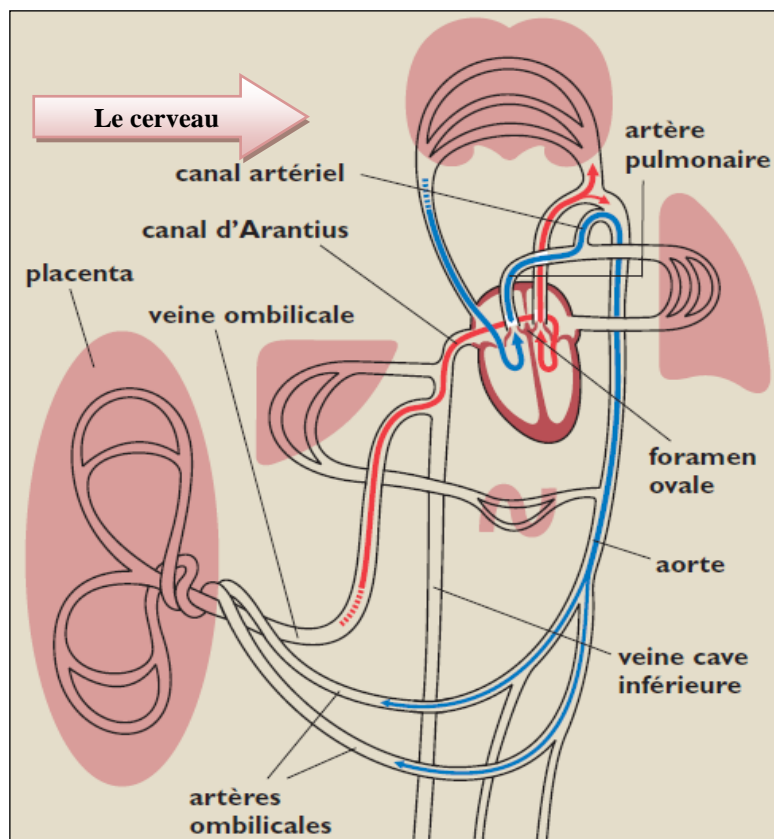


Figure I.2 : circulation sanguine fœtale

I.3 CardioTocoGraphe (CTG)

Le Cardiotocographe ou le monitoring électronique (figure I.3) est un appareil qui permet de surveiller et de diagnostiquer les risques d'accidents neurologiques pendant la

grossesse, la mort du nourrisson lors de l'accouchement et la détection d'une éventuelle souffrance fœtale nécessitant une intervention (une hypoxie, une asphyxie...).

Cet examen cardiotocographique est utilisé pendant la grossesse à partir de la 28^{ième} semaine ou au cours du travail après la rupture de la poche des eaux.



Figure I.3 : cardiotocographe

I.3.1 Principe de fonctionnement

Le cardiotocographe est utilisé pour mesurer le rythme cardiaque fœtal dans les deux phases : phase de grossesse et d'accouchement, pour cette raison différents capteurs sont construits :

- Un tocomètre détecte les contractions utérines.
- Un capteur à ultrasons doppler posé sur l'abdomen de la mère permet de détecter le rythme cardiaque fœtal.
- Des électrodes placés sur la tête du fœtus (uniquement après la perte des eaux) permettent d'établir un électrocardiogramme (ECG) fœtal grâce à des filtres électroniques isolant les ondes cardiaque fœtale.

I.3.2 Méthodes d'acquisition

Il existe deux méthodes pour acquérir de l'information à partir d'un CTG (monitorage fœtal) : méthodes externes et méthodes internes.

➤ **Méthode externe** : cette méthode utilise un capteur externe appelé tocomètre enregistre les contractions utérines, un deuxième capteur à ultrasons comporte un émetteur et un récepteur, placé sur l'abdomen (le ventre) de la mère est utilisé pour surveiller la fréquence cardiaque fœtale (voir figure I.4).

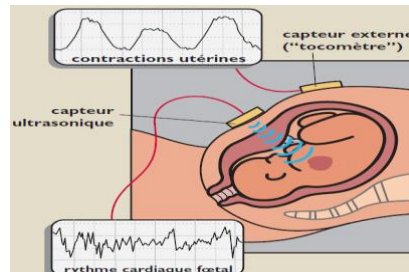


Figure I.4 : acquisition externe

➤ **Méthode interne** : cette méthode offre une détection précise de chaque battement cardiaque, qui repose sur l'intervalle R-R de l'ElectroCardioGrame fœtal (ECGF) enregistré grâce à une électrode mise en place sur le scalp (le crâne) du fœtus. Les modifications de la pression intra-utérine peuvent également être enregistrées à l'aide d'un capteur de pression intra-utérine (voir figure I.5).

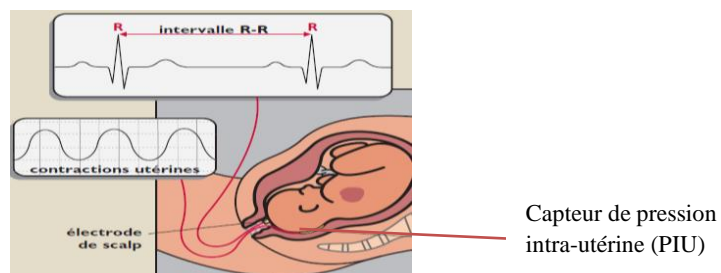


Figure I.5 : acquisition interne

L'enregistrement externe de la fréquence cardiaque fœtale présente certaines limites, et il est nécessaire d'employer un monitoring interne pour obtenir des enregistrements de la variabilité exacte du rythme cardiaque fœtal.

I.4 Interprétation du tracé CTG

L'interprétation du tracé CTG indiquant le rythme Cardiaque fœtale (RCF) peut être : visuelle ou informatisée. La figure I.6 représente un tracé du rythme cardiaque fœtal mesuré par un cardiotocographe (CTG). Il indique les différents paramètres qui influent sur l'état des fœtus au cours de la grossesse et l'accouchement, citons : la fréquence cardiaque fœtale de base, la variabilité, les accélérations, les décélérations et les contractions utérine.

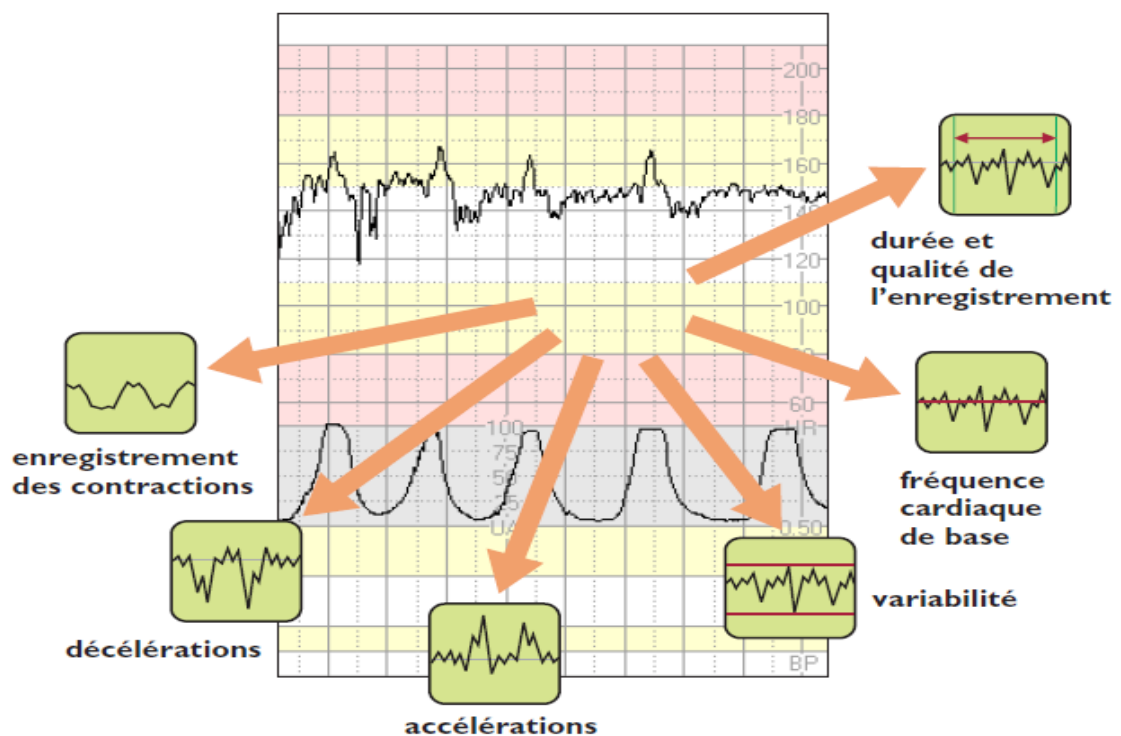


Figure I.6 : tracé du rythme cardiaque fœtal à partir d'un CTG

I.4.1 Analyse visuelle

L'évaluation visuelle d'un tracé du rythme cardiaque fœtal doit être effectuée par une personne expérimentée (un gynécologue ou obstétricien), capable de déterminer mentalement à partir d'un cardiotocographe les différents paramètres d'un RCF. Ces paramètres sont modifiés ou variés par divers facteurs, à titre d'exemple : l'âge gestationnel, les états comportementaux fœtaux, la maturité du système nerveux centrale.

I.4.1.1 Durée et qualité de l'enregistrement

En raison des variations dues à l'état du sommeil et des activités utérines, la durée de l'enregistrement CTG doit être de 20 minutes au minimum pour qu'une interprétation appropriée de l'information soit possible.

La fréquence cardiaque fœtale peut être enregistrée sur une plage comprise entre 50 et 210 bpm avec un pas de 10 battements par carreau sur l'axe vertical et le temps par minute (une minute par carreau) sur l'axe horizontal. L'activité utérine est analysée sur une échelle allant de 0 à 100 unités relatives quand un tocomètre est employé, et entre 0 et 100 mm de mercure si la mesure fait appel à un capteur intra-utérin.

Le temps est indiqué toutes les 10 minutes et la date est imprimée toutes les 30 minutes. L'information relative aux types de capteurs utilisés est indiquée toutes les 30 minutes et à chaque changement.

La mention **FECG** (pour Fœtal electrocardiogram, electrocardiogramme fœtal) figure sur le tracé, la mention **US** est imprimée pour les enregistrements externes par ultrasons. **TOCO** est indiqué sur le tracé si l'enregistrement est obtenu à l'aide d'un capteur externe, alors que la mention **IUP (intra-utérin pression)** signifie qu'un capteur de pression interne a été employé.

I.4.1.2 Fréquence cardiaque de Base

La fréquence cardiaque de base est définie comme le rythme cardiaque enregistré entre les contractions ou entre deux accidents (accélérations ou décélérations), et stabilisé sur une période de 10 minutes au minimum. La fréquence de base est rapportée en battements par minutes (bpm), moyenné à partir des épisodes de faible variation (voir figure I.7).

La fréquence cardiaque fœtale de base est dite normale, si elle est rangée entre 110 et 150 bpm [11].

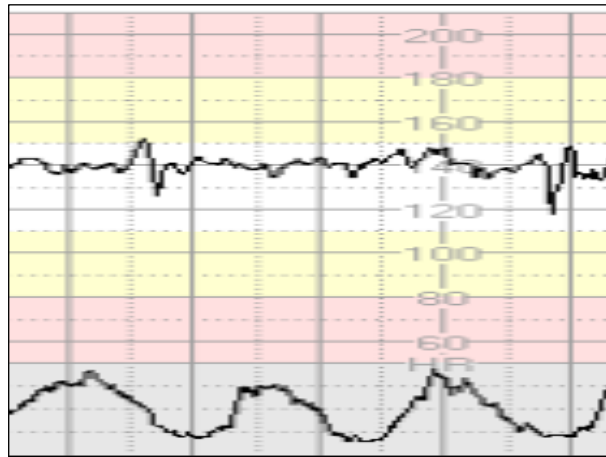


Figure I.7 : tracé d'une fréquence de base normale

Les anomalies de la fréquence cardiaque de base (baseline fetal heart rate) sont la bradycardie et la tachycardie.

❖ **Bradycardie**

La bradycardie est la diminution de la fréquence cardiaque de base, ces principales causes peuvent être : la compression du cordon, la procidence du cordon, difficultés d'extraction fœtale (forceps).

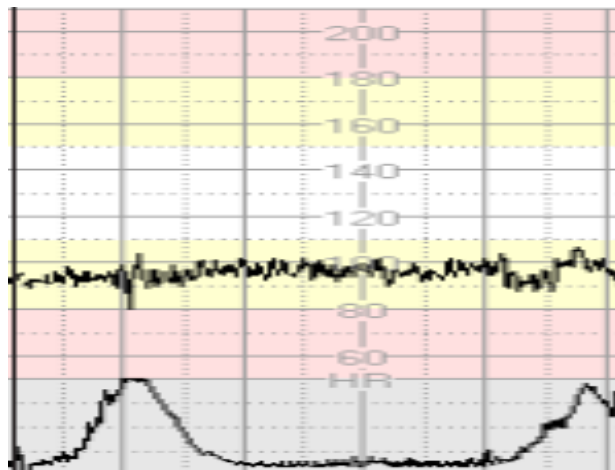


Figure I.8 : tracé d'une bradycardie

On trouve deux types de la bradycardie fœtale : modérée et sévère. Dans le premier cas la fréquence de base varie entre 100 et 110 bpm (peu alarmante), alors que dans le

second cas la fréquence est au dessous de 100 bpm (cas pathologique). La figure I.8 représente un tracé d'une bradycardie fœtale.

❖ Tachycardie

La tachycardie est une augmentation de la fréquence cardiaque de base au dessus de la fréquence normale (voir figure I.9), elle peut aussi être modérée et sévère. Dans le premier cas, la fréquence de base varie entre 150 et 170 bpm, alors que dans le deuxième cas la fréquence de base est au dessus de 170 bpm. Ces principales causes peuvent être :

- ✓ **Hypoxie fœtale** : une baisse de la pression partielle en oxygène aboutit à une augmentation de l'activité sympathique, résultant en une augmentation de la fréquence cardiaque.
- ✓ **Stress et anxiété maternelles** : une situation stressante, ou un niveau d'anxiété élevé chez la mère induit à une tachycardie maternelle et aussi fœtale.
- ✓ **Infection fœtale** : au cours d'une infection, les besoins en oxygène du fœtus sont augmentés, ce qui mène a une augmentation du rythme cardiaque fœtal résultant une tachycardie.
- ✓ **Fièvre maternelle** : Une fièvre maternelle peut survenir au cours du travail en dehors de toute infection, particulièrement avec l'utilisation de la péridurale ou en cas de travail prolongé. Cette fièvre maternelle augmente le débit sanguin fœtal, alors que le cœur doit pomper une quantité supplémentaire du sang ce qui mène a une augmentation de la fréquence cardiaque de base puis à une tachycardie.

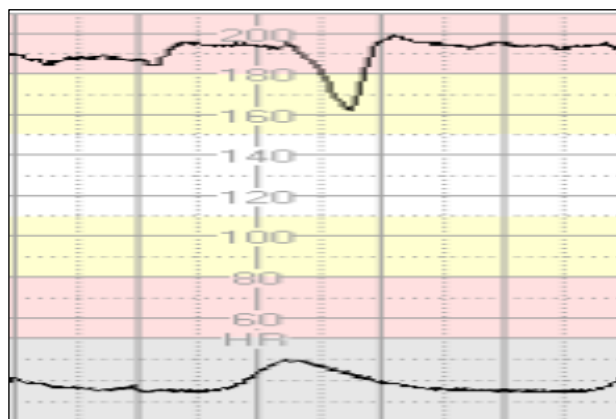


Figure I.9 : tracé d'une tachycardie

I.4.1.3 Variabilité du rythme de base

On distingue deux types de variabilité : une variabilité à court terme (short-term variation), représente la variation du rythme cardiaque battement par battement, et une variabilité à long terme (long-term variation) ou les oscillations, qui représentent la variation du rythme cardiaque sur une période d'une minute.

L'analyse visuelle d'un tracé du RCF permet de déterminer juste la variabilité à long terme par contre la variabilité à court terme est déterminée par une analyse informatisée (qu'on verra par la suite) à partir d'un appareil qui la calcule automatiquement.

D'après Hammacher [12], on peut classer la variabilité du rythme de base en fonction de l'amplitude des oscillations et la fréquence des oscillations.

a) Variabilité de l'amplitude des oscillations du RCF

La mesure de l'amplitude des oscillations sur une période de 1 minute permet de classer un tracé du RCF dans un état normal ou pathologique. La figure I.10 montre la façon de mesurer l'amplitude des oscillations.

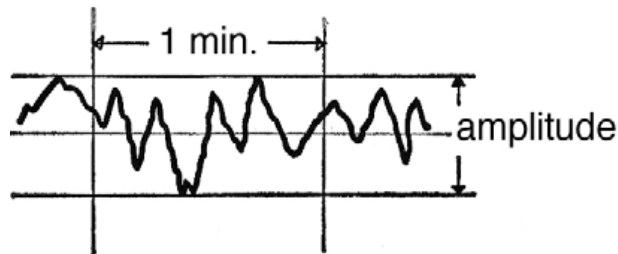
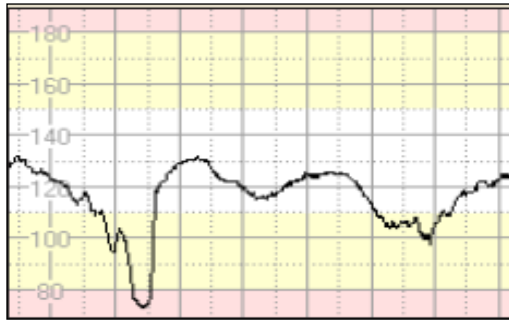


Figure I.10 : mesure de l'amplitude des oscillations

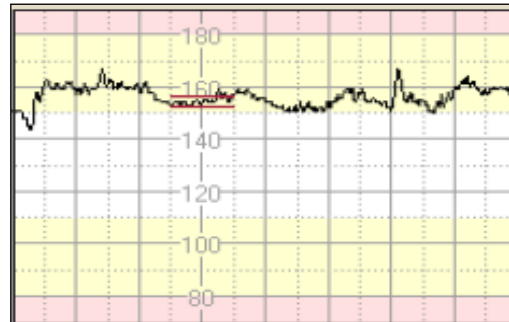
Hammacher [2] a proposé une classification de ces oscillations en fonction de leur amplitude :

- Tracé plat ou silencieux (figure I.11.a) : absence complète d'une variabilité, ce rythme cardiaque indique qu'il y a une hypoxie fœtale aiguë.
- Variabilité réduite (figure I.11.b) : une amplitude minimale inférieure à 5 bpm.
- Tracé de variabilité normal (figure I.11.c) : amplitude entre 5 à 25 bpm.
- Tracé saltatoire ou rythme saltatoire (figure I.11.d) : ceci a une amplitude supérieure à 25 bpm et il indique un début de stress fœtal. On peut différencier entre un

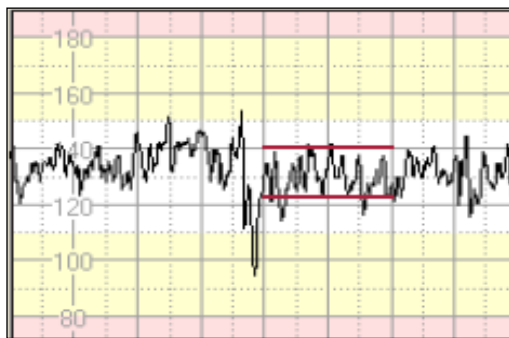
tracé saltatoire et une série d'accélération par leur durée, le rythme saltatoire, doit durer de 5 à 10 minute, en dessous de 5 minutes, il s'agit d'une série d'accélération [11]. Les figures suivantes représentent les différents cas de la variabilité en fonction de l'amplitude.



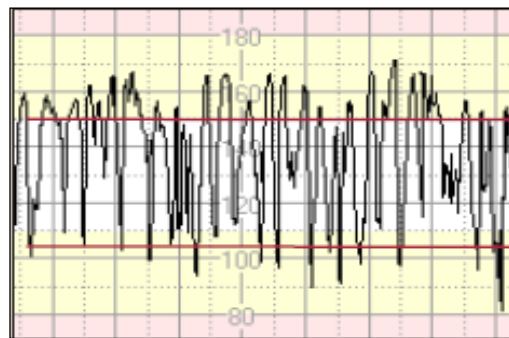
(a) tracé plat



(b) variabilité réduite



(c) tracé normal



(d) tracé saltatoire

Figure I.11 : différents types de variabilité

b) Variabilité de la fréquence des oscillations du RCF

Sur une minute d'enregistrement du tracé du RCF, on remarque la présence d'un certain nombre d'oscillations, le nombre de ces oscillations est appelé la fréquence des oscillations.

Il existe trois méthodes de dénombrement des oscillations (figure I.12) sur une période d'une minute [13]. La première est la floating line qui consiste à tracer une ligne flottante qui suit la ligne générale du tracé et de compter le nombre de fois que cette ligne est traversée par les oscillations. La seconde méthode est celle des turning points, consiste à compter les points à chaque changement de direction. La dernière méthode nous permet de compter le nombre de cycles, c'est la plus simple et la plus utilisée [13].

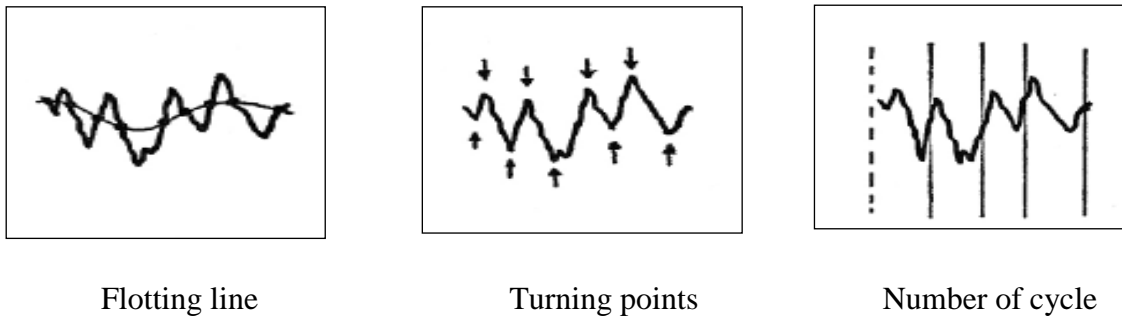


Figure I.12 : méthodes de calcul de la fréquence des oscillations

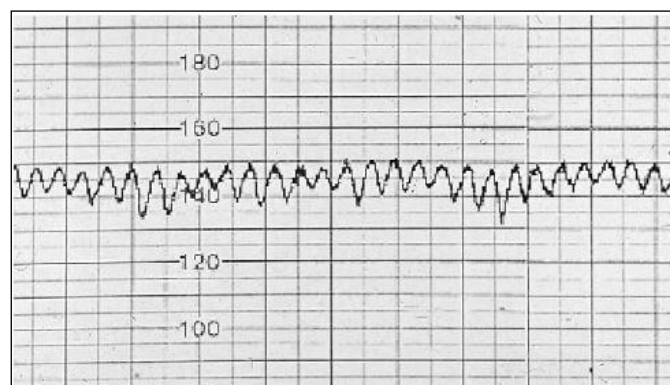
La fréquence des oscillations du rythme de base du RCF est classifiée en :

- Normale : s'il y a plus de 4 cycles par minute.
- Suspect : si la fréquence est égale à 4 cycles par minute.
- Pathologique : si la fréquence est moins de 4 cycles par minute.

c) Tracé sinusoïdal

Le tracé sinusoïdal du rythme cardiaque se définit comme des oscillations très régulières ayant des ondulations arrondies (variations périodiques de la fréquence cardiaque sans variations d'un battement à un autre), une fréquence de base stable entre 120 et 160 bpm, ces oscillations ont une amplitude de 5 à 15 bpm et une fréquence de 2 à 5 cycles par minute. Le rythme sinusoïdal se caractérise par l'absence d'accélération et de décélération, voir figure I.13.

Ce rythme s'observe dans le cas d'anémie fœtale due à une hémorragie fœtale ou dans le cas d'une asphyxie fœtale.



L'augmentation et la Figure I.13 : rythme sinusoïdal différentes causes. La table I.1 suivante indique les différents facteurs influents sur la variabilité. Concernant la phase de sommeil, le RCF peut avoir une diminution de la variabilité, ceci ne doit pas

être confondu avec une absence de réactivité du fœtus. Mais à condition que cette situation ne doit pas dépasser une durée de 40 min (durée de sommeil fœtale).

Diminution de la variabilité	Augmentation de la variabilité
La grande prématurité	La maturité fœtale
Tachycardie fœtale	Bradycardie fœtale
Etat de sommeil fœtal	Etat d'éveil fœtal actif

Table I.1 : facteurs modifiants la variabilité

I.4.1.4 Accélérations (ou réactivités)

Une accélération est définie comme une augmentation intermittente (irrégulière) de la fréquence cardiaque de plus de 15 battements et d'une durée de plus de 15 secondes. La présence d'accélérations témoigne la bonne vitalité fœtale.

Un tracé CTG normal devrait présenter au moins deux accélérations sur une période de 20 minutes [11] (voir figure I.14).

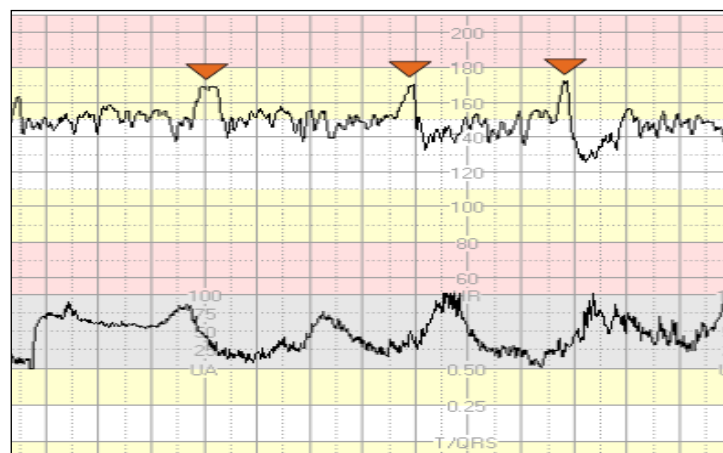


Figure I.14 : accélérations du rythme cardiaque fœtal

Les accélérations apparaissent soit spontanément, soit suite aux mouvements fœtaux ou aux contractions utérines.

➤ **Mouvements fœtaux**

Les mouvements fœtaux ou la réactivité fœtale sont en relation avec les cycles de sommeil et de veille et même avec l'âge gestationnel. Leur diminution est un bon prédicteur de souffrance fœtale.

Les accélérations du RCF associées aux mouvements fœtaux s'appellent des accélérations sporadiques et elles sont classées en fonction de l'âge gestationnel [11]:

- Avant la 28 semaines, plus de 60 % des tracés normaux comportent des accélérations.
- Entre la 28 et la 32 semaines, 84 % des tracés les comportent aussi.
- Au dessus de la 32 semaines, les tracés normaux sans accélérations deviennent rares.

➤ Contractions utérines

Lors des contractions utérines, l'accélération serait due à l'occlusion partielle des veines ombilicales, ces accélérations relevées au cours des contractions utérines sont appelées des accélérations périodiques. La figure I.15 nous montre les deux types d'accélérations.

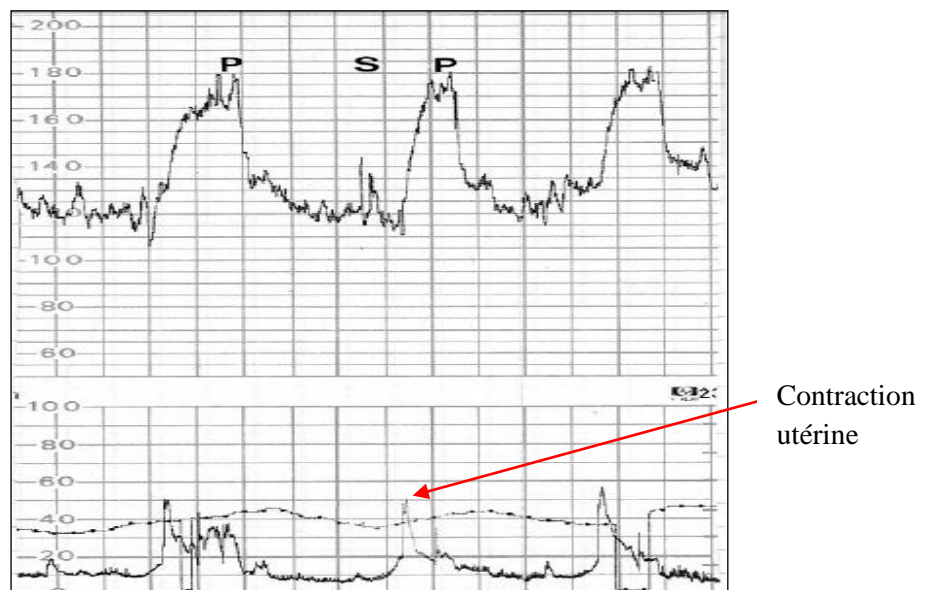


Figure I.15 : accélération sporadique (S) et accélération périodique (P)

I.4.1.5 Décélérations (ou ralentissement)

Une décélération est définie comme une diminution de la fréquence cardiaque de plus de 15 battements et qui se maintient pendant plus de 15 secondes. Les décélérations peuvent correspondre à des observations significatives car elles sont liées aux contractions utérines, et donc au développement d'une hypoxie. La majorité des

décélérations sont toutefois sans relation avec une hypoxie, mais sont causées par des modifications de l'environnement fœtal. On distingue quatre types de ralentissements :

a) Ralentissements précoces

Un ralentissement précoce correspond à une diminution réflexe de la fréquence cardiaque en rapport avec les contractions utérines. La décélération débute avant que la contraction utérine atteigne son maximum, celle-ci a une morphologie arrondie et uniforme (diminution non marquée du nombre de battements).

La décélération précoce se définit par une amplitude entre 20 et 30 bpm, le rythme de base le plus bas observé au creux de la décélération est rarement inférieur à 100 bpm.

Ce phénomène est habituellement dû au cours de l'accouchement, après la rupture des membranes. Un ralentissement précoce est généralement supporté par le fœtus, et il est sans lien avec une hypoxie. La figure I.16 ci-dessous représente un ralentissement précoce avec une diminution du rythme cardiaque d'amplitude égale à 20 bpm et une fréquence de 100 bpm au creux de la décélération.

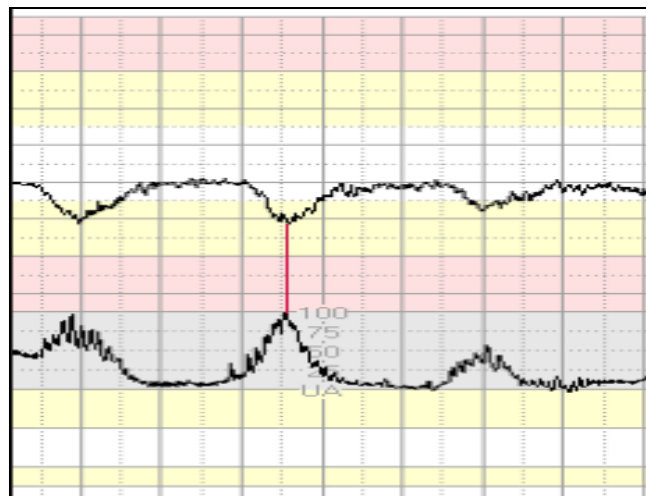


Figure I.16 : ralentissement précoce

b) Ralentissements tardifs

Ils sont comme les ralentissements précoces, uniformes dans leur morphologie. Les ralentissements tardifs se caractérisent par un décalage entre le début et la fin d'une contraction, ce décalage est de 20 à 30 secondes.

Ces ralentissements tardifs sont fréquemment associés à une élévation de la fréquence cardiaque de base et parfois liés à une hypoxie de courte durée induite d'une diminution du débit sanguin placentaire.

La figure I.17 représente des ralentissements tardifs avec une fréquence cardiaque de base égale à 150 bpm et un décalage de 30 secondes entre la fin d'une contraction et le début d'une décélération.

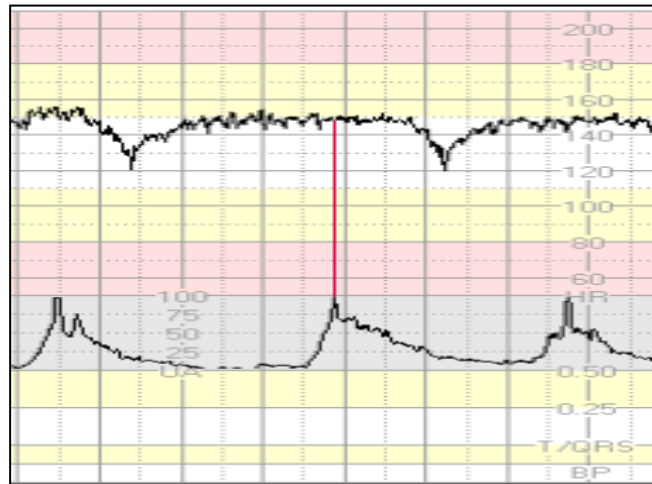


Figure I.17 : ralentissements tardifs

c) Ralentissements variables

Les ralentissements variables sont les plus fréquents dans les tracés. Ils représentent environ 80% de tous les ralentissements [13]. On distingue deux types de ralentissements variables : compliqués et non compliqués. Ces derniers sont différenciés par leur durées.

Une décélération variable non compliquée peut être considérée comme un événement normal, si elle est caractérisée par une diminution du nombre de battements de moins de 60 battements et d'une durée de moins de 60 secondes. Cette décélération est le reflet d'une réduction du débit sanguin ombilical due à une compression de la veine ombilicale qui empêche un retour normal du sang au cœur du fœtus. Ce phénomène va diminuer la quantité du sang que le cœur fœtal doit pomper, ce qui induit une réduction (décélération) de la fréquence cardiaque fœtale.

La figure I.18 nous montre des ralentissements variables non compliqués d'une diminution de 30 battements et d'une durée de 60 secondes.

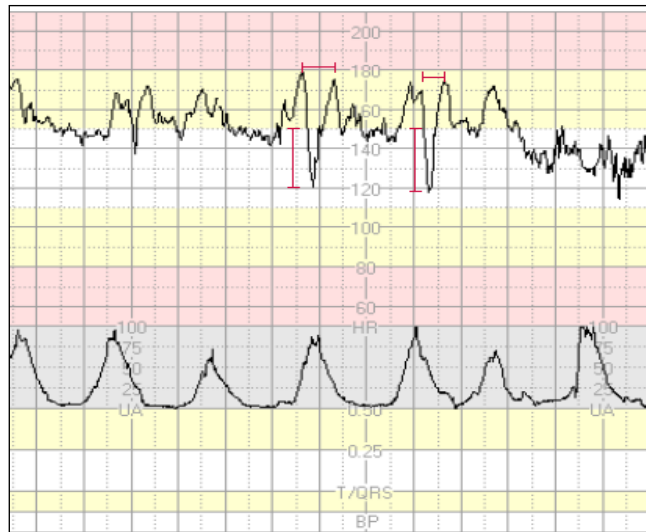


Figure I.18 : ralentissements variables non compliqués

Une décélération variable compliquée est définie par une diminution du nombre de battements de plus de 60 battements sur une durée qui dépasse 60 secondes. Ce phénomène signifie que le risque qu'un fœtus soit exposé à une hypoxie est augmenté.

La figure I.19 ci-dessous représente des ralentissements variables compliqués avec une diminution de 100 battements sur une durée de 2 minutes.

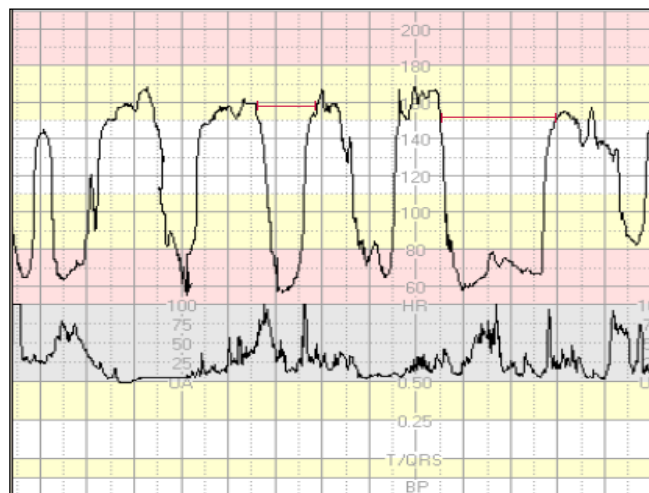


Figure I.19 : ralentissements variables compliqués

d) Ralentissement prolongé

Une décélération prolongée est définie comme une diminution du rythme fœtal avec une fréquence cardiaque de base inférieure à 80 bpm pendant plus de deux minutes, ou inférieure à 100 bpm pendant plus de trois minutes (voir figure I.20).

Ces décélérations prolongées sont observées durant une hypoxie chez un fœtus sain (procidence du cordon), pendant le prélèvement d'un échantillon du sang fœtal ou dans le cas d'une présence de vomissement maternel.

Parfois, les décélérations variables compliquées peuvent se transformer en décélérations prolongées qui durent entre 2 et 10 minutes.



Figure I.20 : ralentissements prolongés

I.4.1.6 Activités utérines (ou contraction utérine)

La surveillance de l'activité utérine est tout aussi importante que le monitoring de la fréquence cardiaque. L'activité utérine devrait être évaluée sur la fréquence des contractions. Cette fréquence devrait être de deux à trois contractions toutes les 10 minutes durant la phase de dilatation, et elle devrait augmenter à quatre ou cinq contractions toutes les 10 minutes durant la phase d'expulsion.

Des contractions trop espacées telles qu'elles sont présentées sur la figure I.21 peuvent causer un ralentissement du rythme cardiaque fœtal et un prolongement du travail, ce qui présente une augmentation du risque pour le fœtus.

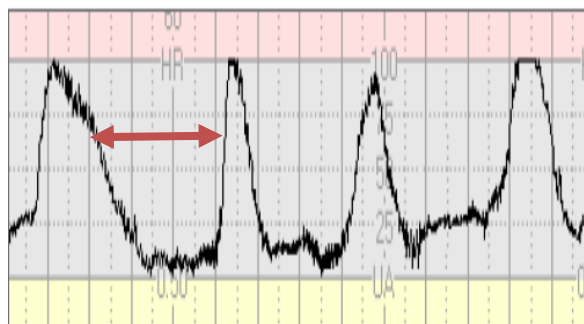


Figure I.21 : contractions espacées

Si on repère plus de cinq contractions toutes les 10 minutes, l'oxygénation fœtale est susceptible d'être menacée car l'aptitude du fœtus à se réoxygéner entre les contractions peut diminuer.

La durée de la contraction est un élément important dans l'évaluation de son efficacité. La durée peut varier de 30 à 60 secondes durant la période de dilatation, puis augmenter pour atteindre 90 secondes pendant la période d'expulsion.

La figure I.22 suivante, représente une série de contractions normales (3 contractions pendant 10 minutes).

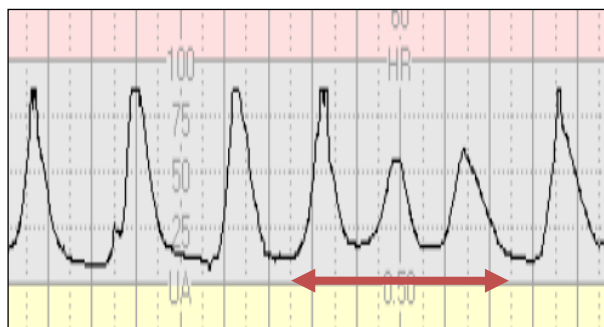


Figure I.22 : contractions normales

I.4.2 Analyse informatisée du RCF

L'analyse informatisée du rythme cardiaque fœtal (RCF), est mise au point par l'équipe du professeur Dawes et par Redman à l'université d'Oxford au Royaume-Uni en 1977, partant d'une base contenant 8000 cas de grossesses pathologiques [14].

Ces systèmes informatisés sont conçus pour rendre automatique l'interprétation du rythme cardiaque fœtal et pour simplifier la surveillance fœtale.

I.4.2.1 Systèmes informatisés (anciens et récents)

L'objectif de l'informatisation est de fournir une quantification objective des paramètres du RCF et une reproductibilité dans le temps et entre les observateurs [15]. Différents systèmes informatisés sont développés depuis 1977 utilisés et qui sont utilisés actuellement en gynécologie, alors que d'autres sont encore au niveau de la recherche. On peut citer :

➤ *le système Sonicaid Oxford 8000* : c'est un système automatisé pour l'analyse des tracés antepartum, développé à l'université d'Oxford entre 1978 et 1989 utilisant une base de données de 8000 tracés.

➤ *le système Sonicaid Oxford 8002* : est la version développée du système Sonicaid 8000 commercialisé en 1994. Ce système utilise une base de 48339 tracés et il est considéré comme un modèle plus sophistiqué que Sonicaid 8000.

Plusieurs autres versions du Sonicaid sont développées pour améliorer la qualité de la surveillance fœtale parmi ces versions on peut citer : Sonicaid Fetal Care, Sonicaid Team (voir figure I.23), Team Duo pour la surveillance des fœtus jumeaux, Sonicaid IP permet l'ECG fœtal et maternel, Sonicaid Actogram permet le calcul du nombre de mouvements fœtaux. Ces appareils permettent aussi une connexion avec un modem et réseau pour une gestion obstétrique à distance.



Figure I.23 : SonicaidTeam [15]

➤ *Le système STAN* : le système STAN est un système de surveillance fœtale qui veut dire ST ANalyses (analyse du segment ST), développé et commercialisé par la société Néoventa médicale AB depuis 2000. Ce système utilise le signal de l'électrocardiogramme (obtenu grâce à une électrode en spirale posée sur le scalp du fœtus) pour acquérir le segment ST. Une analyse du segment ST indique le fonctionnement du muscle cardiaque fœtal (le myocarde). L'observation d'un petit décalage du segment ST indique le risque d'acidose. La stratégie du système STAN entraîne une diminution significative du nombre de nouveau nés en acidose et permet d'éviter les interventions inutiles. L'ancienne version du STAN est STAN 8801 et la version actuelle est STAN S21.

➤ *Le système Sisporto* : est un système d'analyse automatisé des tracés antepartum et intrapartum du cardiotocographe. SisPorto est développé par INEB (Institut National d'Ingénierie Biomédicale) à l'université de Porto (Portugal) en 2000.

Il offre la possibilité d'analyse d'un tracé des fœtus jumeaux, une description détaillée des algorithmes du programme ainsi que les principaux résultats des études réalisées à ce jour avec ce système [16].

Les deux versions du SisPorto (2.0 et 2.1) ont été testées sur plus de 6000 grossesses en 2004. Le SisPorto 3.5 est la version la plus récente développée en 2008. Ce dernier est le premier système central informatisé de surveillance fœtal à intégrer l'analyse cardiocardiographique et les caractéristiques du segment ST obtenu d'un signal électrocardiogramme, ce système fournit des alertes visuelles et sonores [17].

SisPorto commence le calcul automatique des paramètres du CTG après la 11^{ème} minute du tracé et il les modifie chaque minute. Il fournit l'estimation de la fréquence de base, l'identification des accélérations et décélérations et la quantification de la variabilité à court et à long terme [18]

En plus, ce système comporte également les éléments déclencheurs des alertes, telles que les critères de normalité rencontrée sont représentés par une barre verte située entre le tracé du rythme cardiaque fœtal (RCF) et le tracé des contractions utérines (CU), les critères suspects sont représentés par une barre jaune et orange, les critères pathologiques avec une barre rouge [19] (voir figure I.24).

Bien qu'il soit encore au niveau de la recherche, des résultats promoteurs ont été obtenus dans les études comparant SisPorto avec l'analyse des experts et ceux qui évaluent la validité du système [17].

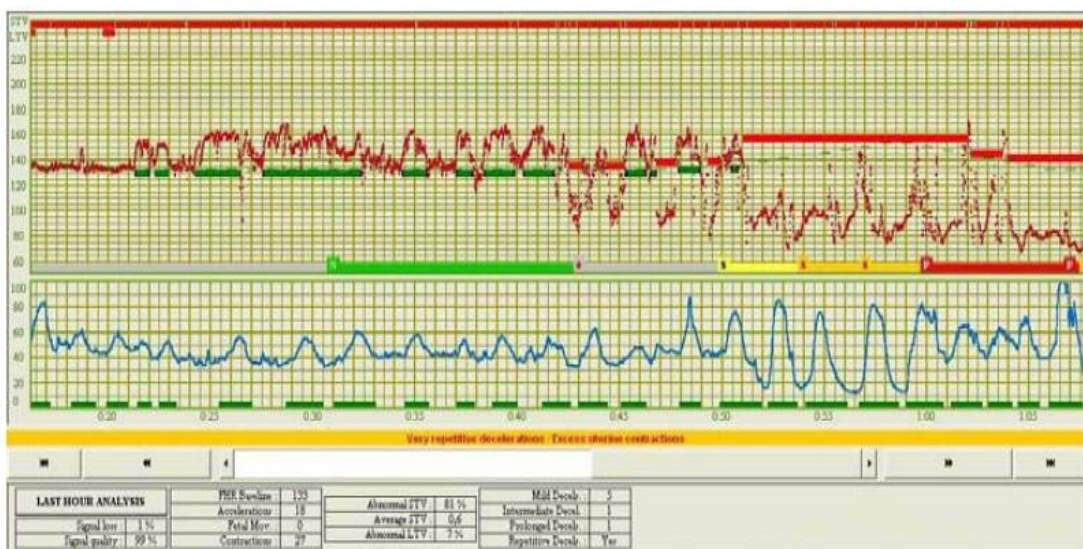


Figure I.24 : tracé du RCF et des CU à partir du système SisPorto avec les différents paramètres [19]

I.4.2.2 Variabilité à court terme (VCT)

Classiquement, lors d'une analyse visuelle, la variabilité à long terme (VLT) ou les oscillations du RCF visibles à l'œil nu sont classées selon leur fréquence par minute (nombre de cycle par la minute) et selon leur amplitude (tracé normale, plat, de variabilité réduite et saltatoire). En contre partie, l'analyse informatisée permet le calcul d'un autre paramètre non détecté par l'œil nu qui est la variabilité à court terme (VCT).

La variabilité à court terme (VCT) est la variation du rythme cardiaque battement à battement obtenue à partir de l'électrocardiogramme fœtal (acquisition interne). Ce paramètre est l'un des meilleurs indicateurs du bien être fœtal. Le monitoring par ultrasons (acquisition externe) au cours de la grossesse n'a pas cette précision. Par exemple, le système oxford 8002 calcule la VCT en divisant chaque minute en 16 périodes de 3.75 seconde chacune. Ensuite, il calcule la moyenne des intervalles de pulsations (en milliseconde) de tous les battements dans chaque période de 3.75 sec (M1, M2... jusqu'à M16). Après, il calcule la différence entre les moyennes M1 et M2, puis entre M2 et M3 et ainsi de suite. Et finalement, la VCT est la moyenne de l'ensemble des différences [20]. La figure I.25 schématise le calcul de la variabilité à court terme.

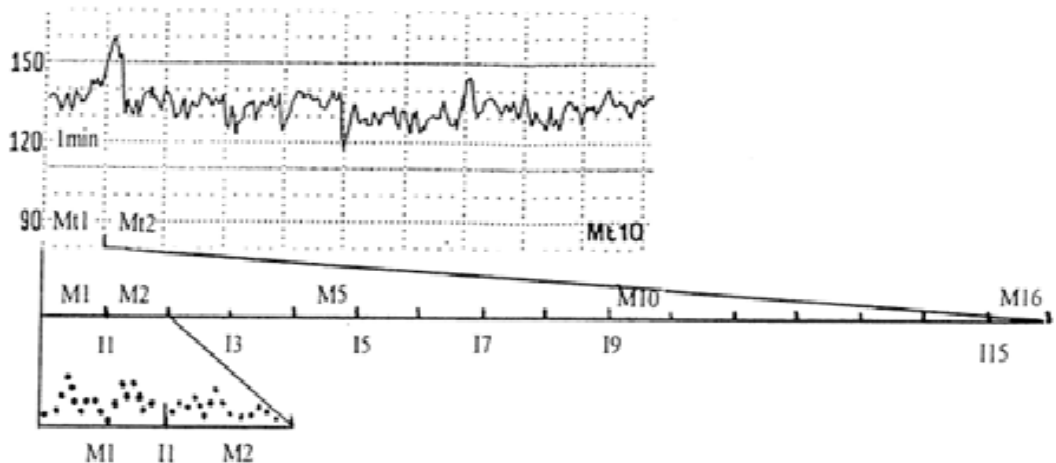


Figure I.25 : calcul de la VCT par le système oxford 8002

D'après G.Boog [14] la variabilité à court terme est classée selon la probabilité d'acidose et la mort d'un fœtus dans l'utérus à partir d'un système sonicaid oxford 8002, la table I.2 illustre cette classification.

Variabilité à court terme (VCT) en ms	Probabilité d'acidose ou de mort dans l'utérus
Plus de 4.0 ms	0 %
Entre 3.5 et 4.0 ms	8 %
Entre 3.0 et 3.5 ms	29 %
Entre 2.5 et 3.0 ms	33 %
Moins de 2.5 ms	72 %

Table I.2 : classification de la variabilité à court terme (VCT)

I.5 Changements normaux de la fréquence cardiaque fœtale

La fréquence cardiaque fœtale peut changer pour des raisons nombreuses et variées. La plupart n'ont rien à voir avec une carence en oxygène, mais sont dues à une adaptation normale du fœtus à des changements de son environnement. Ces changements cardiaques peuvent avoir diverses causes (voir figure I.26), à titre d'exemple on peut citer :

- Etats comportementaux fœtaux.
- Variation du débit sanguin placentaire.
- Elévation de la température maternelle.
- Agents médicamenteux.

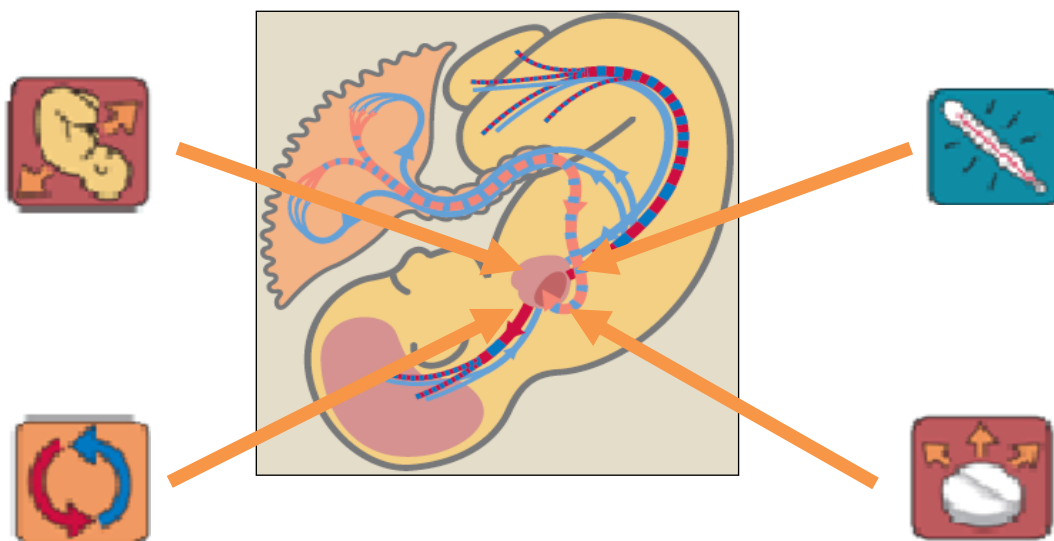


Figure I.26 : Changements normaux de la fréquence cardiaque fœtale

➤ **Etats comportementaux fœtaux**

La phase de sommeil et de veille sont des activités qui indiquent l'état du fœtus et qui mènent à des changements normaux du rythme cardiaque fœtal.

Phase de sommeil lent (ou calme) : le fœtus effectue peu de mouvements, rythme cardiaque stable, oscillations peu importantes, accélérations rares.

Phase de sommeil à activité rapide : qui est également appelé sommeil paradoxal, il se caractérise par un rythme cardiaque plus lent, des oscillations plus nettes et des accélérations plus fréquentes.

Phase de veille : un fœtus qui est réveillé présente des réactions d'éveil et des mouvements fréquents. Par exemple, la réaction observée quand le fœtus donne un coup de pied, ce phénomène est accompagné par des accélérations rapides et une réactivité accrue de la fréquence cardiaque fœtale.

Un fœtus sain passe de l'une à l'autre de ces différentes phases de sommeil et de veille. La figure I.27 ci-dessous explicite les cas cités précédemment.

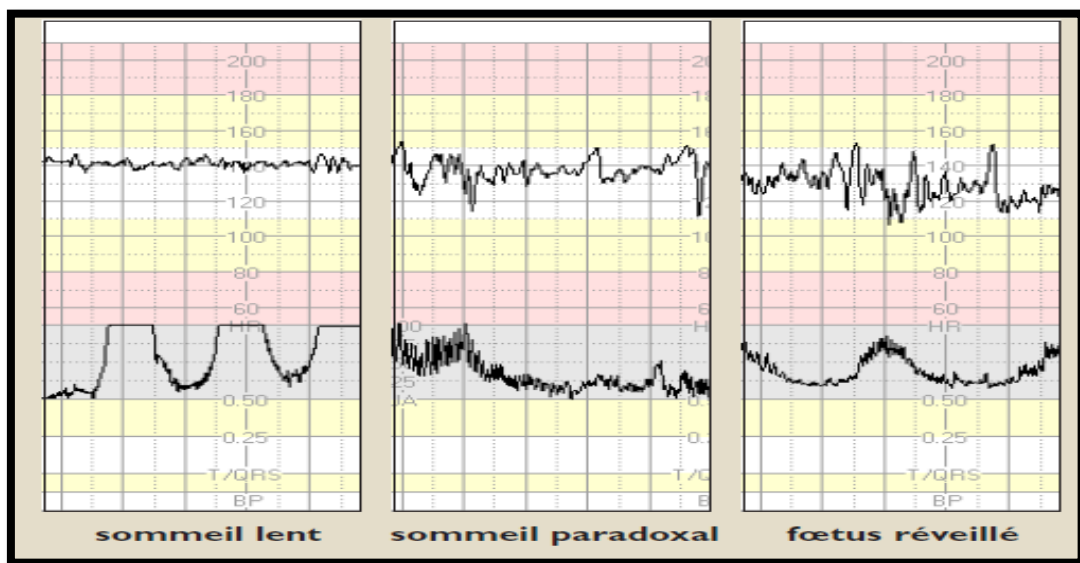


Figure I.27 : états comportementaux fœtaux

➤ **Variations du débit sanguin placentaire**

Au début d'une contraction utérine, une compression du cordon ombilicale, peut entraîner un transfert de sang du placenta vers le fœtus. Ceci déclenche une accélération

de la fréquence cardiaque fœtale car le cœur doit pomper cette quantité supplémentaire du sang.

Quand l'activité utérine diminue, le débit sanguin placentaire et la fréquence cardiaque retournent à la normale. La figure I.27 illustre les différentes variations du débit sanguin placentaire.

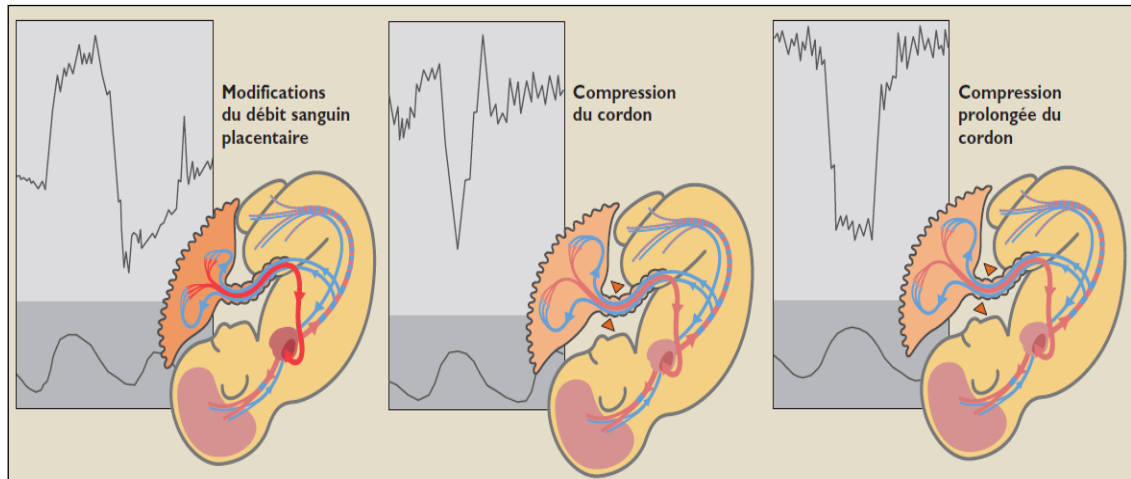


Figure I.27 : changement du débit sanguin placentaire

➤ **Élévation de la température maternelle**

L'accouchement représente un stress physique pour la mère. Comme durant tout effort physique, une déperdition d'eau peut avoir lieu et l'aptitude de la mère à éliminer la chaleur générée par l'effort est abaissée. Alors dans ce cas une fièvre peut se développer chez la mère.

L'élévation de la température maternelle est généralement suivie d'une forte consommation d'oxygène et du débit sanguin au niveau des tissus du fœtus, ce qui entraîne une augmentation de la fréquence cardiaque fœtale. Ceci peut provoquer une tachycardie fœtale.

➤ **Agents médicamenteux**

Divers composés médicamenteux risquent non seulement d'affecter l'aptitude du fœtus à réagir à une hypoxie, mais aussi de rendre l'interprétation du CTG plus difficile.

Par exemple, une prise d'ocytocine risque de provoquer une hypoxie, les anesthésiques locaux peuvent passer chez le fœtus et déclencher une bradycardie fœtale.

I.6 Classification des tracés du CTG

Le rythme cardiaque fœtal de base, la variabilité, la réactivité et la survenue de décélérations sont des éléments qu'il convient d'évaluer durant l'analyse d'un tracé CTG. En se basant sur ces paramètres, il est possible d'établir si le tracé est normal, suspect, ou pathologique.

La table I.3 représente la classification des paramètres d'un CTG dans les quatre cas possibles.

Un tracé CTG normal se caractérise par une fréquence cardiaque de base comprise entre 110 et 150 bpm, une variabilité du rythme cardiaque normale (c'est à dire entre 5 et 25 bpm), au moins deux accélérations sur une période de 20 minutes et des ralentissements précoces ou des ralentissements variables non compliqués avec une diminution inférieure à 60 battements sur une durée moins de 60 secondes.

Un tracé CTG est considéré comme suspect quand le rythme cardiaque de base est compris entre 100 et 110 bpm ou entre 150 et 170 bpm. Les épisodes à court terme de bradycardie devraient être classés parmi les événements suspects. Ceci est vrai, pour les tracés saltatoires (quand la variabilité est supérieure à 25 bpm) avec une absence d'accélérations, ou dans le cas d'une variabilité réduite sur une période comprise entre 40 à 60 minutes au maximum. Les décélérations peuvent être variables non compliqués associées à une diminution de plus de 60 battements sur une durée inférieure à 60 secondes. L'association de plusieurs observations suspects à pour résultat un tracé pathologique.

Un tracé CTG est pathologique (ou anormal), si le rythme cardiaque de base est compris entre 150 et 170 bpm associé à une variabilité réduite (moins de 5 bpm). Le tracé est également anormal si on observe une tachycardie sévère associée à une fréquence cardiaque de base qui dépasse 170 bpm.

De même, une bradycardie persistante associée à une fréquence cardiaque de base inférieure à 100 bpm qui persiste pendant plus de 10 minutes représente une anomalie.

Un enregistrement sera là encore considéré comme anormal, si la variabilité réduite se maintient pendant plus de 60 minutes ou si un rythme sinusoïdal sans accélérations est détecté. C'est aussi le cas de décélérations variables compliqués ou de ralentissements tardifs.

Le cas préterminal indique que le fœtus ne peut plus répondre et nécessite une extraction immédiate.

I.7 Conclusion

Le rythme cardiaque de base et la variabilité sont des indicateurs importants de l'oxygénation fœtale, une variabilité normale indique un fonctionnement du système nerveux entièrement normal. Même en présence d'autres anomalies du RCF évocatrices d'hypoxie, l'issue devrait être favorable en cas de variabilité préservée.

En cas d'hypoxie cérébrale chronique, une diminution ou une absence de variabilité peuvent être les seules anomalies du RCF observées. Une fréquence de base indique la présence d'une arythmie cardiaque fœtale.

Classification CTG	Fréquence cardiaque de base	Variabilité et Réactivité	Décélérations
Tracé normal	-110 et 150 bpm	-5 et 25 bpm -Accélérations	-Décélérations précoces. -Décélérations variable non compliquée de durée moins de 60 sec et une diminution inférieure à 60 battements.
Tracé suspect	-100 et 110 bpm -150 et 170 bpm -Court épisode de bradycardie	-Plus de 25 bpm sans accélérations. -Moins de 5 bpm pendant une durée plus de 40 min.	-Décélération variable non compliquée d'une durée moins de 60 sec et d'une diminution supérieure à 60 battements.
Tracé pathologique	-150 et 170 bpm -Plus de 170 bpm -Bradycardie persistante.	-Moins de 5 bpm pendant plus de 60 min. -Tracé sinusoidal.	-Décélérations variables compliquée pendant plus de 60sec. -Décélérations tardives.
Tracé préterminal	Absence totale de variabilité et de réactivité, avec ou sans décélération ou bradycardie.		

Table I.3 : classification d'un tracé CTG