

# Chapitre 1

## Le cœur et l'électrocardiographie

*Présentation* : Nous présentons dans ce chapitre le fonctionnement général du système cardiovasculaire, puis, de manière plus détaillée, le principe de l'électrocardiogramme (ECG), cette présentation se limite au strict nécessaire pour une bonne compréhension du mémoire.

## 1.1 Le système cardiovasculaire :

Le système cardiovasculaire assure la circulation du sang dans l'organisme et permet ainsi son alimentation en oxygène et en nutriments. Il est composé entre autres du cœur, sorte de double pompe, qui assure la circulation dans deux réseaux complémentaires: celui des artères et celui des veines [5].

## 1.2 Anatomie du cœur :

Le cœur humain est un organe creux qui mesure en moyenne 13 cm de long sur 8 cm de large, et qui pèse environ 300 grammes chez l'homme adulte, et 250 grammes chez la femme adulte. Il se situe dans la partie antérieure caudale du médiastin, la partie centrale du thorax (vers le front de la cavité thoracique et il est légèrement déplacé vers la gauche) [6].

Le cœur propulse le sang grâce aux contractions de son tissu musculaire appelé myocarde (Figure 0.1). Une épaisse cloison le divise en deux moitiés (cœur gauche/cœur droit), et chacune d'elles comporte deux cavités : l'oreillette et le ventricule. À chaque battement, le myocarde suit la même séquence de mouvement : le sang pauvre en oxygène arrive au cœur par la veine cave, il y entre par l'oreillette droite, et en est chassé par sa contraction appelée systole auriculaire qui le déplace dans le ventricule droit. La systole ventriculaire (contraction des ventricules) propulse à son tour le sang du ventricule droit vers les poumons où il va se charger en oxygène. De retour au cœur par les veines pulmonaires, le sang s'accumule dans l'oreillette gauche puis, lors de la systole auriculaire, passe dans le ventricule gauche qui lors de la systole ventriculaire l'envoie vers les organes par l'artère aorte (Figure 0.1) [7].

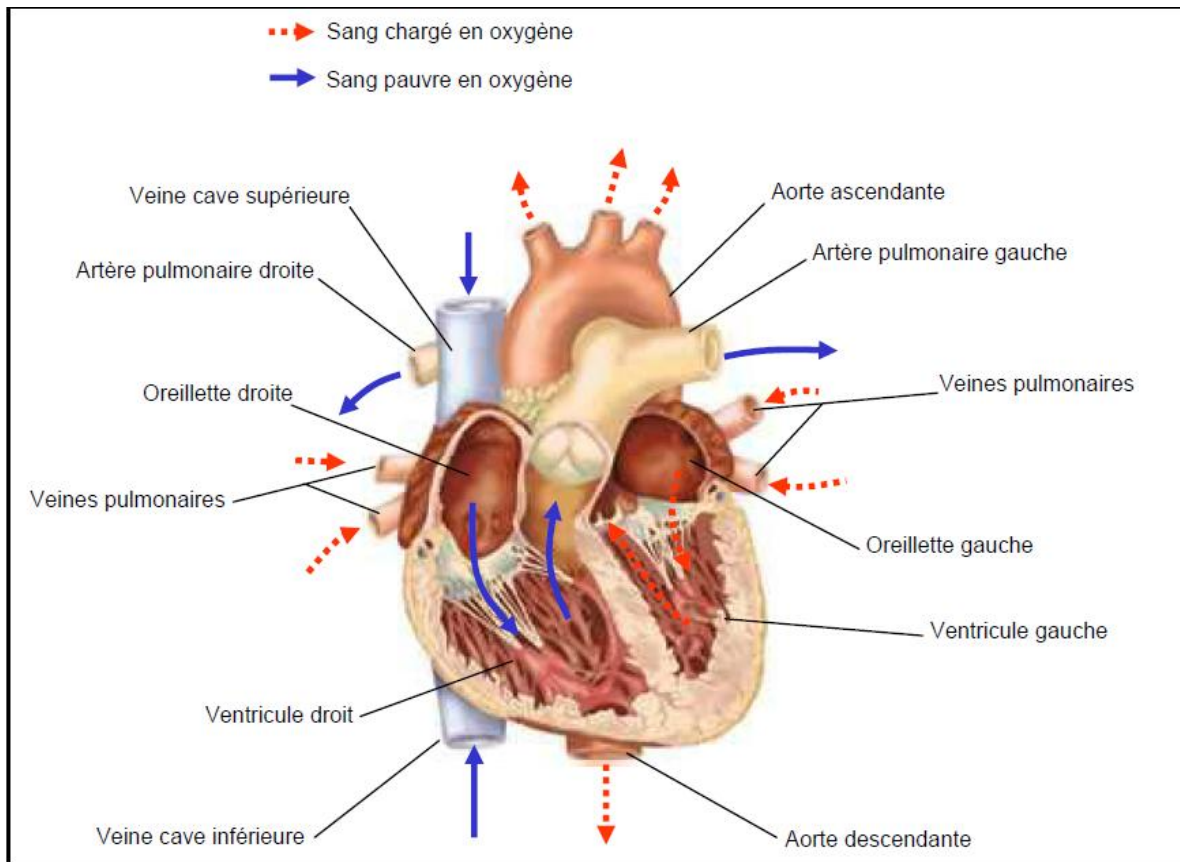


Figure 0.2 Représentation du cœur

### 1.3 Fonctionnement électrique :

Comme pour tous les muscles du corps, la contraction du myocarde est provoquée par la propagation d'une impulsion électrique le long des fibres musculaires cardiaques induite par la dépolarisation des cellules musculaires.

L'impulsion électrique se propage dans le muscle cardiaque et induit sa contraction. Elle prend naissance dans le sinus (Figure 1.2.a) puis se propage dans les oreillettes (Figure 1.2.b) entraînant leurs contractions (systole auriculaire). L'impulsion arrive alors au nœud auriculo-ventriculaire (AV) seul point de passage électrique entre les oreillettes et les ventricules. Une courte pause est alors introduite (Figure 1.2.c) juste avant la propagation dans les fibres constituant le faisceau de His. Au passage de l'impulsion électrique (Figure 1.2.d) les ventricules se contractent à leur tour (Figure 1.2.e) (systole ventriculaire).

Après la diastole (décontraction du muscle) les cellules se re-polarisent (Figure 1.2.f). Le cycle du battement cardiaque est alors terminé et le cœur est prêt pour un nouveau battement [8].

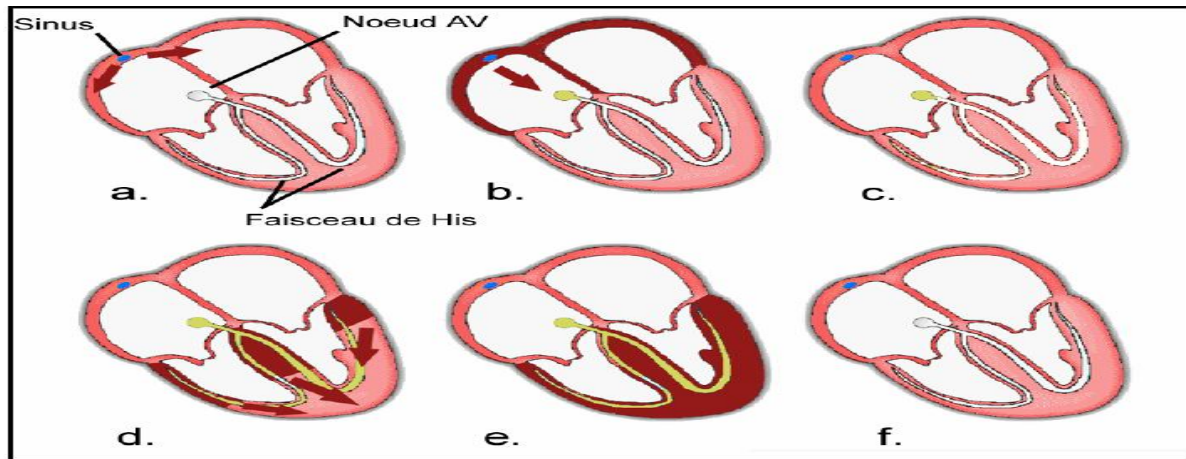


Figure 0.3 Circuit électrique du cœur

## 1.4 L'électrocardiographie : (Ou l'art d'enregistrer l'activité électrique du cœur) :

### 1.4.1 Principe de l'électrocardiogramme (ECG)

Un signal ECG est très utilisé dans la routine clinique par les cardiologues afin de connaître les origines des anomalies cardiaques, il mesure l'activité électrique du cœur par l'emploi d'électrodes externes mises au contact de la peau sur le torse. L'activité mesurée, formée d'ondes qui permettent d'identifier les phases de systoles et diastoles des oreillettes et des ventricules, rend compte de l'activité cardiaque sous-jacente.

Les processus de dépolarisation et repolarisation des structures myocardiques se présentent dans l'ECG comme une séquence de déflexions ou ondes superposées à une ligne de potentiel zéro, appelée ligne isoélectrique. L'ordre et la morphologie de ces ondes dépendent de deux aspects fondamentaux : la structure anatomique d'initiation de l'impulsion électrique (i.e. le nœud sinusal, une structure jonctionnelle, . . .) et la séquence de conduction à travers le myocarde.

Dans le cas physiologique, comme il a déjà été présenté, l'impulsion est initiée dans le nœud sinusal. Le front de dépolarisation auriculaire résultant est représenté dans l'ECG par l'onde P. Cette onde se caractérise au niveau spectral par une composante basse fréquence de

faible énergie, qui limite souvent son observation dans plusieurs dérivations ECG, spécialement dans des conditions de bruit. La repolarisation auriculaire est représentée par l'onde Ta et sa direction est opposée à celle de l'onde P. Généralement l'onde Ta n'est pas visible dans l'ECG car elle coïncide avec le complexe QRS d'amplitude plus importante. Ce dernier correspond à la dépolarisation ventriculaire et représente la déflexion de plus grande amplitude de l'ECG.

Il est constitué de trois ondes consécutives (les ondes Q, R et S. Le processus de repolarisation ventriculaire est reflété par l'onde T. Dans certaines occasions, une onde, dite onde U, de très basse amplitude peut être observée après l'onde T. Bien que son origine physiologique n'ait pas encore été démontrée, l'onde U (fréquemment observée chez les athlètes) est souvent associée aux processus de repolarisation ventriculaire tardive.

La figure 1.3 présente la génération d'une activité électrique corrélée aux diastoles et systoles par le cœur. A gauche, formation d'une onde P lors de la systole des oreillettes. A droite, formation d'une onde R par la systole des ventricules. T correspond à la repolarisation du tissu cardiaque [6].



Figure 0.4 Génération d'une activité électrique

La figure 1.4 représente la corrélation entre le signal ECG et le cycle cardiaque.

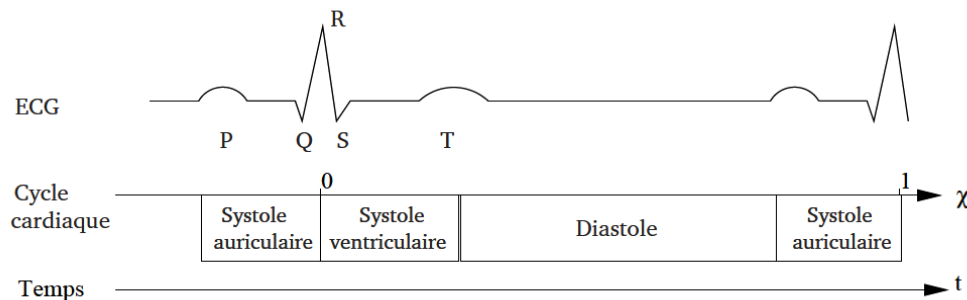


Figure 0.5 La corrélation entre le signal ECG et le cycle cardiaque [8]

L'enregistrement d'un ECG peut être fait sur plusieurs voies. L'axe électrique du cœur suit la flèche rouge (Figure 1.5), les axes mesurés (A, B et C) donnent des informations complémentaires qui permettent de déduire le comportement électrique qui sous-tend les battements. Les voies A et B sont mesurées par des électrodes placées au niveau de la base du cou, respectivement à droite et à gauche et sur la dernière côte, respectivement à gauche et à droite. La voie C est quant à elle mesurée par deux électrodes placées l'une dans le dos et l'autre sur le bord d'une côte gauche à l'horizontale de l'électrode dorsale. L'enregistrement Holter utilise en général deux ou trois de ces voies (A, B ou A, B, C).

Selon l'angle utilisé pour récupérer l'information ECG, le dipôle de courant mesuré change. Pour obtenir une information optimale, on effectue donc plusieurs enregistrements simultanés, on parle alors d'enregistrements multivoies (Figure 1.5) [6].

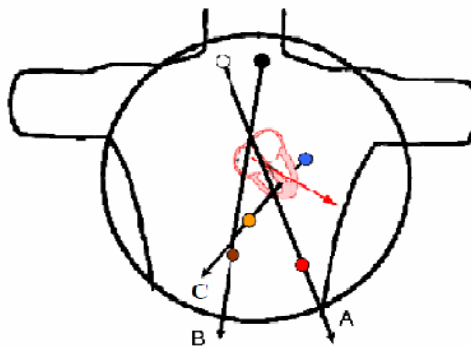


Figure 0.6 Enregistrement d'un ECG 3 voies

Outre les formes d'ondes, un battement cardiaque est aussi caractérisé par plusieurs segments et intervalles (Figure 1.6) :

- ✓ L'intervalle PR : il est mesuré entre le début de l'onde P et le début du complexe QRS. Cet intervalle représente la dépolarisation des oreillettes et du nœud Atrio-Ventriculaire.
- ✓ Le segment PR : c'est la période temporelle comprise entre la fin de l'onde P et le début du complexe QRS. Il représente le temps de transmission du front de dépolarisation par le nœud Atrio-Ventriculaire.

- ✓ le segment ST : il est compris entre la fin du complexe QRS (ou point J) et le début de la phase ascendante de l'onde T.

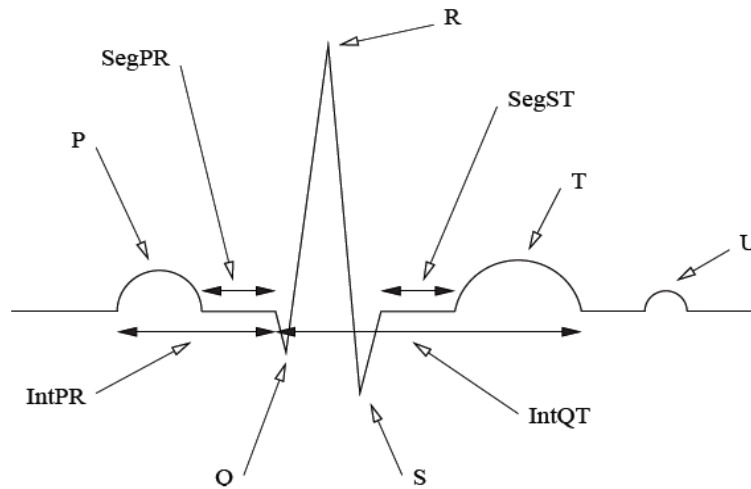
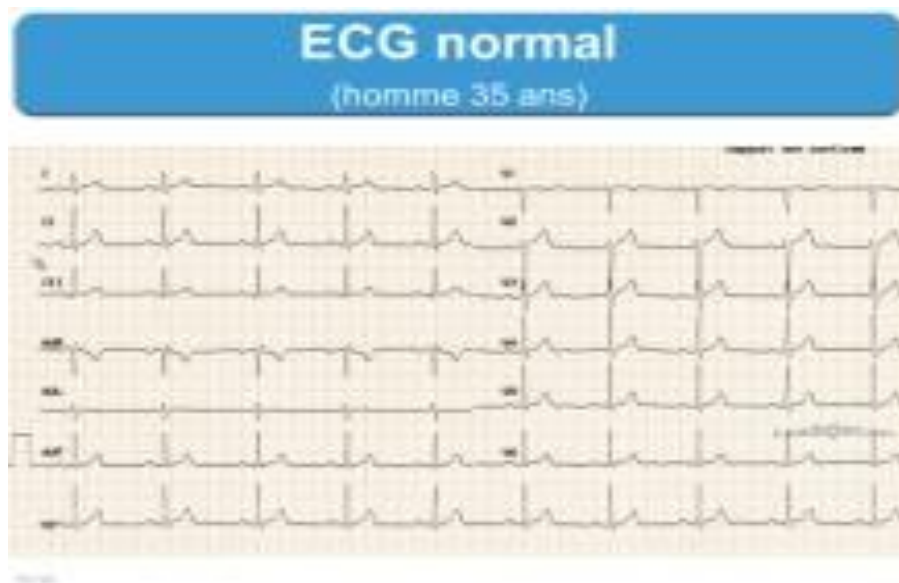


Figure 0.7 Ondes, intervalles et segments dans l'ECG

- ✓ l'intervalle QT : le temps entre le début du complexe QRS et la fin de l'onde T. Il représente une indication de la longueur des phases de dépolarisation et repolarisation ventriculaire [6].

**1.5 Ondes constituant un ECG :**

*Figure 0.8 ECG normal [8]*

Les principaux critères qui permettent d'affirmer qu'un ECG est normal sont les ondes qui le constituent à savoir:

- L'onde P
- Le complexe QRS
- L'onde T
- L'intervalle PR



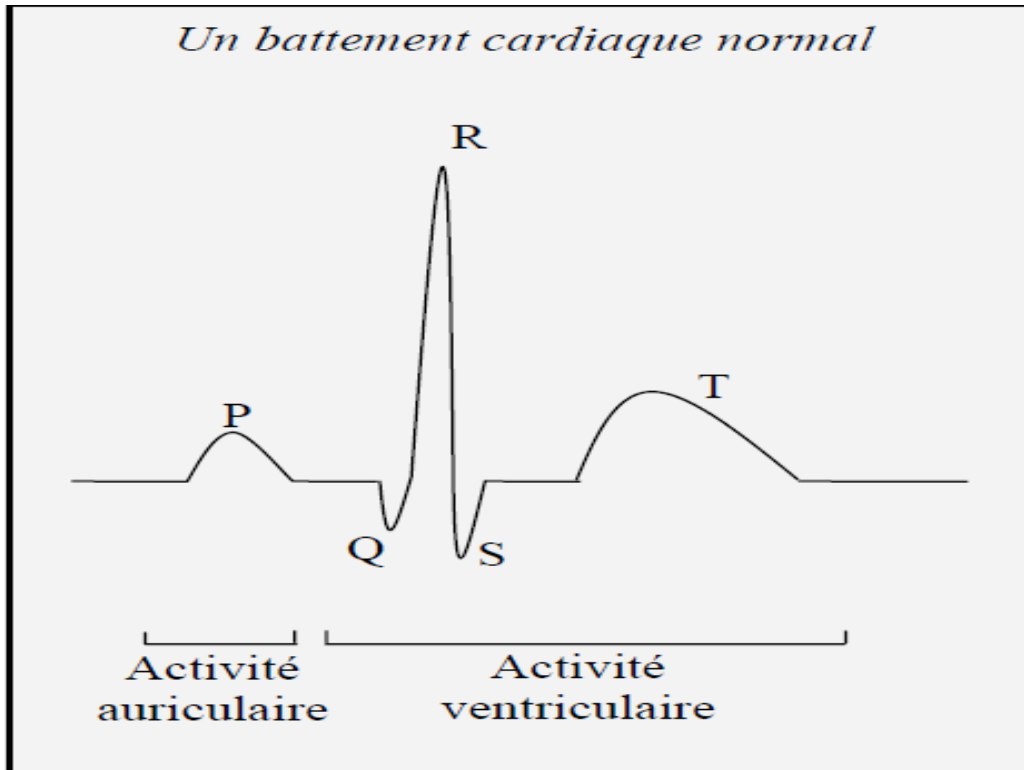


Figure 01.0.9 le cycle cardiaque complet [5]

### 1.5.1 Onde P :

Elle représente la dépolarisation des oreillettes depuis le nœud sinusal vers le nœud atrio-ventriculaire situé en bas à gauche. C'est l'onde qui précède le complexe QRS

Sa durée est de l'ordre de 90 ms. C'est une onde positive dont l'amplitude est normalement inférieure ou égale à 0.2 mV.



Figure 01.0.10 Onde P

### 1.5.2 Le complexe QRS :

C'est l'ensemble des trois ondes accolées qui suivent l'onde P, et qui correspondent à la dépolarisation des ventricules précédant l'effet mécanique de contraction. Sa durée normale est comprise entre 85 et 95 ms. L'onde Q est la première onde négative, l'onde R la première onde positive du complexe, et l'onde S la première onde négative après l'onde R.



Figure 01.0.11 Le complexe QRS

### 1.5.3 L'onde T :

Correspond au courant de repolarisation des ventricules. Cette onde succède au complexe QRS. L'onde T normale a une amplitude plus faible que le complexe QRS.

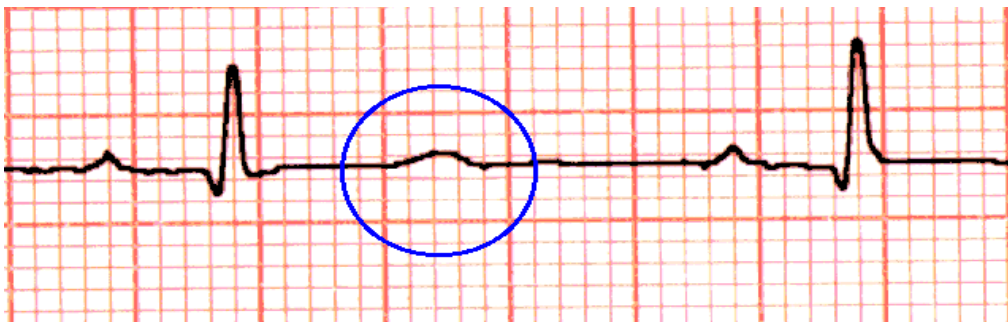


Figure 0.12 Onde T

#### 1.5.4 L'intervalle PR :

Cet intervalle mesure la durée entre le début de l'onde P et le début de Q ou de R. Sa durée est comprise entre 120 et 180 ms. La phase de repolarisation ST-T est beaucoup plus longue (300-400 ms) que la phase de dépolarisation ventriculaire (85-95 ms) [9].

#### 1.6 Rythme cardiaque :

Le rythme cardiaque est - au sens médical du terme - le mécanisme électro physiologique à l'origine de la contraction des ventricules. Définir le rythme est le préambule à toute interprétation de l'électrocardiographie [5].

Dans le sens commun, le rythme (fréquence) est le nombre de battements cardiaques (*pulsations*) par unité de temps (généralement la minute). Un synonyme usuel est le pouls, bien que ce dernier terme désigne plus précisément la perception au toucher de l'artère battante, permettant, certes d'évaluer les battements cardiaques, mais apportant également d'autres renseignements. Chez l'adulte en bonne santé, au repos, le pouls se situe entre 50 (sportif pratiquant l'endurance) et 80 pulsations par minute. Pendant un effort, la fréquence cardiaque maximale théorique est de 220 moins l'âge (exemple : 18 à 40 ans) [8].

Plusieurs conditions peuvent faire accélérer ou ralentir le rythme cardiaque. Sa mesure est un outil diagnostique très important [7].

L'analyse du rythme cardiaque sur l'électrocardiogramme se fait en 2 étapes, vérifiant d'une part la régularité du rythme et d'autre part l'origine du rythme cardiaque qui peut être généré par 5 centres stimulateurs:

- Sinusal (du nœud sinusal)
- Jonctionnel (du nœud atrio-ventriculaire)
- Ventriculaire (myocytes ventriculaires)
- Ectopique (foyer auriculaire)
- Artificiel (pace maker)

### 1.6.1 Origine sinusale :

Le rythme est dit sinusal lorsque l'activité électrique du cœur est issue du nœud sinusal. Ceci se traduit sur l'électrocardiogramme par une onde P identique qui précède chaque complexe QRS.

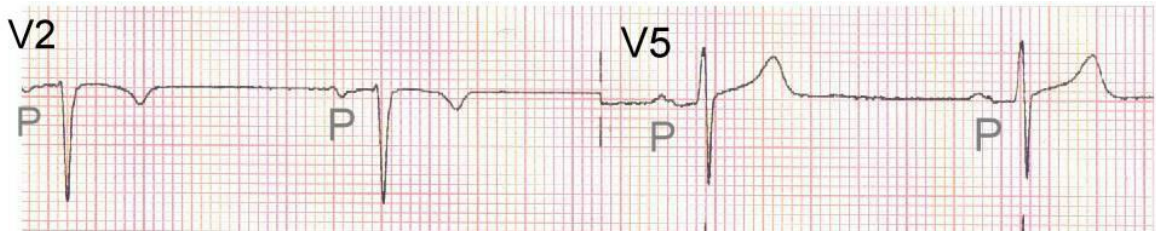


Figure 01.0.13 Rythme sinusal (ondes P identiques)

### 1.6.2 Origine jonctionnelle :

Le rythme est dit jonctionnel lorsque l'activité électrique du cœur est générée par le nœud atrio-ventriculaire. Ceci donne sur l'électrocardiogramme des complexes QRS fins (sauf bloc de branche) sans ondes P précessive le plus souvent. Quelques fois, on observe après le complexe QRS une onde P dite rétrograde.

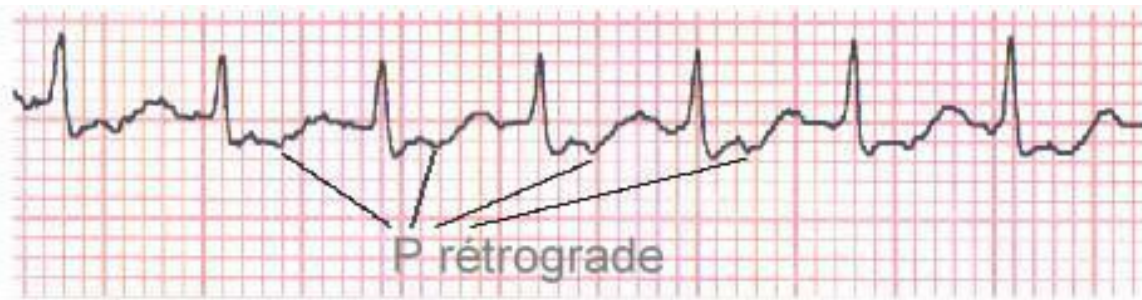


Figure 01.0.14 Rythme jonctionnel (ondes P rétrogrades)

### 1.6.3 Origine ventriculaire :

Le rythme est dit ventriculaire lorsqu'il est issu des myocytes des ventricules. Ceci se traduit sur l'ECG par un complexe QRS élargi ( $>0,12$  sec ou 3 petits carreaux), sans onde P, et avec une onde T modifiée.

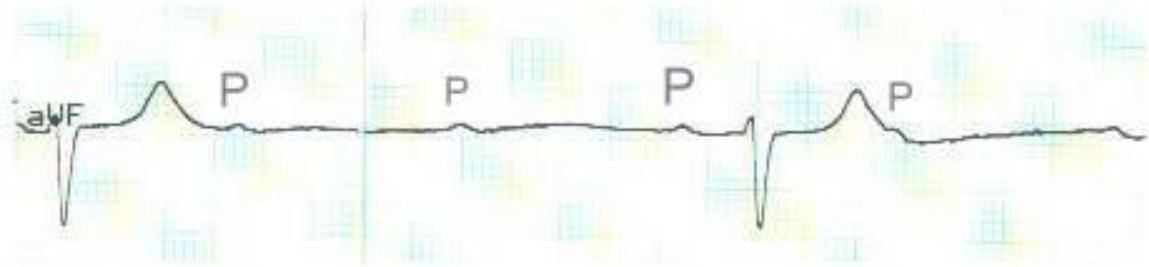


Figure 01.0.15 Rythme Ventriculaire

### 1.6.4 Origine ectopique auriculaire :

Le rythme est issu des cellules musculaires auriculaires et non du nœud sinusal, et il se propage ensuite (normalement) au nœud atrio-ventriculaire et aux ventricules. Ceci se traduit par une onde P anormale avant un complexe QRS normal.

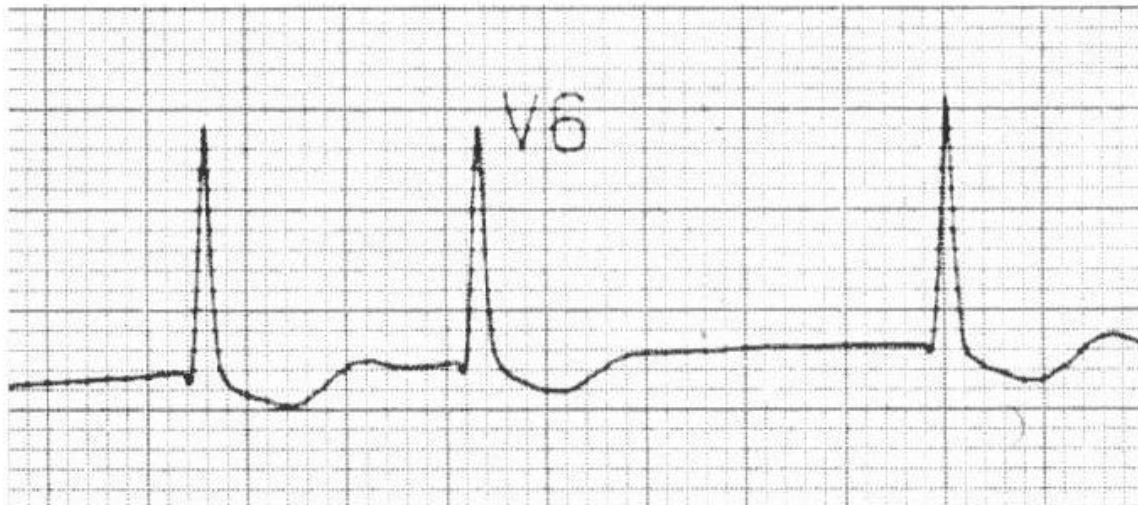


Figure 1.0.16 Extrasystole Supraventriculaire

### 1.6.5 Origine artificielle (pace maker) :

Le rythme est déterminé par un stimulateur cardiaque implanté à proximité du cœur, et relié à celui-ci par des électrodes. Selon la pathologie rythmique posée, ces électrodes vont stimuler les oreillettes, les ventricules ou les 2 en même temps [5].

## 1.7 Arythmie ou Troubles du rythme cardiaque

Le rythme est dit régulier lorsque l'espace R-R entre 2 complexes QRS consécutifs reste le même sur tout le tracé ECG. Il est irrégulier si l'espace R-R n'est pas constant. Ceci arrive en de nombreuses circonstances:

- arythmie respiratoire
- extrasystoles
- arythmie complète par fibrillation auriculaire ...

L'arythmie, qui peut être bénigne ou maligne, est un trouble du rythme cardiaque, c'est-à-dire une irrégularité des contractions du cœur [8].

Au repos, le cœur effectue normalement entre 60 et 80 battements à la minute (c'est ce qu'on appelle le pouls ou les pulsations cardiaques). Une accélération (tachycardie), un ralentissement (bradycardie) ou un changement du rythme cardiaque sont les formes d'arythmie. L'arythmie s'accompagne parfois de palpitations.

Les palpitations ne sont pas un trouble du rythme cardiaque, mais tout simplement le fait de sentir les battements du cœur. Cela se produit le plus souvent lorsque le pouls bat trop vite ou de façon irrégulière. Par ailleurs, on peut faire de l'arythmie sans faire de palpitations (on ne sait donc pas que le cœur bat de façon anormale). La palpitation est le principal symptôme de l'arythmie. Il est à noter que la palpitation peut également se manifester chez les personnes qui présentent une très grande sensibilité psychologique ou qui souffrent d'anxiété, sans pour autant faire de l'arythmie. Il existe différentes formes d'arythmie, dont voici les principales :

### 1.7.1 Extrasystole :

L'extrasystole est un battement cardiaque prématuré ou en surplus qui est ressenti comme un battement erratique ou manquant, comme si le cœur sautait un tour. C'est l'arythmie la plus fréquente. Nombreuses sont les personnes qui ont des extrasystoles qu'elles ne perçoivent même pas. Si celles-ci ne s'accompagnent pas d'autres symptômes, ce qui constitue la majorité des cas, cette anomalie est bénigne et peut se produire dans un cœur sain. Il arrive parfois que l'extrasystole s'accompagne d'un bref étourdissement, mais c'est sans gravité [5].

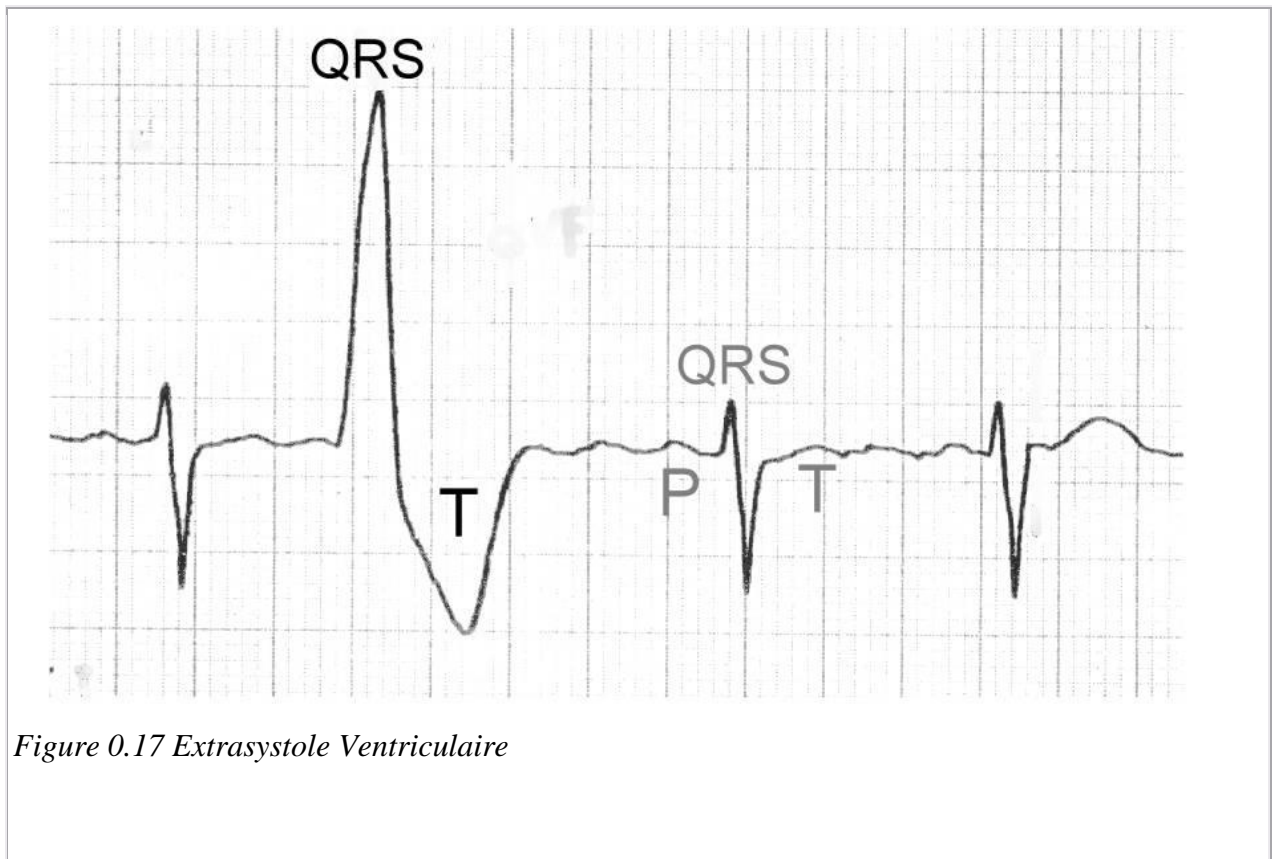


Figure 0.17 Extrasystole Ventriculaire

### 1.7.2 Bradycardie :

Ce terme médical signifie littéralement "cœur lent". La bradycardie est une diminution du rythme cardiaque, qui descend sous les 60 battements à la minute. Différentes raisons peuvent la

causer. Bien que cela puisse parfois exiger l'intervention d'un médecin, un pouls lent sans autre symptôme est considéré comme normal. Il arrive cependant que certaines personnes se sentent parfois rapidement fatiguées, essouffées ou étourdiées.

### 1.7.3 Fibrillation auriculaire :

Il s'agit de contractions rapides et désordonnées des oreillettes. Les oreillettes sont les deux cavités supérieures du cœur. Leur rôle est de pousser le sang vers les ventricules, les deux parties inférieures du cœur. L'oreillette droite envoie le sang dans le ventricule droit qui lui, le pousse vers les poumons. L'oreillette gauche envoie le sang dans le ventricule gauche, qui le propulse dans le reste de l'organisme. En état de fibrillation, les oreillettes n'arrivent plus à se contracter adéquatement, ce qui peut entraîner un rythme irrégulier du pouls, mais pas nécessairement des palpitations. On peut donc présenter des fibrillations auriculaires sans s'en rendre compte, car il est possible qu'il n'y ait aucun autre symptôme. Même si le sang continue à circuler et à se rendre jusqu'aux ventricules, le flux sanguin stagne dans certaines parties de l'oreillette et cela peut entraîner la formation de petits caillots. Ces caillots, se retrouvant dans la circulation, peuvent obstruer une artère et causer un accident vasculaire cérébral si le caillot va au cerveau.



*Figure 0.18 Arythmie complète par Fibrillation Auriculaire*

### 1.7.4 Tachycardie ventriculaire :

C'est un rythme cardiaque rapide, régulier ou non, et qui prend son origine dans les ventricules (au-delà de 100 battements à la minute). Cette forme d'arythmie ne représente que la minorité des cas d'arythmie et reflète en général un mauvais fonctionnement des ventricules. Une personne atteinte de tachycardie ventriculaire se sentira mal, sera pâle, aura la peau moite et des



palpitations. Si la fréquence cardiaque est très rapide, elle peut même souffrir d'étourdissements et d'évanouissement.

### **1.7.5 Tachycardie paroxystique (c'est-à-dire qui arrive par crise) :**

Moins fréquente, cette anomalie du circuit électrique du cœur survient surtout chez les jeunes à cause d'une hypersensibilité émotive. Elle se traduit par une accélération soudaine de la fréquence cardiaque, qui varie alors entre 150 et 200 battements à la minute et qui peut durer quelques minutes ou même quelques heures, pour ensuite revenir à la normale tout aussi subitement. La tachycardie paroxystique peut être déclenchée par un effort anodin (se pencher pour atteindre un objet), par un stress émotif, par une simple extrasystole ou même, parfois, sans aucune raison. Elle s'accompagne habituellement de palpitations.

### **1.7.6 Fibrillation ventriculaire :**

C'est la forme extrême et aiguë de l'arythmie, caractérisée par de multiples petites contractions ventriculaires complètement désordonnées et inefficaces entraînant rapidement une perte de conscience. Les ventricules n'arrivent plus à se contracter et à chasser le sang dans les artères pour le distribuer dans les poumons et le reste de l'organisme. Cette arythmie survient d'habitude dans les premières phases d'un infarctus du myocarde et peut en être sa première manifestation [8].

Dans le cadre de notre travail, nous nous intéressons en particulier aux extrasystoles. Nous définissons dans la suite les trois extrasystoles majoritairement existantes.

## **1.8 Extrasystoles :**

Une extrasystole est une excitation ventriculaire prématurée par rapport à la dépolarisation attendue, d'origine auriculaire, nodale ou ventriculaire. Parfois physiologiques, elles peuvent cependant traduire une pathologie sous-jacente plus ou moins grave.

Les caractéristiques générales des extrasystoles sont:

- Excitation prématurée des ventricules par un foyer ectopique (autre que le nœud sinusal)

- Repos compensateur après l'extrasystole, le complexe QRS suivant arrivant au moment attendu si le rythme était resté sinusal [7].

### 1.8.1 Cause des extrasystoles :

Les phénomènes principaux qui peuvent entraîner des arythmies sont :

- Les troubles de l'excitabilité : Soit que le nœud sinusal envoie des impulsions désordonnées, soit que l'impulsion prenne naissance dans un autre territoire du cœur et se substitue à celle du nœud sinusal
- Les troubles de la conduction : La transmission de l'impulsion électrique des oreillettes aux ventricules est bloquée, c'est pourquoi on appelle souvent ce phénomène bloc cardiaque ;
- Stress de situation, fièvre, anémie ;
- Excitants, tels que la caféine, l'alcool, le tabac, la cocaïne ;
- Surdosage de certains médicaments, tels que les agents thyroïdiens ou les diurétiques;
- Repas très copieux, surtout s'il est accompagné d'alcool [5].

### 1.9 Types d'extrasystoles:

Il existe trois types d'extrasystoles :

#### 1.9.1 Extrasystoles auriculaires (ESA):

Complexes QRS de morphologie identique au rythme sinusal, avec une onde P anormale précessive. Quand elles sont fréquentes, il y a un risque de passage en AC/FA.

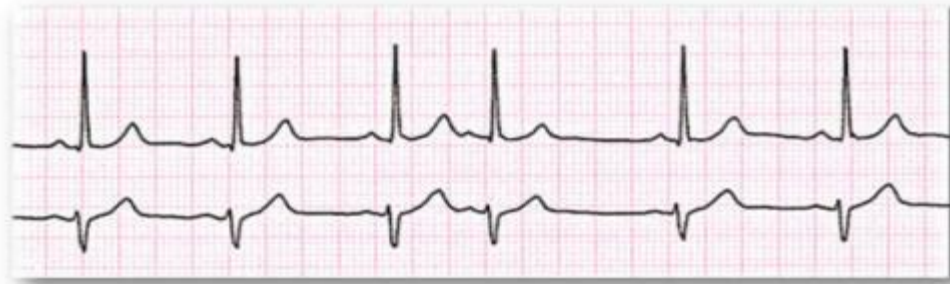


Figure 0.19 Extrasystole auriculaire

### 1.9.2 Extrasystoles nodales (ou jonctionnelles) (ESJ):

Complexes QRS fins (sauf bloc de branche), de morphologie identique au tracé en rythme sinusal, sans onde P ou avec une onde P dite rétrograde.



Figure 0.20 Extrasystoles jonctionnelles

### 1.9.3 Extrasystoles ventriculaires (ESV):

Complexes QRS larges, de morphologie différente du tracé en rythme sinusal, avec anomalie de l'onde T, sans onde P précessive [5].

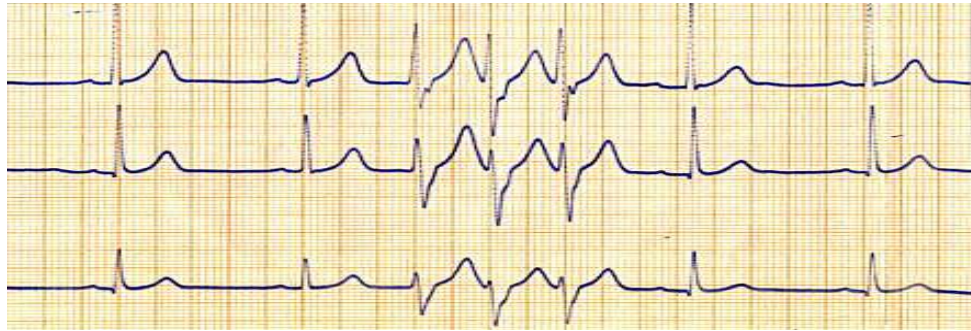


Figure 0.21 Extrasystoles ventriculaires

## Résumé

Définir l'anatomie du cœur, son fonctionnement et son électrophysiologie était le but principal de ce chapitre, la source électrique du cœur, les points de stimulation cardiaque et son parcours qui sont très utiles pour comprendre la naissance du signal ECG et le sens de ses différentes ondes (P, O, R, S, T).

Comprendre l'interprétation d'un ECG et l'interprétation d'une déformation dans ce dernier qui présente des arythmies cardiaques et connaître les différents paramètres discriminants comme la largeur du complexe QRS, le rythme R-R est un point très important.

Reconnaitre telle anomalies, a un grand intérêt dans le domaine médical. Le chapitre suivant explique en détail les arbres de décision **classiques** et flous qui sont utilisé comme une méthode de classification et de reconnaissance.

