

ELECTROCARDIOGRAMME ECG

I- DEFINITION:

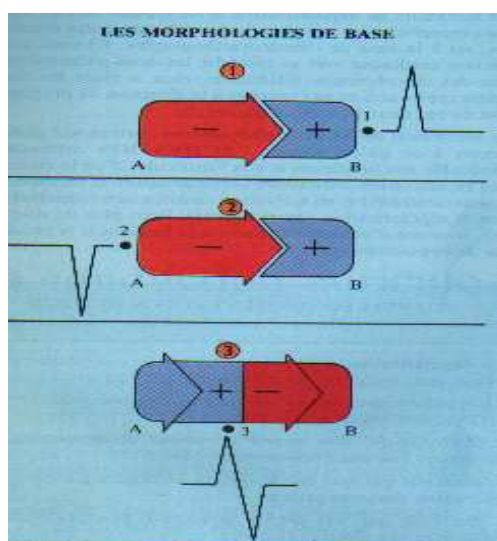
Enregistrement, en fonction du temps, du courant d'action du cœur lors de sa contraction

L'électrocardiogramme est une projection graphique de l'activité électrique du cœur : c'est une image électrique de l'activité cardiaque.

II- PRINCIPES DE BASE :

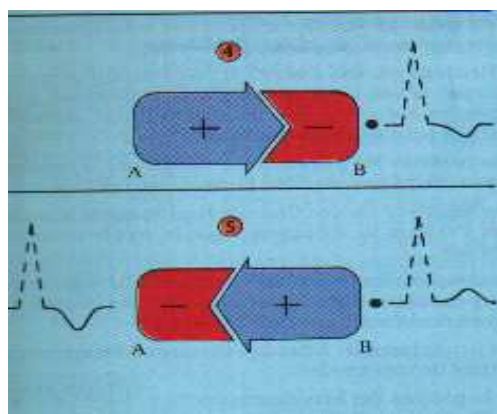
A- Les phénomènes fondamentaux :

Les morphologies de base :



Des électrodes de contact ou de voisinage, vont enregistrer ces phénomènes électriques sous l'aspect de morphologies différentes selon la place de l'électrode par rapport au sens de propagation de la dépolarisation et de la repolarisation

1. L'électrode 1 qui voit arriver la dépolarisation, enregistre une *électropositivité* (amplitude proportionnelle à l'épaisseur de la fibre);
2. L'électrode 2 qui voit fuir la dépolarisation, enregistre au contraire une *électronégativité*;
3. L'électrode 3, située à mi-chemin par rapport aux 2 extrémités de la fibre, voit d'abord arriver l'onde de dépolarisation et enregistre une électropositivité, puis voit fuir l'onde de dépolarisation, et enregistre une électronégativité. Le complexe obtenu est un complexe dit *Diphásique*.



4. La repolarisation donne lieu au point B à une onde négative si la récupération se fait dans le même sens que la dépolarisation, de A vers B. le vecteur a une électronégativité en avant orientée vers l'électrode;
5. l'onde de repolarisation est positive si le processus se fait en sens inverse, de B vers A. l'électrode enregistre une positivité car elle voit fuir l'onde de repolarisation avec sa positivité en arrière.

La repolarisation étant un phénomène plus lent que la dépolarisation, les ondes correspondantes sont de moindre amplitude et de plus longue durée que les ondes de dépolarisation.

- Ces 2 phénomènes successifs de dépolarisation et de repolarisation, avec leurs morphologies variables suivant la place des électrodes, est à la base de l'électrocardiographie.

- La succession de ces 2 phénomènes correspond à l'ACTIVATION CARDIAQUE, applicable aux oreillettes (ACTIVATION AURICULAIRE: dépolarisation et repolarisation auriculaires) et aux ventricules (ACTIVATION VENTRICULAIRE: dépolarisation et repolarisation ventriculaires). Pour plus de simplicité, le terme de *d'activation* concernera seulement le processus de dépolarisation.

- Ces notions de bases de l'ECG permettent de comprendre:

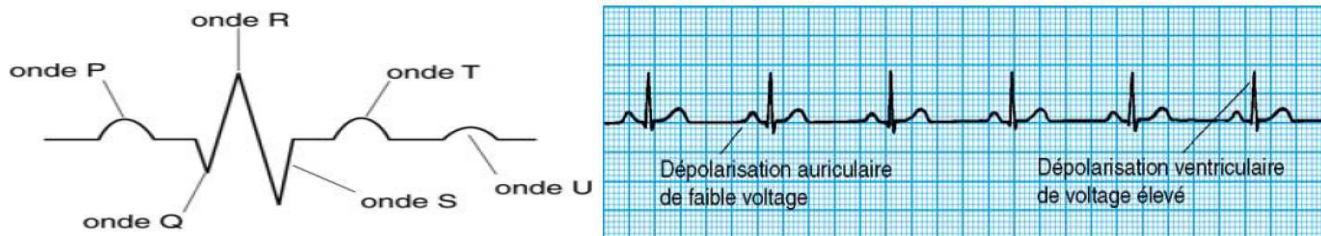
- la position des axes électriques,
- l'activation cardiaque
- les morphologies des dérivations usuelles.

B- Qu'enregistre véritablement l'ECG ?

Par convention, on attribue aux ondes principales de l'ECG les lettres P, Q,R, S, T et U

Chaque onde représente la dépolarisation (décharge électrique) ou la repolarisation (recharge électrique) d'une certaine région du cœur

Les changements de voltage détectés par l'électrocardiographe sont minimes, de l'ordre du millivolt. La taille de chaque onde correspond à l'amplitude du voltage généré par l'événement qui lui a donné naissance. Plus le voltage est élevé, plus l'onde est ample



L'ECG permet aussi de calculer la durée d'un événement. Le papier ECG se déroule dans l'appareil à une vitesse constante de 25 mm/s.



III- TECHNIQUE DE L'ENREGISTREMENT DE L'E.C.G :

L'enregistrement se fait sur un papier millimétré qui se déroule à une vitesse constante.

Étalonnage correct: Test de 1 millivolt provoque un signal rectangulaire de 1 cm de haut.

Vitesse de déroulement connue: Habituellement de 25 mm/seconde; chaque millimètre correspond, dans ces conditions, à 4/100 seconde; 5 mm à 0,20 sec.

Ligne isoélectrique (tracée par l'appareil qui n'enregistre aucune différence de potentiel) horizontale et parfaitement nette

A- Les Dérivations de l'ECG :

Représentent différents aspects de l'activité électrique du cœur. Un appareil électrocardiographique utilise l'information qu'il recueille par l'intermédiaire de ses 4 électrodes des membres et de ses 6 électrodes thoraciques pour dresser un tableau détaillé de l'activité électrique du cœur, représenté par 12 postes d'observation différents.

Cette série de 12 images ou « dérivations » a donné son nom à l'ECG 12 dérivations.

1- Nomenclature des dérivations de l'ECG :

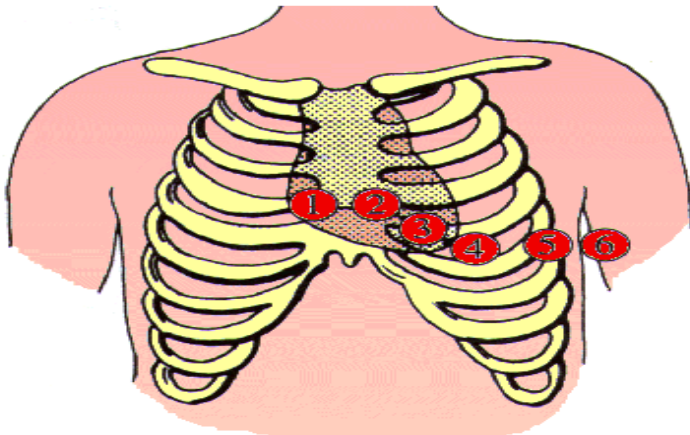
- dérivations des membres, frontales ou périphériques : (I, II, III, aVR, aVL, aVF)
- dérivations thoraciques : (V1, V2, V3, V4, V5, V6)
- dérivations bipolaires : (I, II, III)
- unipolaires : (aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6)

2- Emplacement des électrodes

ELECTRODES PRECORDIALES

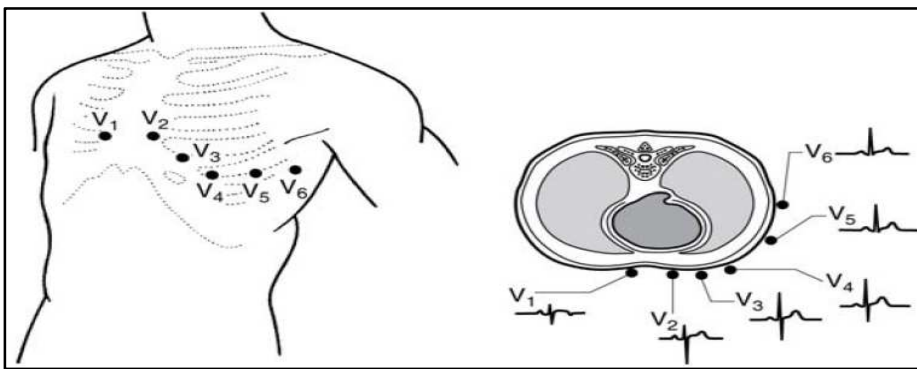
- **V1:** extrémité interne du 4^{ème} espace intercostal droit (EICD)
- **V2:** extrémité interne du 4^{ème} EICG
- **V4:** 5^{ème} EICG, sur la ligne verticale médio-claviculaire

- **V3**: à égale distance entre V2 et V4;
V2, V3 et V4 étant disposées en une ligne oblique;
- **V5**: 5^{ème} EICG au croisement de la ligne verticale axillaire antérieure,
- **V6**: 5^{ème} EICG au croisement de la ligne verticale axillaire moyenne.



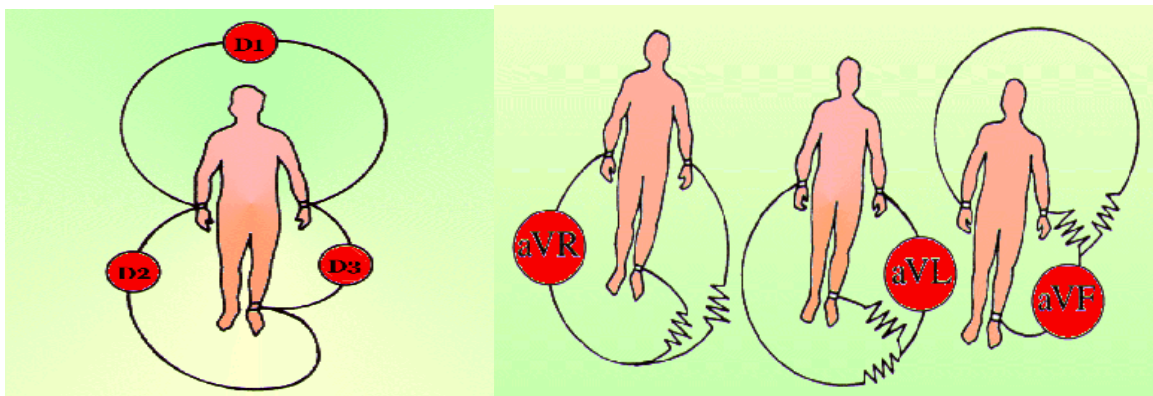
6 électrodes de base

- V1 rouge
- V2 jaune
- V3 vert
- V4 marron
- V5 noire
- V6 Violet



Chaque dérivation thoracique regarde le cœur dans un plan transversal et selon un angle différent

LES DERIVATIONS DES MEMBRES FRONTALES



Bipolaires

Unipolaires

Mise en place des électrodes:

4 sur les membres = Dérivations périphériques

- Bras D → Rouge
- Jambe D → Noir
- Jambe → Vert
- Bras G → Jaune

} **Rien Ne Vas Jamais**

Ces 4 électrodes permettent d'enregistrer 6 dérivations

IV- L'ORIGINE DE CHAQUE ONDE :

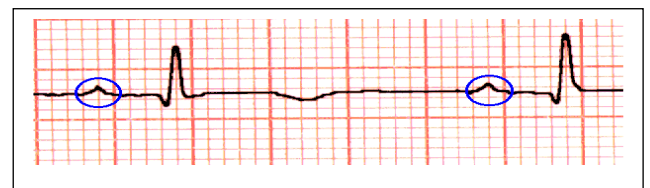
- Lorsqu'on connaît l'emplacement de chaque dérivation par rapport au cœur, il est possible de dire si l'onde électrique se dirige vers cette dérivation ou s'en éloigne.
- Ceci est très simple à apprécier, parce que le courant électrique qui se dirige vers une dérivation produit une déflexion orientée vers le haut (positive) sur l'ECG,
- tandis que le courant qui s'en éloigne produit une déflexion dirigée vers le bas (négative)

Exemple

- l'onde P qui représente la dépolarisation auriculaire.
- elle est positive sur la dérivation II parce que la dépolarisation auriculaire se dirige vers cette dérivation,
- mais elle est négative en aVR parce que celle-ci regarde l'oreillette dans la direction opposée.

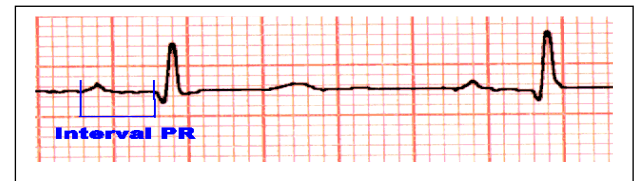
1- L'onde P :

- Dans un cœur normal, chaque battement commence avec la décharge (dépolarisation) du nœud sino-auriculaire ne provoquant aucune onde identifiable sur l'ECG standard
- La première onde détectable apparaît quand l'influx se propage à partir du nœud sinusal pour dépolariser les oreillettes, c'est l'onde P.
- Durée inférieure à 0,12s et amplitude inférieure à 2,5 mv



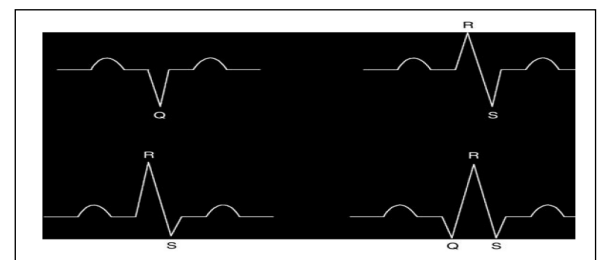
2- intervalle PR :

- Après avoir parcouru l'oreillette, l'influx électrique atteint le nœud auriculo-ventriculaire (AV) localisé à la partie inférieure de l'oreillette droite.
- Le NAV est normalement la seule voie par laquelle un influx électrique peut atteindre les ventricules
- L'activation du NAV ne produit pas d'onde identifiable sur l'ECG mais elle contribue à l'intervalle de temps entre l'onde P et l'onde suivante, Q ou R, durée normale entre 0,12 et 0,20s



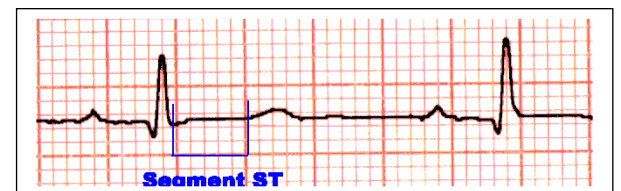
3- Complexe QRS :

Par convention, la première déflexion du complexe QRS, si elle est dirigée vers le bas, prend le nom d'onde Q. La première déflexion dirigée vers le haut est appelée onde R, qu'elle suive ou non une onde Q. Une déflexion dirigée vers le bas après une onde R est appelée onde S. D'où la possibilité de complexes de morphologies diverses, sa durée normale est de 0,08s



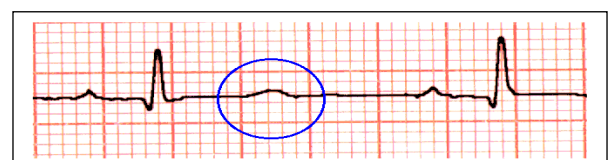
4-Le segment ST :

Correspond à la période transitoire pendant laquelle aucun courant électrique ultérieur ne peut être propagé à travers le myocarde. Il se mesure de la fin de l'onde S au début de l'onde T, il est isoélectrique.



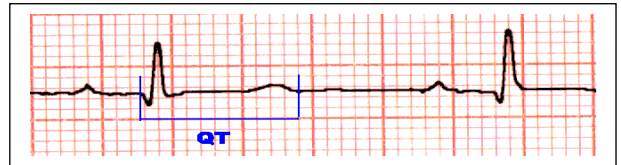
5- L'onde T :

Représente la repolarisation « recharge » du myocarde ventriculaire à son état électrique de repos.



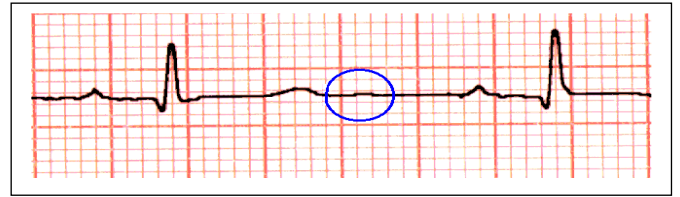
6-L'intervalle QT :

Mesure le temps total écoulé pendant l'activation des ventricules et le retour à l'état normal de repos.



7- L'onde U :

Est d'origine incertaine, peuvent être difficiles à identifier, mais lorsqu'elles sont présentes, elles sont plus facilement identifiables sur les dérivations thoraciques antérieures, de V2 à V4



V-Analyse de l'électrocardiogramme :

➤ Avant d'interpréter un ECG, il faut s'assurer de la qualité de l'enregistrement et en particulier :

- de l'absence de défaut d'étalonnage
- de la stabilité de la ligne de base et de l'absence d'interférence
- de l'absence d'inversion des fils, par exemple, bras droit – bras gauche, erreur facilement détectable en raison de la négativité de l'onde P en DI.

- Elle doit être méthodique et systématique. Elle comporte au minimum l'étude de :
- la fréquence et du rythme
- la dépolarisation auriculaire : onde P (durée et amplitude)
- la conduction auriculo – ventriculaire : durée de l'intervalle PR (ou plus exactement PQ)
- la dépolarisation ventriculaire (complexe QRS) :
 - axe dans le plan frontal
 - morphologie et amplitude des déflexions Q, R, S, selon les dérivations
 - durée du complexe
- la repolarisation ventriculaire :
 - position du segment ST par rapport à la ligne isoélectrique
 - morphologie et amplitude de l'onde T
 - durée de l'espace QT
 - onde U

La synthèse de ces différentes informations permet de proposer un diagnostic électrocardiographique qui doit toujours être confronté aux données cliniques, radiologiques et éventuellement aux autres examens complémentaires. Un électrocardiogramme normal n'est pas synonyme de cœur normal et, inversement, certaines anomalies électrocardiographiques ne correspondent à aucune cardiopathie.

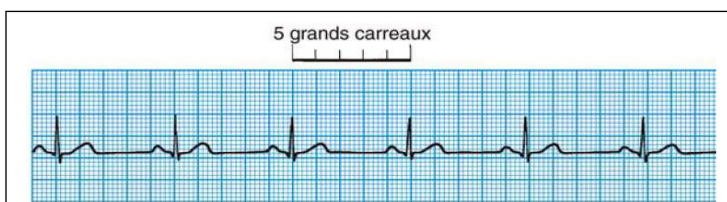
VI-Electrocardiogramme normal :

1 - Rythme cardiaque

- La séquence régulière P (d'origine sinusale), QRS-T traduit un rythme sinusal normal.
- L'onde P sinusal a une morphologie constante.
- Le rythme est régulier si les espaces R-R sont égaux.
- Si c'est le cas on dit : un rythme régulier sinusal.

1 - Fréquence cardiaque :

- La mesure de la fréquence cardiaque est simple et peut s'effectuer de différentes façons.
- Avant d'essayer de mesurer quoi que ce soit, vérifiez toutefois que l'ECG a bien été enregistré à la vitesse standard de 25 mm/s.
- Si tel est le cas, un tracé d'une durée d'une minute couvre 300 grands carreaux.
- Si le rythme du patient est régulier, tout ce que vous avez à faire est de compter le nombre de grands carreaux entre deux complexes QRS consécutifs et de diviser 300 par ce nombre.



$$FC = 300 / 5 = 60$$

par minute

- Cette méthode n'est pas aussi fiable quand le rythme est irrégulier, car le nombre de grands carreaux intercalés entre les complexes QRS varie d'un battement à l'autre.
- Pour pallier cet inconvénient, comptez le nombre de complexes QRS compris dans l'espace de 30 grands carreaux. le nombre de complexes QRS durant 6 secondes, multiplier par 10, c'est la fréquence par minute.
- La fréquence normale au repos est comprise entre 60 et 100/mn.

2 - Dépolarisation auriculaire : onde P

- Sa durée normale est inférieure ou égale à 0.12 s.
- Son amplitude normale est inférieure ou égale à 2.5 mm, généralement maximale en D2 et V1.
- L'onde P sinusale est toujours positive en D1 et D2 et négative en aVR ; elle est positive ou diphasique (+ ou -) en V1 et positive ou plate en V6.

3 - Conduction auriculo-ventriculaire : espace PR ou PQ

- La durée normale de l'intervalle PR est comprise entre 0.12 et 0.20 s. Ce délai se mesure du début de l'onde P au début du complexe QRS. Il correspond au temps de conduction de l'influx de l'oreillette aux ventricules. Il diminue si la fréquence cardiaque s'accélère et augmente avec l'âge.

4 - Dépolarisation ventriculaire : complexe QRS

a) Nomenclature :

Par convention, la nomenclature suivante est utilisée :

- R désigne la première déflexion positive, Q une onde négative précédant l'onde R, S toute onde négative suivant une onde R
- Quand il y a deux ondes positives, la seconde est désignée par R'. De même, lorsqu'il y a deux ondes négatives après l'onde R, la seconde est désignée par S'. Il peut exister de la même façon une onde R'' et S''
- Pour permettre une description plus précise du complexe QRS, on utilise les lettres minuscules q, r, s lorsque les déflexions sont de faible amplitude
- La désignation QS est réservée à un complexe exclusivement négatif.

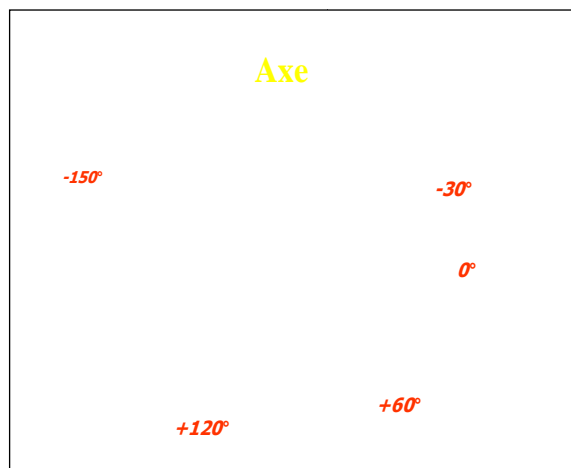
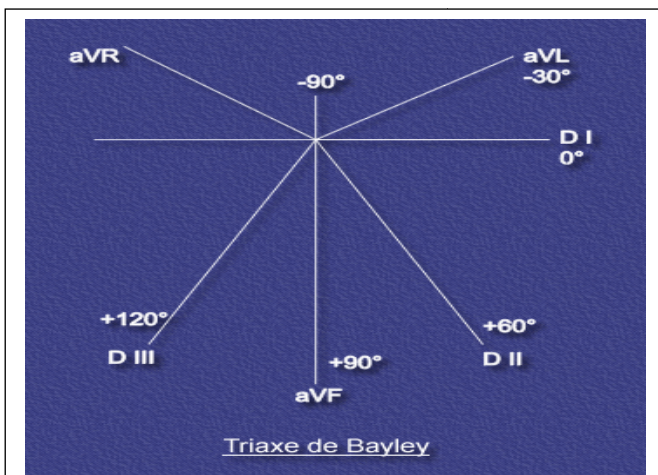
b) Morphologie du complexe QRS

Ainsi, la morphologie est assez univoque dans les dérivations précordiales chez le sujet normal : il faut retenir l'absence d'onde q en précordiales droites, celle-ci n'apparaissant que dans les précordiales gauches, où elle doit rester fine et peu profonde. L'onde R croît de V1 à V5, où elle est habituellement maximale, à V6. La dérivation où l'onde R a une amplitude égale à celle de l'onde S est appelée zone de transition, et se situe généralement en V3-V4. Dans les dérivations frontales, la morphologie est beaucoup plus variable, selon l'axe électrique.

c) Axe de QRS dans le plan frontal (Â QRS)

La valeur moyenne normale de l'axe QRS est de +60° avec d'importantes variations chez le sujet normal, de 0 à 90°, en fonction de la morphologie du thorax. Un axe normal n'exclut pas des anomalies cardiaques majeures.

- l'axe cardiaque est un indicateur de la direction générale que prend l'onde de dépolarisation lorsqu'elle s'écoule à travers les ventricules.
- désigné par l'angle, mesuré en degrés
- représentant la direction du courant électrique s'écoulant à travers les ventricules.

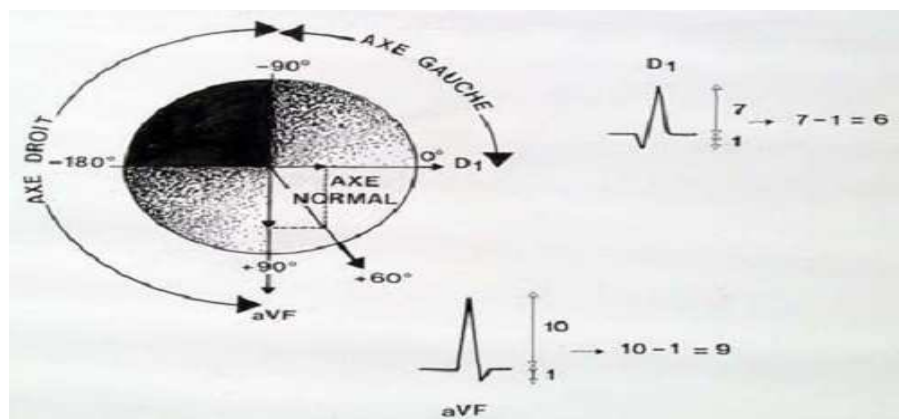


Une règle rapide pour déterminer l'axe

Si les complexes QRS sont positifs en majorité dans les dérivations DI et DII, l'axe cardiaque est normal.

Mesure de l'axe du cœur

DI	DII	Axe cardiaque
QRS positif	QRS positif	Axe normal
QRS positif	QRS négatif	Déviaton axiale gauche
QRS négatif	QRS positif	Déviaton axiale droite



d) Amplitude de QRS

Dans les dérivations frontales l'amplitude est très variable. Elle ne dépasse pas 15 mm en D1 et 12 mm en aVL. Une amplitude inférieure à 5 mm dans l'ensemble de ces dérivations fait parler de microvoltage.

Dans les dérivations précordiales, on utilise certains critères :

- **l'index de Sokolow-Lyon** : $SV1 + RV5$ ou $V6 > 35$ mm : le plus utilisé chez les sujets de plus de 35 ans. Chez les sujets plus jeunes, en dessous de 35 ans, on exige une amplitude > 45 mm.
- **indice de Cornell**: $RaVL + SV3 > 28$ mm chez l'homme, > 20 mm chez la femme :
- Le rapport R/S est inférieur à 1 en V1 et supérieur à 2 en V6. Dans le cas contraire, le tracé suggère une hypertrophie ventriculaire droite (HVD).

e) Durée du complexe QRS

Elle est en moyenne de 0,08 s. Au-delà il s'agit en principe d'un trouble de conduction intraventriculaire.

f) Délai d'apparition de la déflexion intrinsécoïde

Il correspond au temps que met l'excitation à parcourir le myocarde ventriculaire depuis le début de la dépolarisation septale jusqu'à celle de l'épicaire sous-jacent à une électrode exploratrice. Il se mesure dans les dérivations relativement proches du cœur (électrodes précordiales : V1 pour le ventricule droit, V6 pour le ventricule gauche) entre le début de QRS et le sommet de R. Il est normalement inférieur ou égal à 0,03 s en V1 et à 0,05 s en V6. Son allongement témoigne soit d'un bloc de branche, soit d'une hypertrophie ventriculaire.

5- Repolarisation ventriculaire : segment ST – onde T – onde U

Le segment ST sépare le complexe QRS de l'onde T. Son origine est précise, répondant au point J. Le segment est normalement **isoélectrique**. Il faut connaître toutefois la fréquence des sus-décalages de ST et du point J pouvant atteindre 3 à 4 mm dans les précordiales moyennes (V2 – V5) chez les sujets indemnes d'affection cardiaque ; on qualifie cet aspect de « vagotonie ».

L'onde T est habituellement de **faible amplitude, asymétrique** avec une pente ascendante plus faible que la pente descendante, et **de même sens que QRS**. Elle est normalement positive en D1, D2, D3, aVF et en V2 à V7. Une onde T diphasique ou négative en D3 et V1 doit être considérée comme physiologique.

L'onde U, inconstante, fait suite à l'onde T. Elle est de même sens mais d'amplitude moindre; c'est en précordiales moyenne (V3, V4) qu'elle est le plus fréquemment visible. Sa signification est discutée.

L'intervalle QT (début de QRS, fin de T) varie surtout en fonction de la fréquence cardiaque. Pour une fréquence voisine de 60/mn, la durée de l'intervalle QT avoisine 0.4 s. Les réglettes à ECG indiquent la durée normalisée de l'intervalle QT en fonction de la fréquence

$$QT \text{ corrigé inférieur à } 450 \text{ ms ; } QT \text{ corrigé} = QT \text{ mesuré} / \text{racine carré de RR}$$

6 - ECG normal de l'enfant

La fréquence cardiaque plus élevée (120-140/mn la première année) s'accompagne d'accidents électriques plus brefs : onde P inférieure à 0.08 s, PR entre 0.10 et 0.18 s, QRS d'une durée inférieure à 0.09 s.

A la naissance, la prépondérance électrique du ventricule droit explique les aspects ECG d'hypertrophie ventriculaire droite : axe de QRS dévié à droite, grandes ondes R en précordiales droites, avec onde T négative de V1 à V4.

Ces aspects vont progressivement s'estomper et laisser place à l'aspect de prépondérance ventriculaire gauche.

VII-ECG PATOLOGIQUE

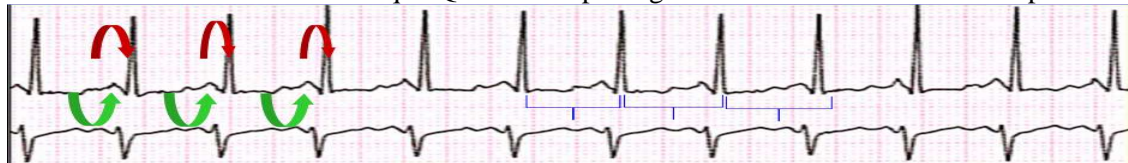
1-anomalies de la fréquence :

a-Bradycardie sinusal : rythme régulier et sinusal de fréquence inférieure à 60/min.

b-Tachycardie sinusal : C'est un rythme régulier et sinusal de fréquence supérieure à 100/ mn chez l'adulte avec des complexes QRS fins.

2- anomalies du rythme : sinusal, auriculaire, jonctionnel ou ventriculaire

Rythme sinusal si onde P visible devant chaque QRS de morphologie normale et constante avec espace PR constant



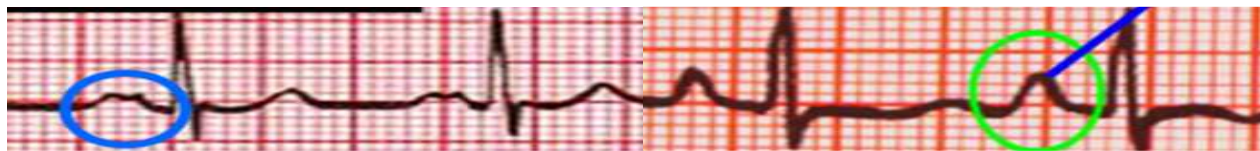
Rythme irrégulier : les espaces RR ne sont pas égaux.

Rythme irrégulier avec absence d'onde P (onde P remplacée par des ondes F de fibrillation) : c'est une arythmie complète par fibrillation auriculaire AC/FA

3-Les Hypertrophies Auriculaires :

A-Critères électriques d'HAD : Onde *P ample et positive* > 2,5 mm dans les dérivations II, III et aVF et une durée normale. Déflexion positive de l'onde P en V1 et V2 supérieure à la déflexion négative et supérieure à 1,5 mm.

B-Critères électriques d'HAG : *Durée de l'onde P augmentée* > 0,12 seconde avec souvent encoche à sa partie moyenne dans les dérivations I ou II.



4-Les troubles de conduction auriculo-ventriculaire

BAV : BLOC AURICULO-VENTRICULAIRE

= trouble de conduction entre oreillettes et ventricules par atteinte du nœud auriculo-ventriculaire ou du faisceau de His avec 3 degrés possibles

- **BAV I** : allongement de l'espace PR > 0,20 s

- **BAV II Mobitz 1** : périodes de **Luciani-Wenckebach** (allongement progressif des espaces PR puis onde P bloquée non suivie de QRS)

- **BAV II Mobitz 2** : blocage paroxystique des ondes P avec intervalle RR = 2 RR normaux), dit 2/1 si 1 onde P bloquée sur 2

- **BAV III** : **dissociation auriculo-ventriculaire complète** avec bradycardie d'échappement ventriculaire (QRS lents et élargis si bloc bas situé, QRS rapides et fins si bloc haut situé)

1:BAV 1 degré



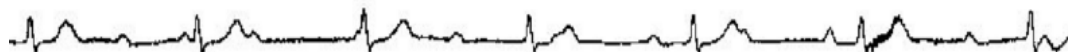
2:BAV 2° Mobitz 1



3:BAV 2° Mobitz 2

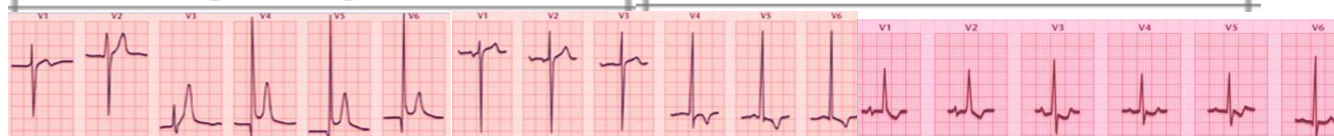


4:BAV 3 degré



5-Les Hypertrophies Ventriculaires :

HVG	HVD
Déviaton axiale gauche (<-30°)	Déviaton axiale droite (>110°)
Ondes S amples en V1-V2	Ondes R > 5mm ou
Sokolow : SV1+RV6 > 35 mm	R exclusif en V1-V3
Cornell : RaVL+SV3	R/S > 1 en V1
♂ > 28 mm, ♀ > 20 mm	Ondes T négatives en V1-V2
HVG « systolique » si ondes T négatives en V5-V6,	BID possible
« diastolique » si positives	Transition déplacée à gauche



HVG Diastolique

HVG Systolique

HVD

6-Les troubles de conduction intra-ventriculaire :

-Bloc de Branche Gauche et Droit : BBG, BBD

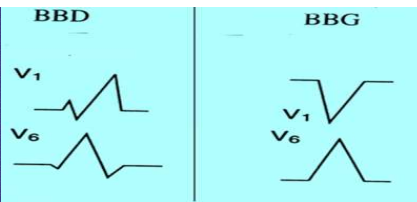
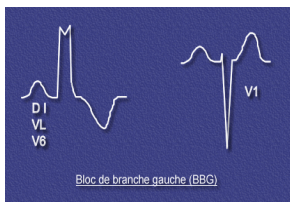
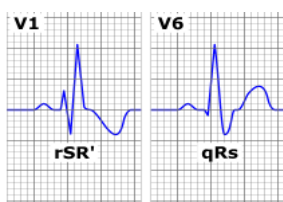
Le diagnostic de BB exige :

- 1. Une commande supra-ventriculaire**
 - Rythme sinusal ou arythmie complète.
- 2. Un allongement de QRS**
 - Minimale dans les HB (HBAG, HBPG).
 - Plus net mais < 0,12 s dans les BB incomplets (BID, BIG).
 - Marqué et > 0,12 s dans les BB complets (BBD, BBG, BBB) avec retard du tAV. (> 0,08 s) en face du ventricule correspondant (V1 pour le BBD ; V6 pour le BBG).

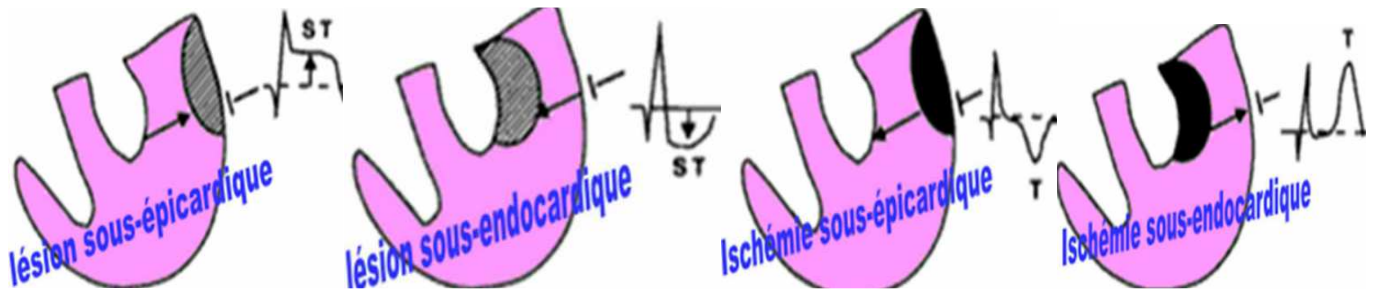
Le BB limite ou empêche le diagnostic ECG

- de l'HV (invalidation des critères de QRS : axe, durée, tAV ; demeurent +/- les voltages) ;
- de l'IDM : en cas de BBG.

BBG	BBD
QRS élargis > 0,12s	QRS élargis > 0,12s
Aspect RR' ou R exclusif en V5-V6 et QS en V1-V2	Aspect rSr' en V1-V2 avec ondes S larges trainantes en V5-V6
Ondes T négatives en V5-V6	Onde T négative en V1-V2
Retard à l'apparition de la déflexion intrinsécoïde en V6 > 0,08 s	Retard à l'apparition de la déflexion intrinsécoïde en V1 > 0,03 s
Déviaton axiale gauche	Déviaton axiale droite



7- Les Anomalies de la Repolarisation :



8- Onde Q de nécrose : Infarctus :

- Profonde : $> 1/3$ de l'onde R
- Large : $> 0,04$ sec
- Présente au moins dans 2 dérivations dans un même territoire



Référence :

- 1- livre savoir comment interpréter un ECG
- 2- EMC de cardiologie