



## CHAPITRE II L'ELECTROCARDIOGRAMME (ECG) Dr. A. ABBOU

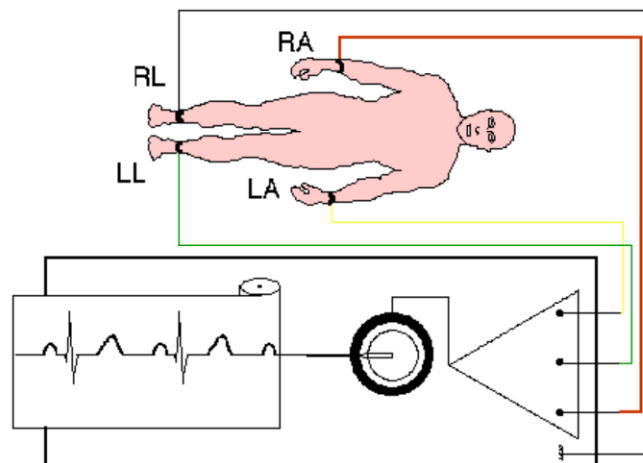
### I. Définition de l'électrocardiogramme

L'électrocardiogramme est une projection graphique de l'activité électrique du cœur : c'est une image électrique de l'activité cardiaque. L'activité électrique est captée par des électrodes placées à la surface des téguments. Chaque électrode capte les ondes d'activation selon le plan du cœur qu'elle explore. Le tracé est effectué sur un papier millimétré et quadrillé.

L'électrocardiogramme est ainsi l'enregistrement sur papier (ou support) des courants d'action cardiaque transmis à la surface du corps.

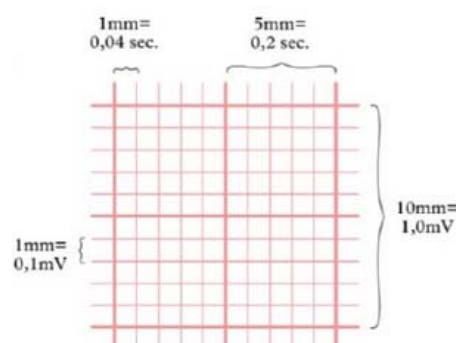
On utilise deux électrodes de contact reliées par un fil à un galvanomètre mesurant l'intensité des courants électriques pour constituer une dérivation. L'ECG standard (conventionnel) est enregistré sur 12 dérivations (6 dérivations précordiales, 6 dérivations périphériques (frontales)).

Par convention, le tracé utilise en abscisse l'échelle de temps qui correspond à la vitesse de déroulement du papier et en ordonnée le voltage.



Grâce au quadrillage, on appréciera l'amplitude des ondes enregistrées d'une part en durée, d'autre part en intensité. Ce quadrillage est par convention d'un millimètre sur un millimètre avec un trait renforcé tous les 5 mm :

- 1 mm (1 petit carreau) vertical correspond à 0.1 mV.
- 1 mm (1 petit carreau) horizontal correspond pour un déroulement de 25mm/sec du papier à 0,04 seconde (soit 0,2 seconde par trait renforcé).



## II. Les dérivations d'un électrocardiogramme

Il existe deux types de dérivations:

### Les dérivations frontales :

Ce sont "les dérivations des membres " : D1, D2, D3, aVR, aVL, et aVF

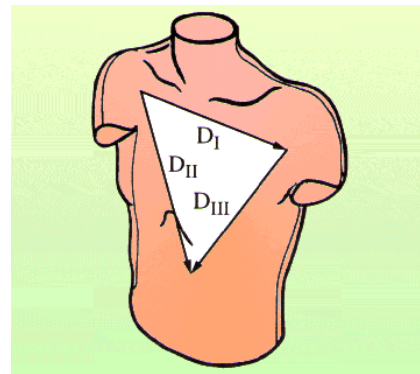
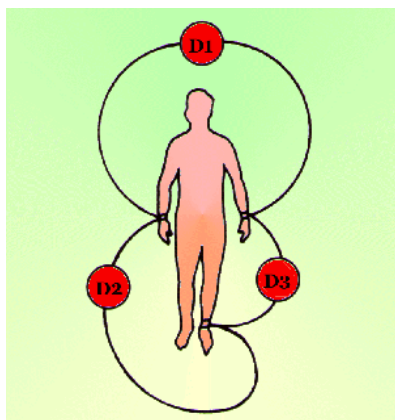
**D1, D2, D3** sont des dérivations bipolaires (Figure 1) qui traduisent la différence de potentiel entre deux membres :

**D1** : entre bras droit (pôle -) et bras gauche (pôle +).

**D2** : entre bras droit (pôle -) et jambe gauche (pôle +).

**D3** : entre bras gauche (pôle -) et jambe gauche (pôle +).

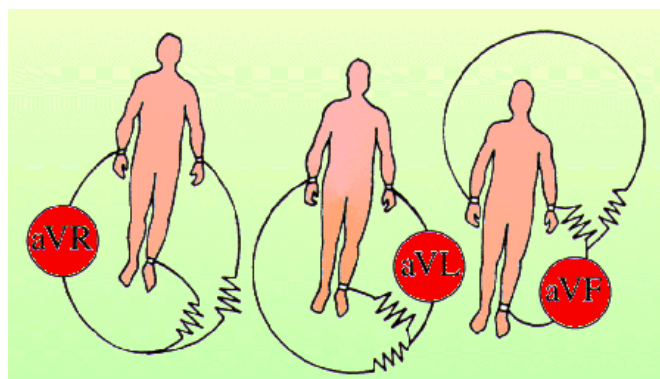
**D1, D2, et D3** décrivent le triangle d'Einthoven . (Figure 2)



**Figure 1:** Les dérivations frontales

**Figure 2:** Le triangle d'Einthoven

**aVR, aVL, et aVF** sont des dérivations unipolaires (Figure 3) et correspondent au membre avec lequel elles sont connectées soit respectivement le bras droit, le bras gauche, et la jambe gauche. C'est la théorie de Wilson et Golberger, où l'électrode exploratrice positive correspond au membre appliqué. Le voltage est alors amplifié (d'où le préfixe a) pour obtenir un tracé de même amplitude que **D1, D2, D3**.



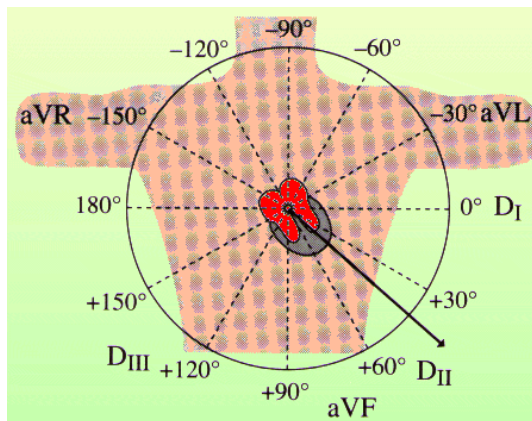
**Figure 3:** Les dérivations unipolaires

L'ensemble des dérivations uni et bipolaires projetées géométriquement représentent un double triaxe avec un centre schématique : le cœur. (Figure 4)

On peut déjà apercevoir que les régions explorées par ces dérivations périphériques seront :

**D1, aVL** : paroi latérale du ventricule gauche

**D2, D3, aVF** : paroi inférieure



**Figure 4:** Double triaxe de BAYLEY

**Les dérivations précordiales :** (Figure 5)

Ce sont des dérivations unipolaires fixées en des points définis sur la paroi thoracique désignés par Wilson.

On les nomme pour les dérivations standards : **V1 à V6** :

**V1** est placée sur le 4<sup>ème</sup> espace intercostal droit, au bord droit du sternum.

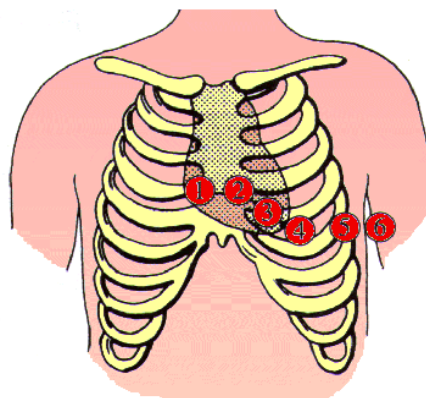
**V2** est placée sur le 4<sup>ème</sup> espace intercostal gauche, au bord gauche du sternum.

**V4** est placée sur le 5<sup>ème</sup> espace intercostal gauche, sur la ligne médioclaviculaire.

**V3** est placée entre V2 et V4.

**V5** est placée sur le 5<sup>ème</sup> espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire antérieure.

**V6** est placée sur le 5<sup>ème</sup> espace intercostal gauche, sur la ligne axillaire moyenne.



**Figure 5:** Les dérivations précordiales

Il est possible d'utiliser trois dérivations précordiales supplémentaires pour explorer la face postérieure du cœur :

**V7, V8, V9** qui sont à placer sur le 5<sup>ème</sup> espace intercostal gauche, respectivement sur la ligne axillaire postérieure, sur la ligne médioscopulaire, et sur la ligne scapulo-vertébrale.

De même que pour les dérivations frontales, il est possible d'apercevoir les régions explorées par ces dérivations:

**V1, V2, V3:** la partie antérieure du septum interventriculaire.

**V3, V4, V5:** la pointe du cœur.

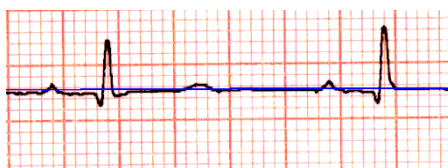
**V5 et V6 :** la paroi latérale du ventricule gauche.

### III. Terminologies et normes

Sur un tracé électrocardiographique, le premier repère est :

**La ligne isoélectrique :** est la ligne de base correspondant à l'absence de phénomène électrique. Au-dessus de celle-ci, on parle d'onde positive, en dessous, d'onde négative. Une onde peut être aussi diphasique si une partie de celle-ci se situe au-dessus et l'autre partie au-dessous de la ligne isoélectrique.

Toutes les ondes se mesurent du début de leur phase initiale, à la ligne isoélectrique.



**L'onde P :** est l'onde de dépolarisation atriale.

Elle est de forme arrondie, souvent positive, de faible amplitude ( $<2.5$  mm) et de durée moins de 0,12 seconde (analysée essentiellement en **D2**).



**Le complexe QRS :** Il correspond à l'activation et à la dépolarisation des ventricules de l'endocarde vers l'épicarde, il est constitué de trois segments :

*L'onde Q* ou *q*: déflexion négative initiale précédant la première déflexion positive (R ou r).

*L'onde R* ou *r*: première déflexion positive.

*R'* ou *r'*: deuxième déflexion positive.

*R''* ou *r''*: troisième déflexion positive.

*L'onde S* ou *s*: première déflexion négative succédant à la première déflexion positive (R ou r).

*S'* ou *s'*: deuxième déflexion négative après R ou r.

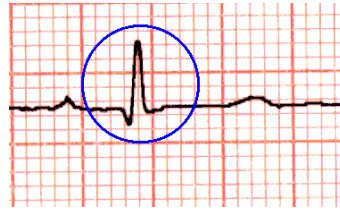
*S''* ou *s''*: troisième déflexion négative après R ou r.

*L'onde QS* ou *qs* : est une déflexion négative exclusive (sans onde positive).

La durée de l'ensemble QRS varie de 0,06 à 0,10 seconde et se mesure du début du QRS jusqu'à la fin de l'onde S ou R, selon le cas.

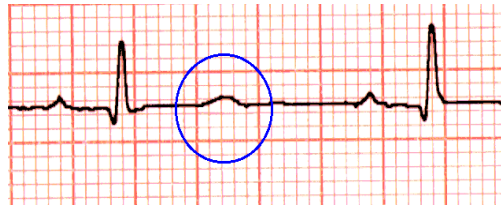
L'amplitude se mesure en mm et, par convention, une onde d'amplitude < 5 mm s'écrit en minuscules : q, r, s.

Cette convention permet de décrire différents aspects : qRS, QrS, QS, RS, rSr', rR', qrsR'...



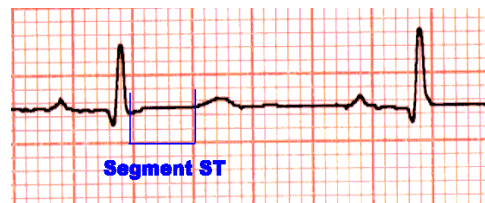
**L'onde T :** Elle est la période de repolarisation ventriculaire

Elle est **asymétrique**, d'une branche ascendante légèrement oblique et d'une branche descendante plus abrupte.

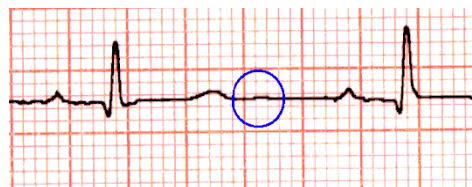


**Le segment ST :** Il correspond à la période d'excitation uniforme des ventricules jusqu'à la phase de récupération des ventricules.

On le mesure de la fin de l'onde S ou R jusqu'au début de l'onde T. Il est normalement isoélectrique. Un sus-décalage ou un sous-décalage de plus d'1 mm par rapport à la ligne isoélectrique est anormal.



**L'onde U :** C'est le témoin d'une repolarisation tardive de zones myocardiques d'amplitude inscrite entre celle de l'onde P et de celle de l'onde T. Elle est inférieure à 1/4 de l'amplitude de l'onde T.



**L'intervalle PR :** C'est le temps de conduction atrio-ventriculaire.

C'est le temps nécessaire à l'influx pour dépolariser les oreillettes puis franchir le Nœud atrio-ventriculaire et le tronc du faisceau de His.

Il se calcule à partir du début de l'onde P en allant jusqu'au début du QRS.

Il est de 0,12 à 0,20 seconde.

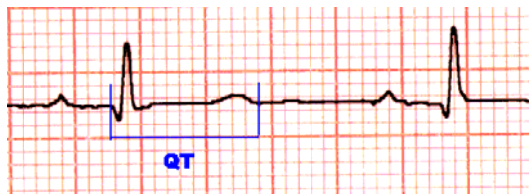


**L'intervalle QT :** C'est l'intervalle de dépolarisation (QRS), d'excitation (ST) et de repolarisation (T) des ventricules.

Il se mesure du début du QRS jusqu'à la fin de l'onde T.

Le QT est fonction de la fréquence cardiaque; c'est pourquoi il est préférable d'utiliser le **QT corrigé (QTc)** qui se calcule avec la formule de Bazett :

$QTc = QT / \sqrt{RR}$  (RR en seconde) QTc est normalement entre 0.33s et 0.41s chez l'homme et entre 0.36s et 0.44s chez la femme.



#### IV. L'axe moyen du cœur (axe de QRS) :

L'axe du champ électrique généré par les cellules cardiaques lors de l'activation biventriculaire.

Il renseigne sur la « force électrique » produite par la résultante des dépolarisations ventriculaires gauche et droite assimilé à un vecteur unique. Il est dirigé physiologiquement vers la gauche, en bas et en arrière. Le symbole utilisé pour « axe des QRS » dans la littérature médicale est  $\hat{A}QRS$ .

Dans le plan frontal, l' $\hat{A}QRS$  peut se calculer de plusieurs façons.

On mesure la valeur absolue de l'amplitude du QRS en millimètres (déflexion positive - déflexion négative) dans deux dérivations frontales; puis on projette ces valeurs sur un schéma triaxial (Double Triaxe de BAYLEY) et on obtient un vecteur résultant qui donne l'axe du cœur.

L'axe moyen du cœur dans le plan frontal est situé entre  $-30$  et  $90^\circ$ .

Axe de QRS
Normal ( $-30^\circ, +90^\circ$ )
Déviations axiales droites ( $+90^\circ, +180^\circ$ )
Déviations axiales gauches ( $-30^\circ, -90^\circ$ )
Déviations axiales très droites ( $-90^\circ, -180^\circ$ )

$$\alpha = \hat{A}QRS$$

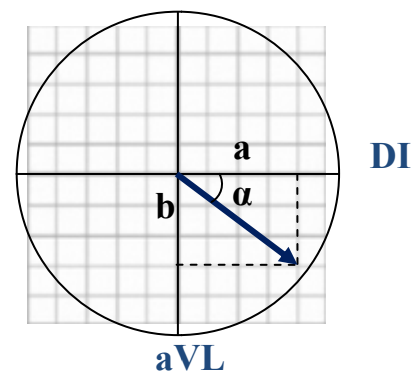
$$\text{tg}(\alpha) = b/a \quad (a = \text{déflexion positive} - \text{déflexion négative en DI})$$

$$(b = \text{déflexion positive} - \text{déflexion négative en aVF})$$

$$\text{Donc } \alpha = \text{arctg}(b/a)$$

$$\text{Donc } \hat{A}QRS = \text{arctg}(b/a).$$

On peut calculer de la même façon l'axe de l'onde P ( $\hat{A}P$ ) et l'axe de l'onde T ( $\hat{A}T$ ).



## V. La fréquence cardiaque :

est le nombre de complexes QRS par minute. Celle-ci correspond au nombre de battements cardiaques par minute et au nombre de cycles cardiaques par minute.

La fréquence cardiaque normale varie entre 60 et 100 cycles/minute. En-dessous 60 cycles/mn, on parle de bradycardie, et au-dessus de 100 battements cycles/mn, c'est une tachycardie.

Si le rythme est **régulier**, on peut calculer la Fréquence cardiaque (FC) :

- Par la formule suivante (on utilisant les gros carreaux):

$$FC = 300 / \text{nombre de gros carreaux entre 2 ondes R}$$



La fréquence estimée si  $RR = 4 \text{ GC} \Rightarrow FC = 300/4 = 75 \text{ c/mn}$

La fréquence estimée si  $RR = 5 \text{ GC} \Rightarrow FC = 300/5 = 60 \text{ c/mn}$

**Donc la fréquence cardiaque estimée dans cette situation est entre 60 et 75 (approximativement  $FC = 65 \text{ c/mn}$ )**

(GC : gros carreaux)

- Ou par l'utilisation d'une deuxième formule (en utilisant les petits carreaux = les millimètres):

$$FC = 1500 / \text{nombre de millimètres entre 2 ondes R}$$

**Fréquence estimée dans l'exemple précédent =  $1500 / 23 = 65 \text{ c/mn}$ .**