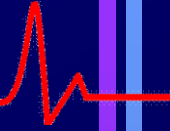


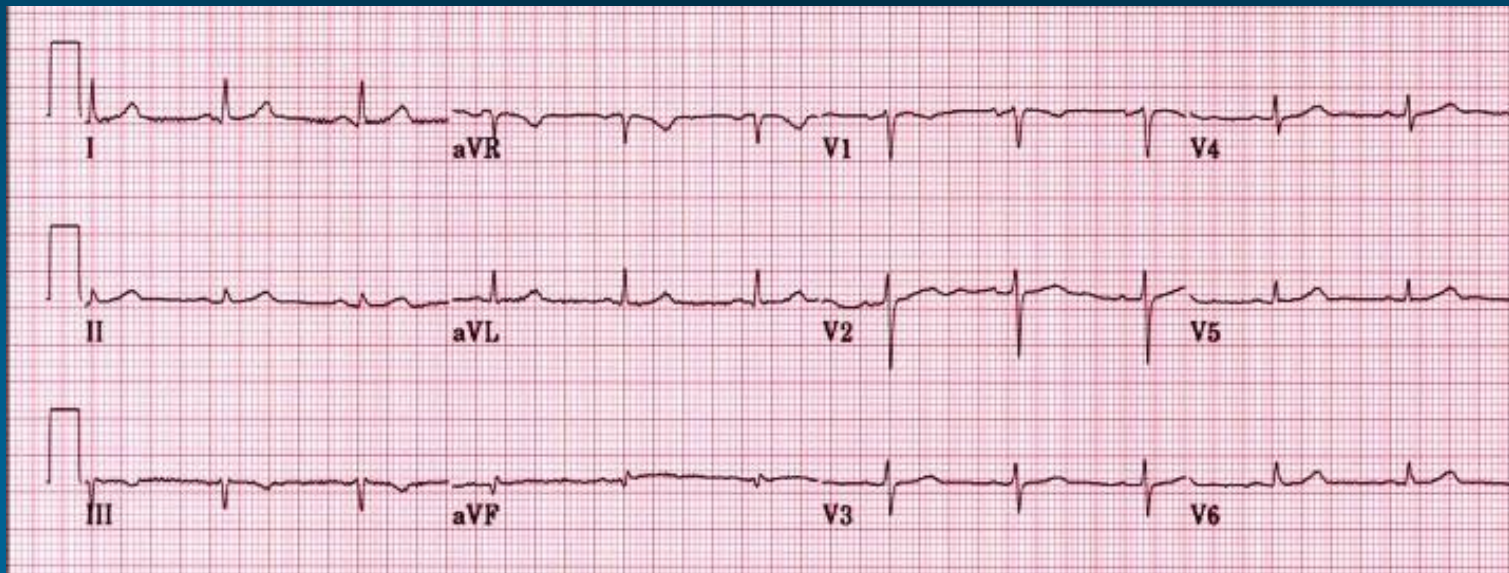
# ECG normal



*Présenté par :*  
**Pr . BENMERZOUGA**

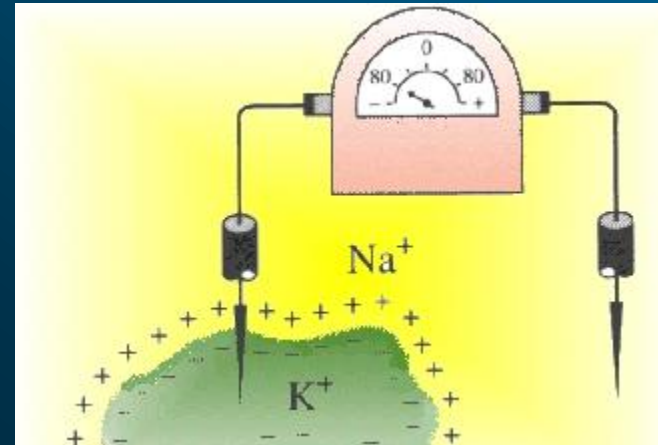
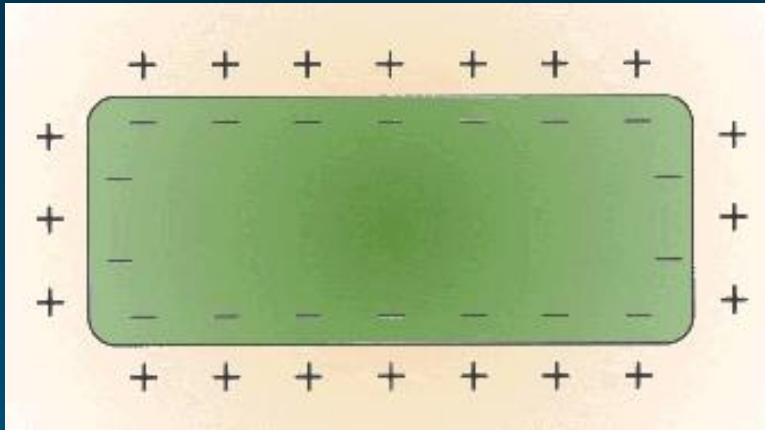
# Introduction / Définition

- ✦ L'électrocardiographie est une technique d'exploration de l'activité myocardique, basée sur l'enregistrement et l'interprétation des ECG.
- ✦ L'ECG est un tracé scalaire qui inscrit en fonction du temps les variations de potentiels induits dans les différents points du corps (spécialement à la surface des téguments) par les fibres myocardiques en activité.



# Bases électrophysiologiques

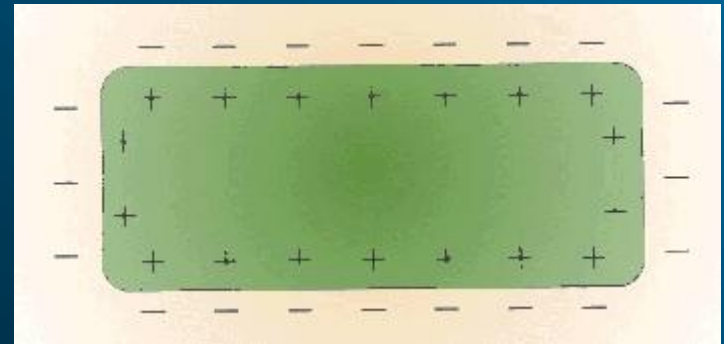
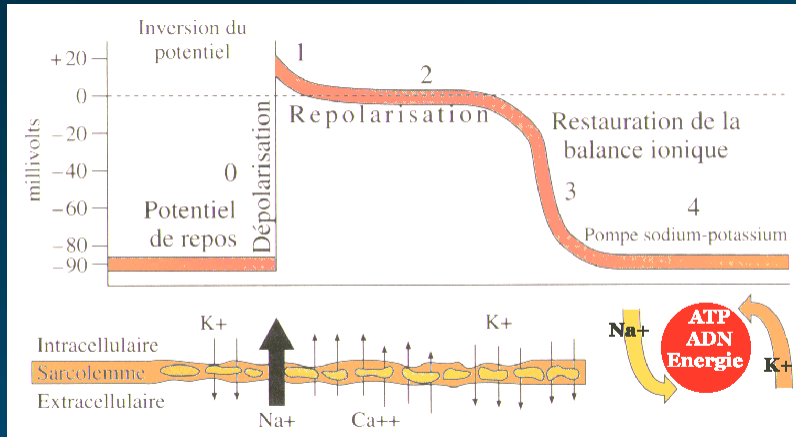
## ✦ *Cellule cardiaque au repos (polarisée) :*



- ✦ si 2 électrodes sont mises à la surface de la cellule elles n'enregistrent aucune différence de potentiel (**Ligne Isoélectrique**), par contre si une électrode est mise à la surface de la cellule et l'autre à l'intérieur, on enregistrera une différence de potentiel de l'ordre de -90mV. Cette différence de potentiel est appelée **potentiel de repos**.

# Bases électrophysiologiques

## ◆ La dépolarisation :



◆ Sous l'effet d'une stimulation, la surface cellulaire se dépolarise, ce qui donne lieu à un courant électrique entraînant l'enregistrement d'une onde rapide et brève au galvanomètre.

## ◆ La repolarisation :

◆ Une fois dépolarisée, la cellule récupère progressivement sa charge électrique positive initiale : c'est la repolarisation, entraînant l'enregistrement d'une onde lente, de sens inverse.

# Principes de l'ECG

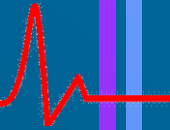


## > Postulats et conventions :

En pratique on ne peut pas placer les électrodes en contact des cellules myocardiques, donc l'enregistrement du PA par l'ECG suppose que :

- ✦ Les électrodes d'enregistrement sont éloignées du cœur, **elles n'enregistrent pas les variations de potentiels de cellules elles-mêmes, mais seulement les variations du champ électrique produit à la surface du corps.**
- ✦ On admet que le corps constitue un milieu conducteur homogène.
- ✦ On admet que le cœur dans son entier soit assimilé à une fibre musculaire unique.
- ✦ Les effets du processus d'activation du cœur sur le champ électrique corporel peuvent être assimilés à ceux d'un dipôle électrique.

# Principes de l'ECG



- ✦ L'activation du myocarde se fait de l'endocarde vers l'épicarde : l'électrode à la surface du cœur voit venir vers elle le pôle positif du dipôle → elle enregistre une positivité.
- ✦ La repolarisation se fait en sens inverse de la dépolarisation : de l'épicarde vers l'endocarde : l'électrode à la surface du cœur voit s'enfuir le pôle négatif du dipôle → elle enregistre une positivité.

# Principes de l'ECG



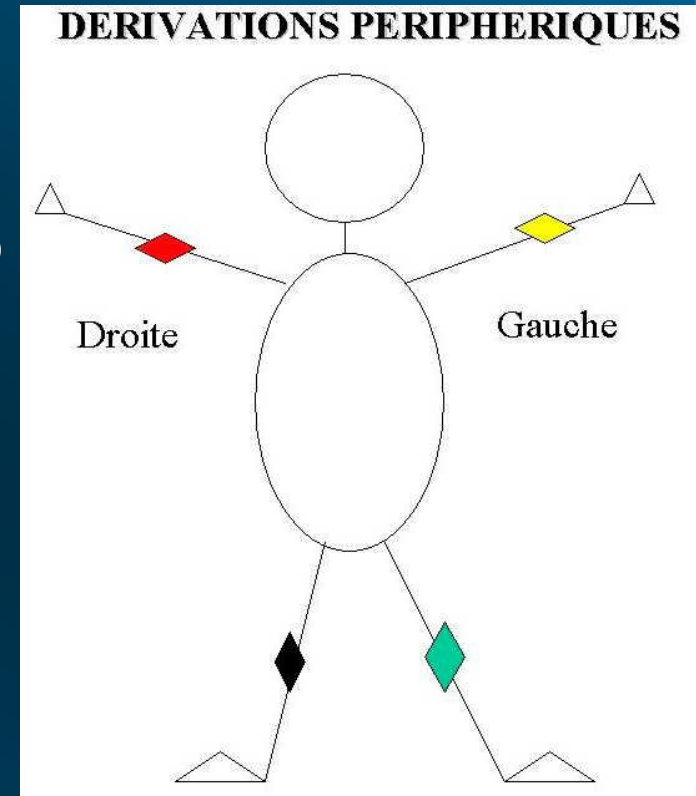
## > Les dérivations :

- ✦ Une dérivation est un circuit électrique comprenant 2 électrodes de contact reliées par un fil conducteur à un galvanomètre (la droite joignant les deux électrodes est appelée **ligne de dérivation**). Ce circuit permet d'enregistrer les variations du champ électrique du cœur.
- ✦ Une dérivation est dite **bipolaire** quand les deux électrodes sont exploratrices. Elle est dite **unipolaire** quand une seule électrode est exploratrice (le ligne de dérivation joint l'électrode exploratrice au centre du cœur).
- ✦ L'ECG standard comporte 12 dérivations qui recueillent la projection du vecteur représentatif de l'activité électrique du cœur dans le plan frontal et horizontal.

# Principes de l'ECG

## 1. Dérivations du plan frontal

- ◆ **Dérivations standard (bipolaires) :**
  - D1 : bras droit (-) au bras gauche (+)
  - D2 : bras droit (-) à la jambe gauche (+)
  - D3 : bras gauche (-) la jambe gauche (+)
- ◆ **Dérivations unipolaires :**
  - aVR : bras droit (+)
  - aVL : bras gauche (+)
  - aVF : jambe gauche (+)





# Principes de l'ECG

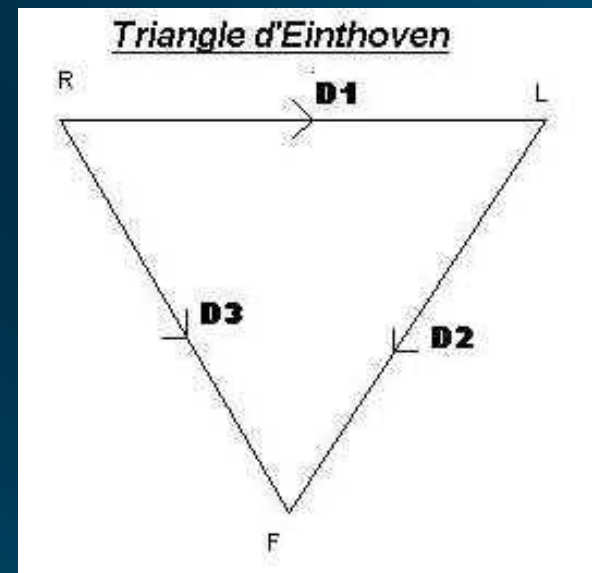
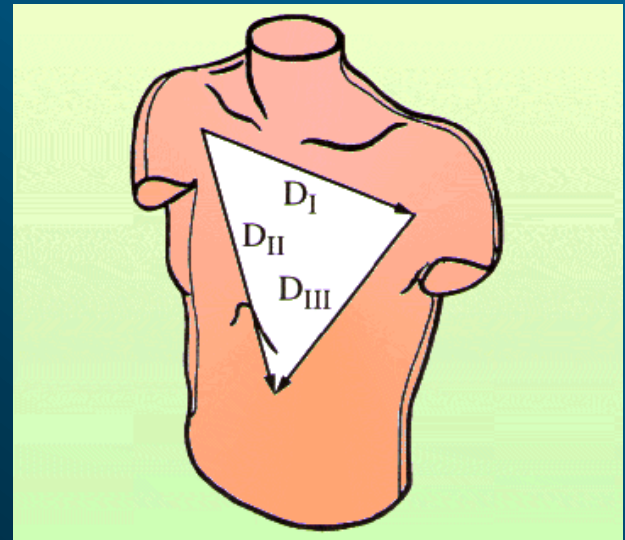
## 1. Dérivations du plan frontal

✦ Pour faciliter l'analyse des phénomènes observés, Einthoven a émis les hypothèses suivantes :

1/ Les 3 électrodes déterminent les sommets d'un triangle équilatéral dont les cotés sont les lignes des dérivations standard.

2/ L'activité électrique du cœur prend naissance au centre du triangle qui se confond avec le centre électrique du cœur, ceci veut dire que l'activité électrique du cœur est représentée par un vecteur :

- ✦ Qui naît au point 0,
- ✦ Qui est orienté dans le sens de la plus grande différence de potentiel
- ✦ Qui va des zones électronégatives vers les zones électropositives
- ✦ Son amplitude est proportionnelle à la différence de potentiel.



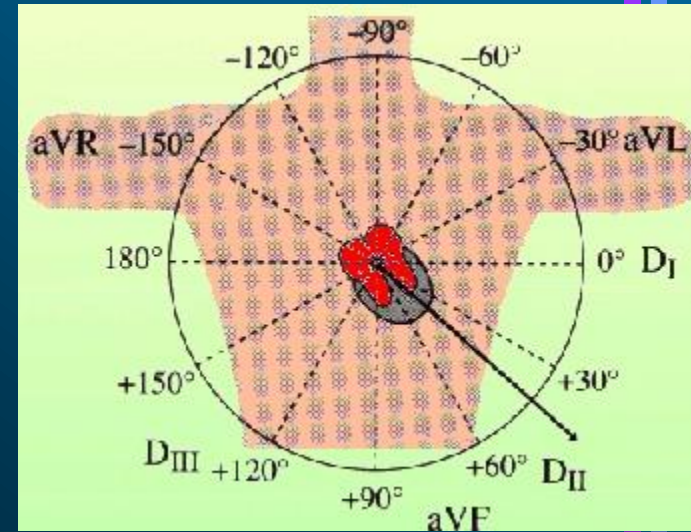
# Principes de l'ECG

## 1. Dérivations du plan frontal

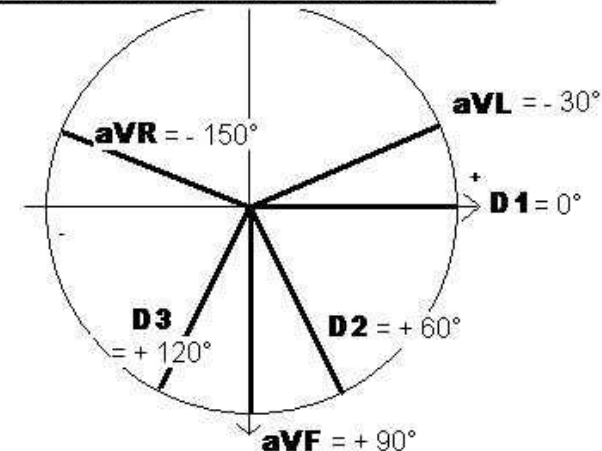
✦ Les dérivations unipolaires recueillent dans le plan frontal le même phénomène que les bipolaires, mais le voit sous un angle différent.

✦ Le triaxe de **BAYLEY** : En partant du principe que les lignes des dérivations bipolaires constituent les côtés du triangle équilatéral, et que les lignes des dérivations unipolaires constituent les bissectrices de ce même triangle, Bayley a procédé à une simple translation aux différentes lignes par rapport au centre 0 du triangle, soit au centre électrique du cœur, on obtient ainsi le double triaxe.

Le triaxe de Bayley permet le calcul rapide de l'orientation de l'axe électrique du cœur dans le plan frontal.



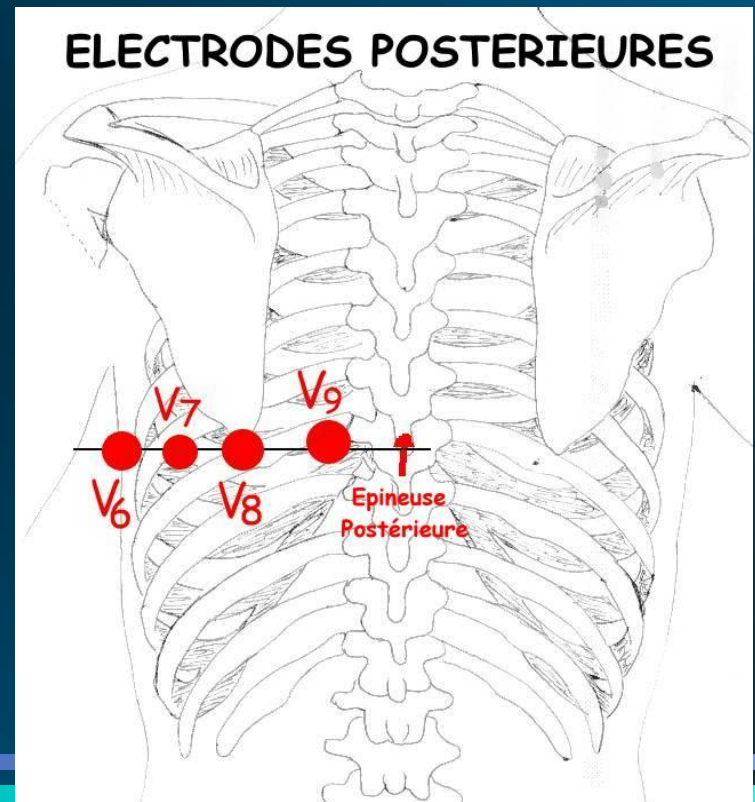
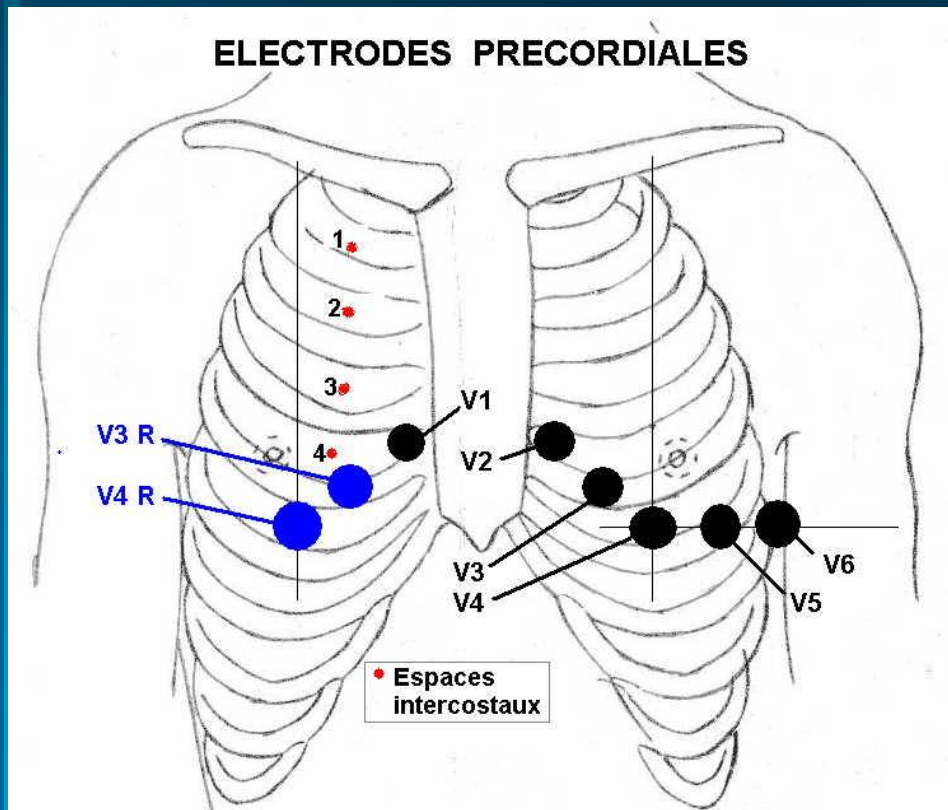
Position des dérivations des membres



# Principes de l'ECG

## 2. Dérivations du plan horizontal

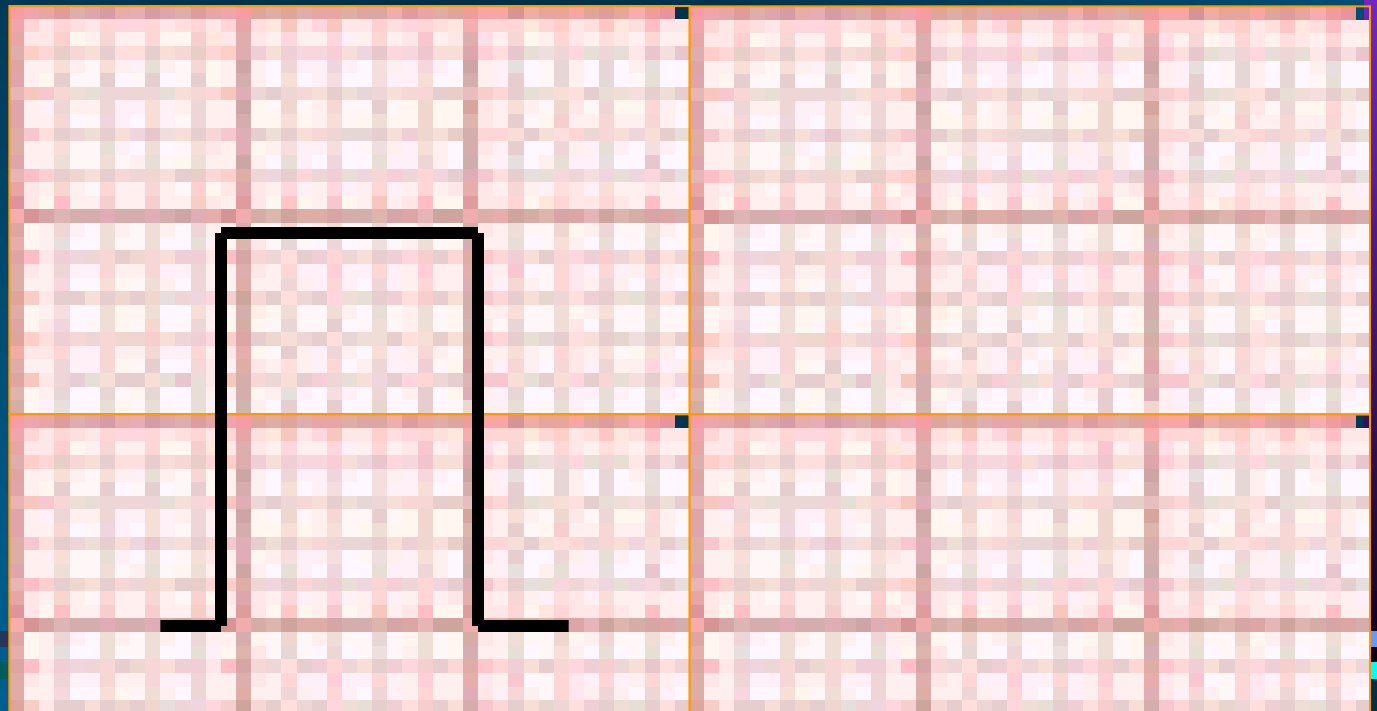
✦ Ce sont les dérivations unipolaires précordiales. Qui comportent une électrode exploratrice placée sur le précordium à des points définis selon des repères squelettiques conventionnels liée à une électrode indifférente à une borne de potentiel 0.



# Enregistrement de l'ECG

## > Papier à ECG :

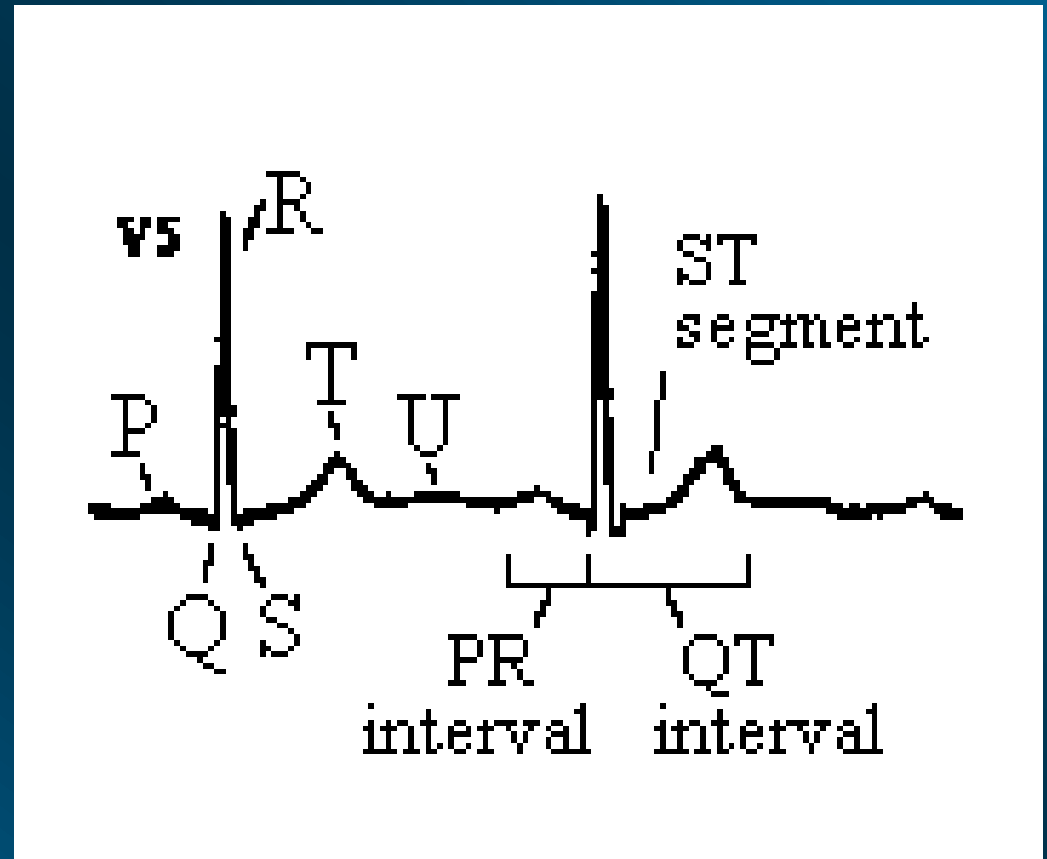
- ◆ L'enregistrement se fait sur un papier millimétré, thermosensible, qui se déroule (dans les conditions standard) à la vitesse de **25mm/sec**, de sorte qu'en abscisses : **1mm = 0.04 s** et **5mm=0.20s**. De même, l'étalonnage standard de l'appareil à ECG enregistre en ordonnées une déflexion de 10mm pour un voltage de 1millivolt, soit **1mm = 0.1 mv**.
- ◆ **Technique.**



# Enregistrement de l'ECG

## > Accidents de l'ECG :

- ◆ Lorsque l'appareil est branché, la ligne iso-électrique étant réglée au milieu du papier enregistreur, il apparaît une série de déflexions séparées par des intervalles. Ces déflexions et ces intervalles ont une terminologie précise.



# Activations électrique du cœur



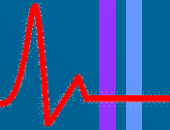
- ✦ L'onde d'activation qui émane du NSA se propage en éventail dans les deux oreillettes.
- ✦ Du fait de la disposition du cœur et de la situation du NSA (en haut, à droit et en avant), la direction moyenne de l'onde d'activation auriculaire est orientée **en bas, à gauche et en arrière**. → **ONDE P**
- ✦ L'onde d'excitation arrive ensuite au NAV, elle y subit un ralentissement, puis s'engage rapidement dans le tronc commun faisceau de His, elle bifurque dans les deux branches : droite et gauche du faisceau de His, pour atteindre les ramifications de Purkinje. L'activation de ce système de conduction n'a pas de traduction électrique décelable (sur l'ECG de surface) parce que la masse activée est très petite.
- ✦ Les parois ventriculaires elles-mêmes sont activées dans une direction perpendiculaire à la paroi : **de l'endocarde à l'épicarde**.

# Activations électrique du cœur



- ✦ L'activation des parois ventriculaires débute par la partie moyenne du SIV, de gauche à droite, et le vecteur résultant (**vecteur initial**) est orienté à droite, en haut vers l'avant. → ONDE q
- ✦ Ensuite c'est l'ensemble de la portion restante du septum et des ventricules qui est activées à son tour à l'exception de la région basale, et le vecteur résultant (**vecteur principal**) est orienté à gauche, en bas, vers l'arrière. → Onde R.
- ✦ Pendant les dernières 0.02s c'est la partie basale des deux ventricules et du septum, ainsi que le toit de l'infundibulum pulmonaire qui sont activés, et le vecteur résultant (**vecteur terminal**) est orienté un peu à droite, en haut vers l'arrière. → onde S
- ✦ Ce sont les vecteur d'activation du VG qui prédominent et être responsables de l'orientation du vecteur global d'activation ventriculaire, qui adopte la direction anatomique du VG à gauche, en bas et en arrière.

# Activations électrique du cœur



- ✦ Les parois ventriculaires se repolarisent dans une direction opposée à celle de la dépolarisation, donc de l'épicaarde vers l'endocarde.
- ✦ Il en résulte que l'onde de repolarisation s'inscrit dans le même sens que celle de dépolarisation (positive dans les électrodes qui font face).
- ✦ Comme le processus de repolarisation est plus long que la dépolarisation, l'onde de repolarisation a un développement plus graduel, une amplitude moindre, une configuration plus arrondie et une durée imprécise mais plus longue que les ondes de dépolarisation.



# Comment lire un ECG ?



L'analyse d'un ECG exige l'analyse systématique des éléments du tracé et la connaissance des critères normaux. **Avant tout, il faut toujours vérifier l'étalonnage.**

Seront successivement analysés et éventuellement mesurés :

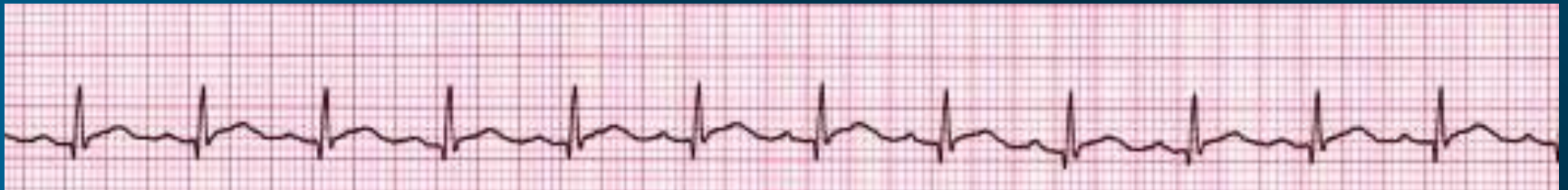
1. Le rythme
2. La fréquence
3. Auriculogramme : étude de l'axe, amplitude, durée et forme de l'onde P
4. Calcul du PR
5. Ventriculogramme : Etude de l'axe, l'amplitude, la durée et la forme des QRS
6. Etude de la repolarisation : morphologie du ST et étude des ondes T
7. Durée du QT

# Critères d'un ECG normal

## 1. Le Rythme :

Lorsqu'on parle du rythme cardiaque, on parle à la fois du lieu de genèse de l'activité électrique du cœur et de la régularité ou non de sa propagation. Ainsi, on parle de rythme sinusal régulier lorsqu'il est :

- ▶ **RÉGULIER** : espace R-R identique sur tout le tracé, avec des complexes QRS similaires
- ▶ **SINUSAL** : l'activité électrique est générée par le nœud sinusal.



# Critères d'un ECG normal



## 2. La Fréquence :

- ✦ Elle varie largement d'un sujet à l'autre, **de 60 à 100 cycles par minute.**
- ✦ Différentes méthodes existent pour mesurer la fréquence cardiaque sur un ECG.:
  1. **La Méthode Usuelle** : mémoriser la séquence "**300, 150, 100, 75, 60...**".
  2. Méthode dite "mathématique" (conseillée notamment en cas de bradycardie) :  **$FC = 300 / N$**
  3. Nombre de complexes QRS par 6 secondes (en cas de bradycardie également):  **$FC = 10 \times N6$**
  4. Règle à ECG.

# Critères d'un ECG normal

## 2. La Fréquence :



# Critères d'un ECG normal



## 3. Auriculogramme (étude de l'onde P) :

L'ÉTUDE DE L'ONDE P SE FAIT SURTOUT EN D1, D2, ET V1.

- ▶ **Durée** : elle est **toujours <0.12 sec** (il faut la mesurer dans la dérivation standard où elle est la plus large, souvent D2).
- ✦ **Son amplitude** :  **$\leq 2\text{mm}$  (0.2mv)** dans la dérivation où elle est la plus ample (généralement D2, V1).
- ✦ **Sa forme** : elle peut être positive, négative ou diphasique selon les dérivations. Elle a en règle un contour arrondi et régulier qui peut être interrompu par de discrets crochetages. Elle peut être pointue dans certaines dérivations frontales surtout chez les sujets jeunes.
- ✦ **Sa direction** : l'axe de l'onde P varie entre  $-0^\circ$  à  $+80^\circ$ , donc elle est **toujours positive en D1**, (sauf situs inversus, inversion des fils ou rythme ectopique) **et en D2** (sauf si rythme rétrograde) ; et toujours négative en aVR.

# Critères d'un ECG normal

## 4. L'intervalle PR ou PQ :

- ◆ L'intervalle PR inclus le temps de conduction intra-auriculaire, auriculo-ventriculaire nodal et la conduction dans le tissu de His-Purkinje.
- ◆ Chez l'adulte et l'adolescent, le PR peut varier de **0.12 à 0.20 sec**. Ces limites ne varient ni avec le sexe ni avec l'âge. Par contre chez des sujets jeunes vagotoniques il peut aller jusqu'à 0.24sec dans les fréquences basses (<60).
- ◆ Chez l'enfant **avant 10 ans il va de 0.10 à 0.18 sec**.



# Critères d'un ECG normal



## 5. Le ventriculogramme (étude des QRS) :

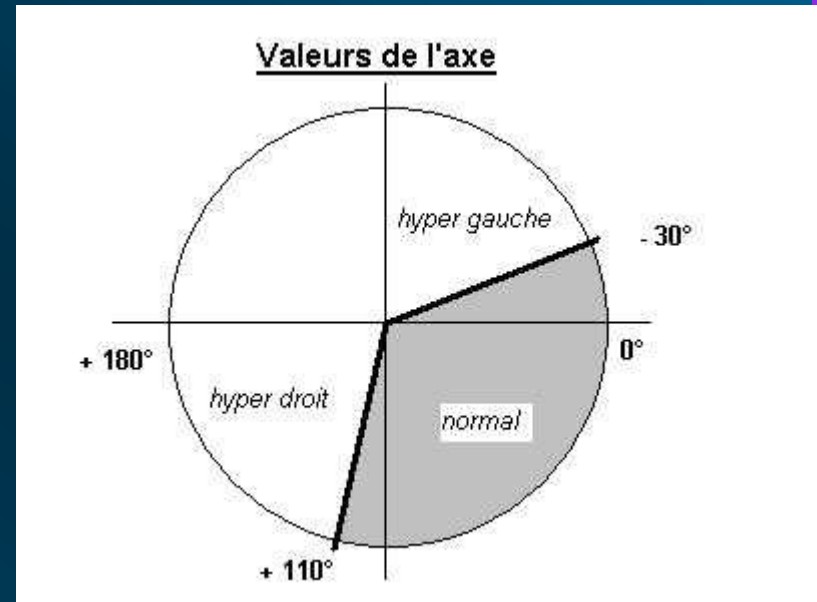
- ✦ **Durée des QRS** : elle se mesure dans la **dérivation standard** où est la plus longue, elle varie entre **0.06 et 0.10 sec.**
- ✦ **Déflexion intrinsécoïde** : Elle se mesure uniquement sur les dérivations précordiales : **V1, V2 pour le VD ( $\leq 0.04$  sec)** et **V5, V6 pour le VG ( $\leq 0.05$  sec).**
- ✦ **Axe moyen de QRS dans le plan frontal** : la direction de l'axe moyen de QRS dans le plan frontal varie de  **$-30^\circ$  à  $+110^\circ$ .**
- ✦ La direction de l'axe n'est pas influencée par le sexe, mais de façon importante par l'âge, sa valeur moyenne va de  $60^\circ$  à l'adolescence pour atteindre  $20^\circ$  vers la 7ème décennie. Indépendamment de l'âge, la direction de AQRS est influencée par la morphologie corporelle : en moyenne les sujets longilignes et maigres ont un AQRS plus à droite que les brévilignes et les obèses.

# Critères d'un ECG normal

## 5. Le ventriculogramme (étude des QRS) :

Le moyen le plus rapide pour calculer l'axe est de rechercher dans les six dérivations périphériques :

- ▶ La dérivation dans laquelle le complexe QRS a une amplitude nulle ou un aspect isodiphasique : AQRS a une direction perpendiculaire à cette dérivation.
- ▶ La dérivation dans laquelle QRS possède l'amplitude la plus grande. On trouve ainsi le sens de l'AQRS, car ce vecteur est parallèle à cette dérivation si QRS positif, en sens inverse si QRS négatif.





# Critères d'un ECG normal



## 5. Le ventriculogramme (étude des QRS) :

### ◆ Morphologie et amplitude des QRS :

#### 1/ DANS LE PLAN FRONTAL

- ◆ La positivité ou la négativité d'un ensemble QRS dans les périphériques dépend de l'orientation de l'AQRS. Chez le sujet normal, il est toujours négatif en aVR et positif en D2.
- ◆ Amplitude des R : elle est en général maximale en D2 et ne doit pas dépasser 20mm
  - L'amplitude de R en D1 <14mm
  - L'amplitude de R en aVL < 1mm
  - L'amplitude de R en aVF <20mm
- ◆ L'amplitude de l'onde Q est <2mm en D1, <3mm en D2, <5mm en D3 .
- ◆ Indice de Lewis =  $(R1+S3)-(S1+ R3)$  [vn : -14 à +17mm,s]

# Critères d'un ECG normal



## 5. Le ventriculogramme (étude des QRS) :

### ✦ Morphologie et amplitude des QRS :

#### 2/ DANS LE PLAN HORIZONTAL

- ✦ Les précordiales droites (V1, V2, V3) : L'aspect dans ces dérivations est rS avec une augmentation progressive de l'amplitude de l'onde r de V1 à V3..
- ✦ Les précordiales gauches (V5, V6, V7) : L'aspect de ces dérivations est qRs.
- ✦ L'amplitude des ondes r augmente de V1 à V5, puis diminue de V5 à V7. Inversement, l'amplitude des ondes s augmente de V1 à V2 puis diminue de V2 à V7.
- ✦ Les précordiales V3-V4 comportent un isodiphasisme où l'amplitude de l'onde R est à peu près égale à celle de l'onde S, et forment **la zone de transition.**

# Critères d'un ECG normal



## 5. Le ventriculogramme (étude des QRS) :

### ◆ Morphologie et amplitude des QRS :

#### 2/ DANS LE PLAN HORIZONTAL

### ◆ Amplitude des QRS :

◆ **Le rapport d'amplitude R/S** est en général  $<1$  en précordiales droites et  $>1$  à gauche. En précordiales gauches, le rapport R/S est presque toujours  $>1$  en V5, à 2 en V6 et à 3 en V7.

◆ On a proposé divers indices permettant de rechercher une hypertrophie ventriculaire en mesurant l'amplitude du complexe QRS dans les dérivations précordiales, le plus connu est :

◆ **Indice de SOKOLOW.LYON** :  $S V1 + R V5$  ou  $V6$  (la plus ample).  $\leq 35\text{mm}$

◆ La limite supérieure de 35 n'est valable que chez la femme à partir de 15 ans et chez l'homme après 50 ans. Elle doit être repoussée à 40 dans le sexe féminin avant 15 ans et à 45 dans le sexe masculin avant 50 ans.

# Critères d'un ECG normal

## 6. Etude de la repolarisation : segment ST et onde T

- ✦ Le niveau du segment ST est celui du point J ou en cas d'imprécision de ce point celui de la partie la plus horizontale du segment. **En principe le segment ST est isoélectrique** et pour apprécier son niveau, il faut le comparer à celui du segment T-P qui le suit et non le PR qui le précède.
- ✦ En fait, il existe fréquemment chez les sujets normaux de légers décalages soit vers le bas soit vers le haut.



# Critères d'un ECG normal

## 6. Etude de la repolarisation : segment ST et onde T

- ◆ **Morphologie de l'onde T** : c'est une déflexion lente et une onde généralement monophasique, de forme asymétrique comportant : une branche initiale à faible pente, un sommet mousse et arrondi et une branche terminale à pente plus forte. « **Aucune onde T symétrique n'est normale.** »
- ◆ **Axe moyen de T dans le plan frontal** : il varie de  $-10^\circ$  à  $+70^\circ$  (très rarement  $<0$  ou  $<60$ ) donc généralement (0 –  $+60$ ), ce qui fait que T est toujours positive en D1 et D2 et toujours négative en aVR.
- ◆ **Axe moyen de T dans le plan horizontal** : l'onde T est toujours positive en précordiales gauches (V5, V6). En revanche, elle est de sens variable en précordiales droites et moyennes.
- ◆ **Amplitude de l'onde T** : elle varie dans de larges limites. Elle est anormalement ample si  $>7\text{mm}$  et anormalement basse si  $< 0.5\text{mm}$ .

# Critères d'un ECG normal

## 7. Intervalle QT

- ✦ La durée du QT est mesurée du début du QRS à la fin de l'onde T.
- ✦ Il varie dans de larges limites chez les sujets normaux (selon le sexe et la fréquence cardiaque). C'est pourquoi plusieurs auteurs ont cherché à relier la durée du QT à celle du RR par diverses formules dont la plus simple et la plus utilisée est celle de Bazett :  $QTc = QT / \sqrt{RR}$
- ✦ La valeur du QT représente la valeur du QT à 60/min sa durée supérieure est 0.39s chez l'homme et 0.44s chez la femme. Il est habituellement mesuré en D2, V2, V3.

