

BASES ELECTROPHYSIOLOGIQUES DE L'ECG

Ce cours est assez complexe et les explications du Professeur Mercadier étaient totalement incompréhensibles. Nous reverrons l'ECG en Ed mais pour plus de compréhension j'ai inséré dans le cours des passages d'un livre (L'ECG facile), cela m'a semblé indispensable vu le discours assez flou du prof. Ce qui est en italique dans le cours a été rajouté par le ronéolecteur et moi-même. Ça n'a pas été dit en cours mais on a trouvé que ça expliquait mieux les choses. J'espère que je serai assez clair et bon courage surtout !

Introduction

Pour mesurer l'activité électrique du cœur, il est nécessaire d'utiliser un principe indirect, en l'occurrence l'ECG. L'ECG est possible car :

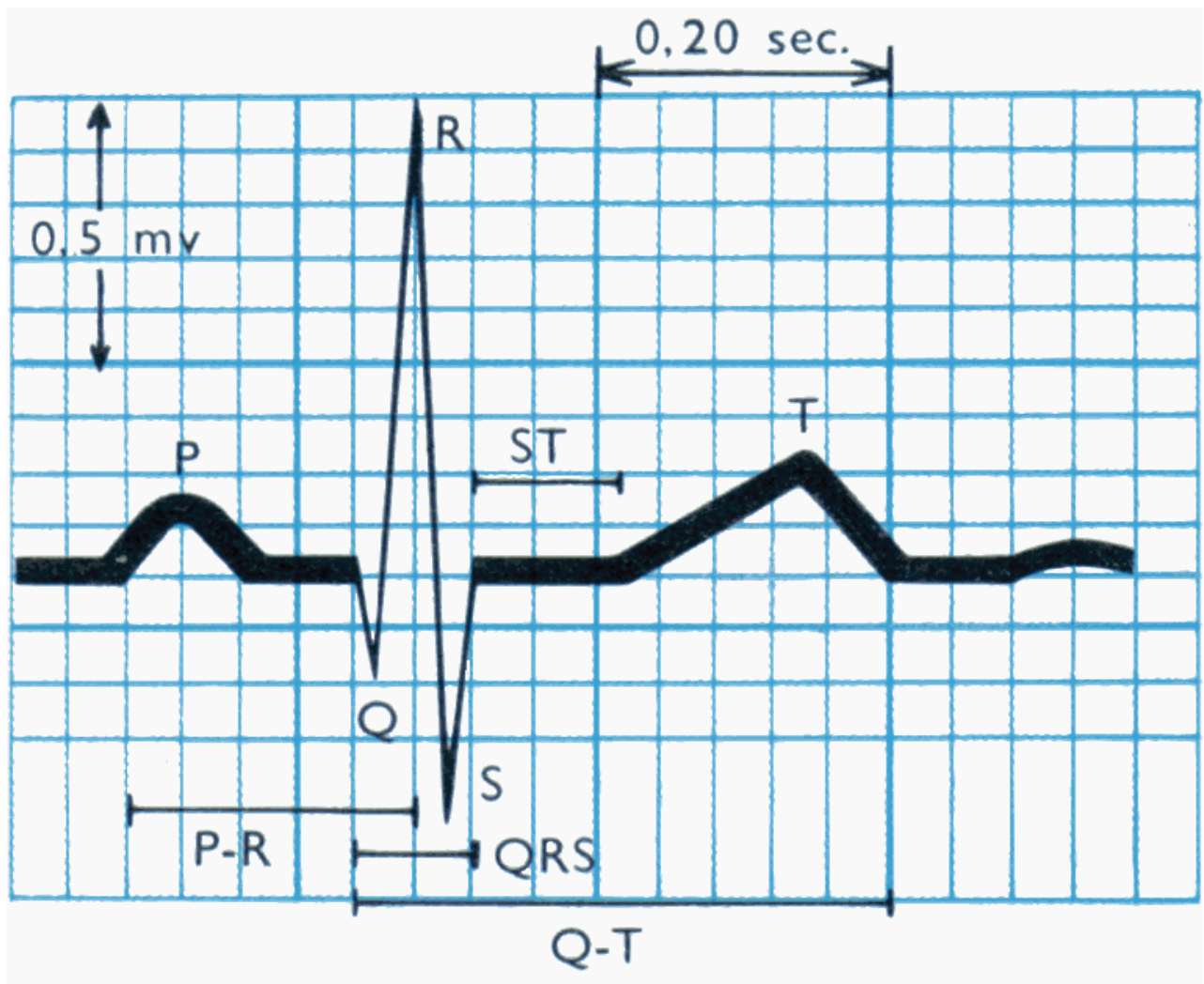
- tous les **potentiels d'action (PA)** s'ajoutent les uns aux autres et cela est source d'une importante énergie mesurable à la surface du corps.
- la **conduction électrique** du nœud sinusal au ventricule prend un certain temps. Les vecteurs ne sont pas simultanés et ne s'accumulent pas, rendant l'ECG possible.

Dans le **plan frontal** on trouve les **dérivations D1, D2, D3, Vr, VI et Vf**, dérivations « standard ».

Dans le **plan horizontal** on trouve les **dérivations V1 à V6**, dérivations précordiales.

I- Conventions de l'ECG

Tracé normal d'un ECG :



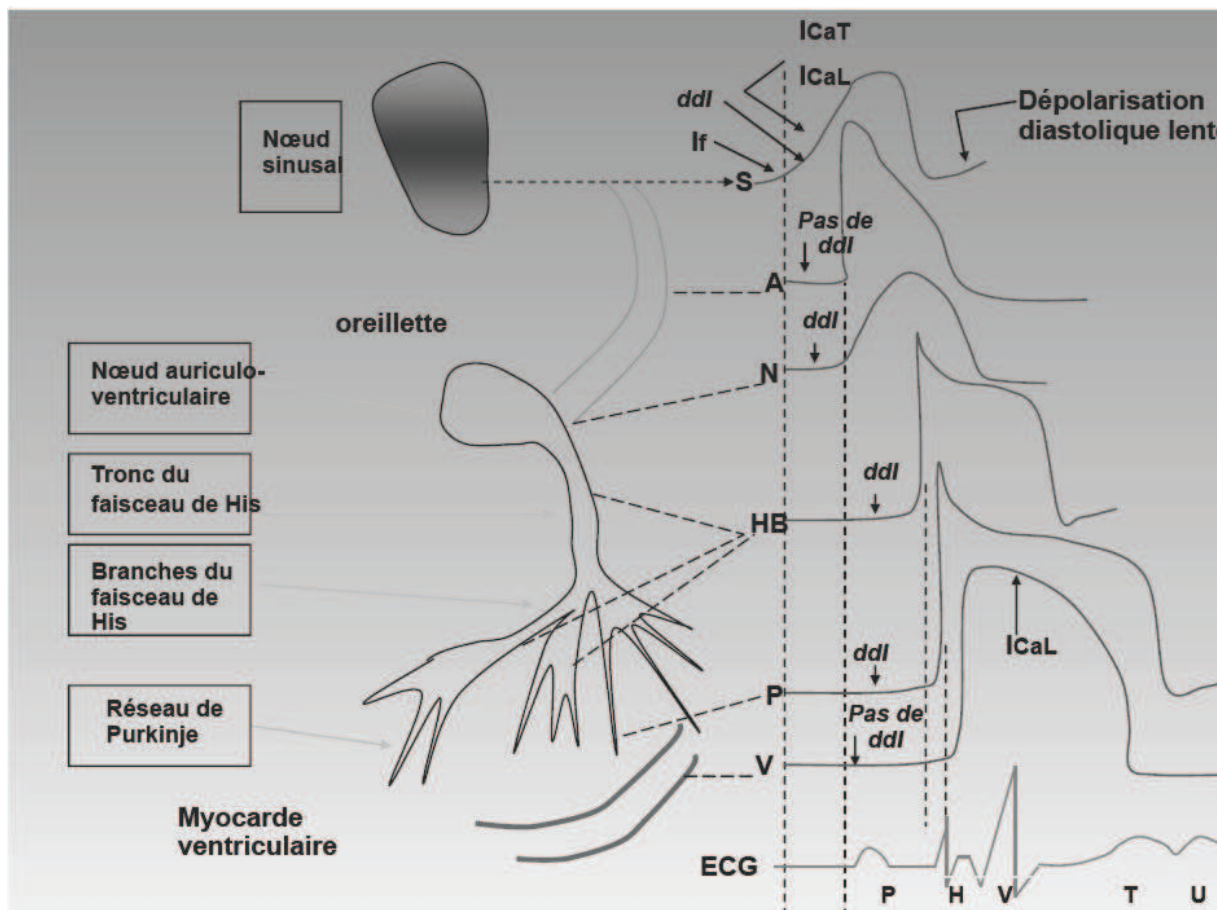
- L'onde P correspond à la **contraction et à la relaxation des oreillettes**.

- L'**intervalle PQ** correspond au temps de **conduction électrique de l'oreillette au ventricule**.
- Le **début de l'onde Q** correspond au **début du PA du ventricule**.
- La durée du **complexe QRS** indique le temps mis par l'influx nerveux pour diffuser dans les ventricules. Le complexe QRS témoigne de la **dépolarisation**.
- La **fin de l'onde T** correspond à la **fin de la repolarisation** du dernier myocyte ventriculaire.
- Si on met une sonde au niveau du septum interventriculaire droit on peut enregistrer le **potentiel du faisceau de His, appelé onde H**. On ne la voit pas sur un ECG car le voltage est trop faible pour être mesurée en surface.

Typographie :

- si la taille de l'onde est inférieure à 5mm, soit un grand carreau sur une feuille d'ECG, le nom de l'onde est en minuscule.
- si la taille de l'onde est supérieure à 5mm, le nom de l'onde est en majuscule.

Toute déflexion positive, même de faible amplitude est une onde R et toute déflexion négative, même de faible amplitude, qui fait suite à une onde R est appelée onde S.



II- L'activation cardiaque

A- La dépolarisation

Au repos, le myocyte est positif à l'extérieur et négatif à l'intérieur.

Après stimulation du nœud sinusal, le myocyte se dépolarise de proche en proche (via les connexons). Les charges positives vont vers les cellules au repos : il y a un front de charges positives qui progresse vers l'avant. La progression se fait de gauche à droite.

Quand la dépolarisation est complète, on atteint le segment isoélectrique.

B- Repolarisation

Pendant la repolarisation, les K⁺ sortent, il y a un front de charges négatives et cela permet aux myocytes de redevenir positifs à l'intérieur et négatifs à l'extérieur.

La dépolarisation se fait de l'endocarde vers l'épicarde (de gauche à droite) mais à cause des pressions du ventricule gauche la repolarisation se fait de l'épicarde vers l'endocarde (de droite à gauche).

III- Les Dérivations

Les myocytes se dépolarisent des oreillettes vers les ventricules. Ca commence au niveau du VD, puis vers la pointe du VG, l'intérieur du VG et vers la base du VG.

C'est un vecteur assez compliqué qui se déplace au cours du temps.

Il va en avant et à droite, puis tourne vers la pointe et la gauche puis va vers l'arrière.

Dans toute la partie inférieure de l'axe des dérivations, les angles sont mesurés suivant le sens des aiguilles d'une montre.

Dans toute la partie supérieure, les angles sont mesurés suivant le sens inverse des aiguilles d'une montre.

A- Dérivations bipolaires des membres

La **dérivation DI** correspond à l'axe main gauche-main droite. C'est un **angle nul**.

La **dérivation DII** correspond à l'axe main droite-jambe gauche. **Angle de +60°**.

La **dérivation DIII** correspond à l'axe main gauche-jambe gauche. **Angle de +120°**.

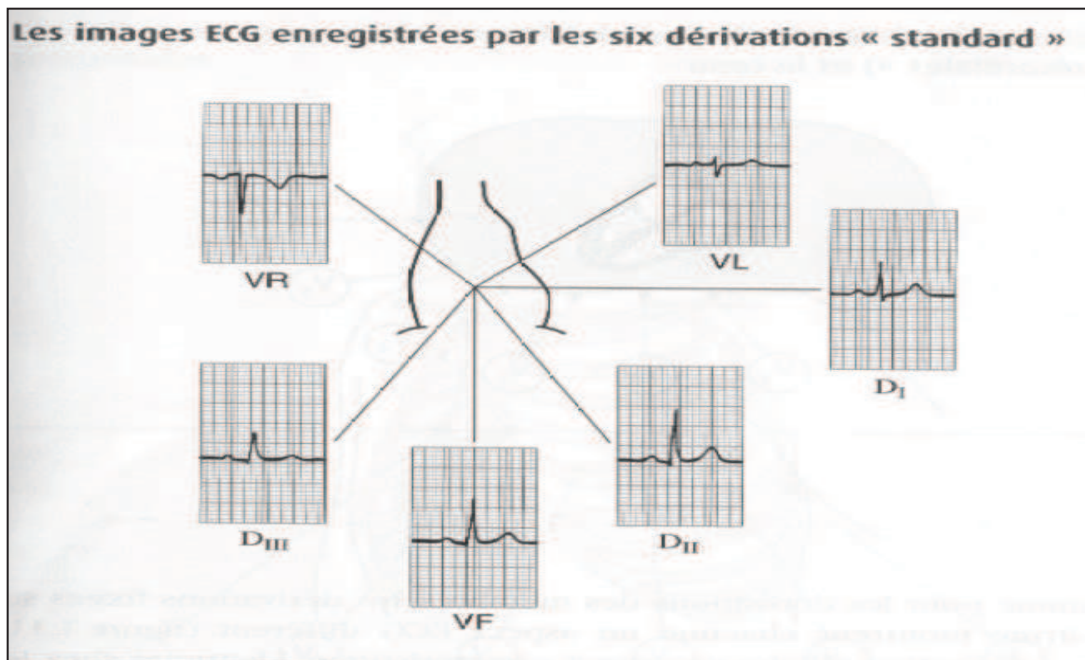
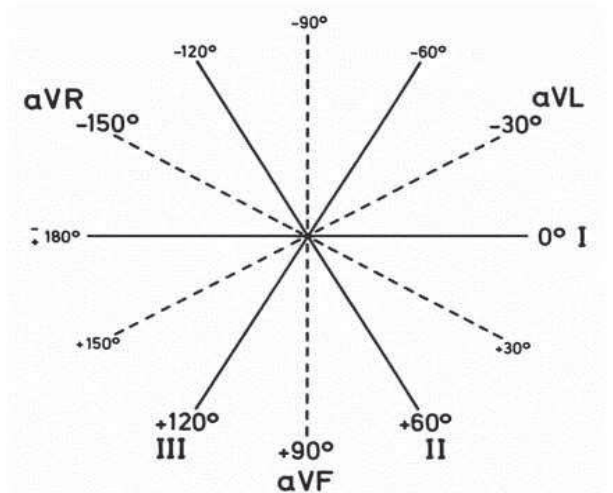
B- Dérivations unipolaires des membres

La **dérivation VL** regarde la face latérale gauche du cœur. Correspond à la main gauche (L pour left). **Angle de -30°** .

La **dérivation VF** regarde la face inférieure, au niveau des pieds (F pour foot). **Angle de $+90^\circ$** .

La **dérivation VR** regarde l'oreillette droite. Correspond à la main droite (R pour right). **Angle de -150°** .

Ces 6 dérivations (DI, DII, DIII, VF, VR et VL) donnent le double triaxe de Bailey. →



C- Dérivations unipolaires des dérivations précordiales V1 à V6

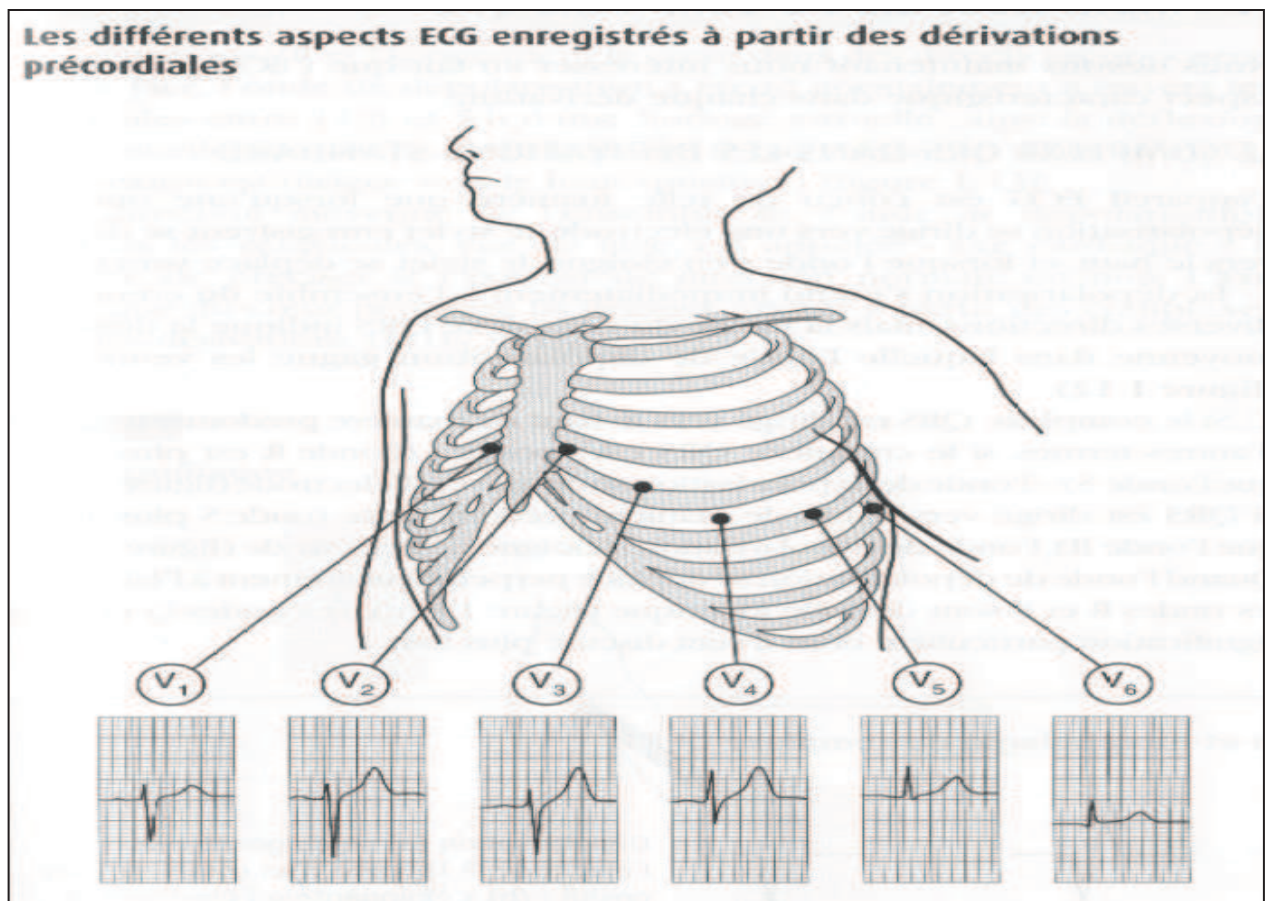
Ce sont des projections de vecteurs électriques myocardiques dans un plan horizontal.

On place :

- V1 : 4^e espace intercostal droit (EID)
- V2 : 4^e EIG
- V4 : 5^e EIG
- V3 : entre V2 et V4
- V5 : 6^e EIG
- V6 : ligne axillaire moyenne

Les dérivations V1 et V2 regardent le ventricule droit. Les dérivations V3 et V4 regardent le septum et les dérivations V5 et V6 regardent le ventricule gauche.

Il existe aussi les dérivations V7 à V9 (dérivations précordiales postérieures), très utiles pour trouver des infarctus de la région basale du cœur.



IV- Dépolarisation ventriculaire

L'onde de dépolarisation naît au niveau du **nœud sino-auriculaire** (nœud SA, situé à la partie supérieure de l'oreille droite)¹, puis elle atteint le **nœud auriculo-ventriculaire** (nœud AV, à la jonction oreillette droite et ventricule droit). Elle parcourt ensuite le **faisceau de His** (branche droite et gauche) avant de se propager le long du **réseau (ou fibres) de Purkinje** (branche droite et gauche).

La **dépolarisation ventriculaire** peut se représenter par une série de vecteurs successifs.

L'activation initiale qui débute au niveau de la face gauche du septum interventriculaire produit un **vecteur septal I** dirigé en avant, à droite et vers le bas.

Ensuite l'activation des régions paraseptales et apicales produit un **vecteur II** dirigé en bas, en avant et légèrement vers la gauche.

L'activation de la paroi libre du ventricule gauche dominant la dépolarisation déjà terminée de la paroi ventriculaire droite plus mince donne un **vecteur III** de grande amplitude dirigé en arrière, à gauche et vers le bas.

La connaissance de l'orientation spatiale de ces 3 vecteurs successifs permet de comprendre la morphologie du complexe QRS tant dans le plan frontal (dérivations standards), que dans le plan horizontal (dérivations précordiales).

Le vecteur II est maximum car tous les PA du ventricule gauche se somment en bas à gauche.

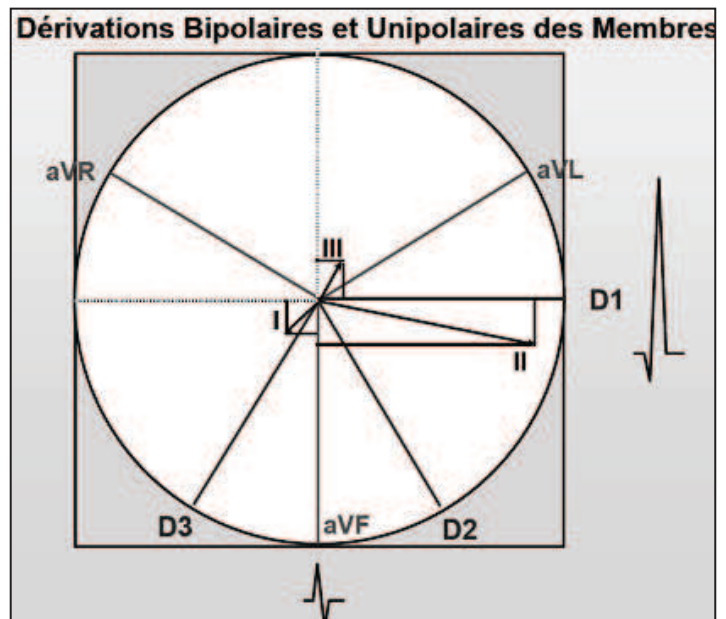
A- Plan frontal

En DI :

- l'onde Q correspond à la dépolarisation du septum, cela correspond donc au vecteur I. Le vecteur I est vu en négativité (par rapport à l'origine de l'axe, le vecteur I va vers les abscisses négatives) donc **l'onde Q est négative**.
- l'onde R correspond au vecteur II et elle est en positivité (car du côté des abscisses positives) donc **l'onde R est positive**.
- **l'onde S est absente** car la somme des vecteurs II et III est positive.

En VF :

- **l'onde Q est absente** car le vecteur I est presque perpendiculaire à VF.
- l'onde R correspond au vecteur II qui est vu en positivité. **L'onde R est donc positive**.
- l'onde S correspond au vecteur III qui est en vu négativité donc **l'onde S est négative**



¹ Cette dépolarisation survient environ 60 à 100 fois par minute

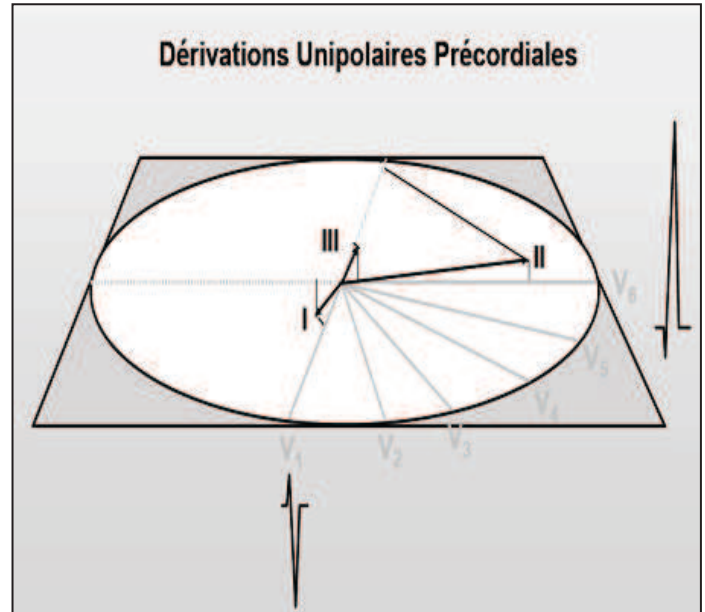
B- Plan horizontal

En V1 :

- le vecteur I (vecteur septal) vient vers nous, il est vu en positivité donc **l'onde Q est positive**.
- les vecteurs II et III sont vu en négativité du à la rotation donc **les ondes R et S sont négatives**.

En V6 :

- le vecteur I est vu en négativité, donc **l'onde Q est négative**.
- les vecteurs II et III sont vu en positivité donc **les ondes R et S sont positives**. Ca correspond à la dépolarisation du ventricule gauche.



V- Axe de QRS

L'axe cardiaque est la direction moyenne de l'ensemble de l'onde de dépolarisation à travers les ventricules, vue de face. Elle est représentée par le vecteur moyen de QRS.

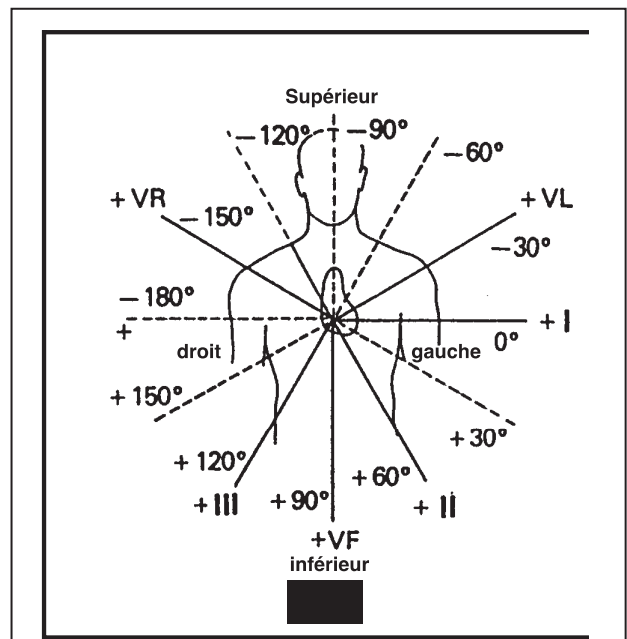
La position électrique est une projection sur le plan frontal. Ladite projection forme un angle avec l'horizontale et cet angle peut être déduit à partir des dérivations des membres (donc à partir des dérivations DI, DII et DIII associées aux dérivations unipolaires des membres VR, VL et VF). Il existe deux procédés de détermination : la règle du triangle d'Einthoven, et celle du triaxe de Bayley.

Le double triaxe de Bayley ou système hexaxial de Bayley

Ce double triaxe donne des dérivations graduées de 30° en 30° dans le sens des aiguilles d'une montre en partant de DI figurée à l'horizontale (0°). VF est à 90°, DII à 60°, DIII à 120°, VL à -30° et VR à -120°.

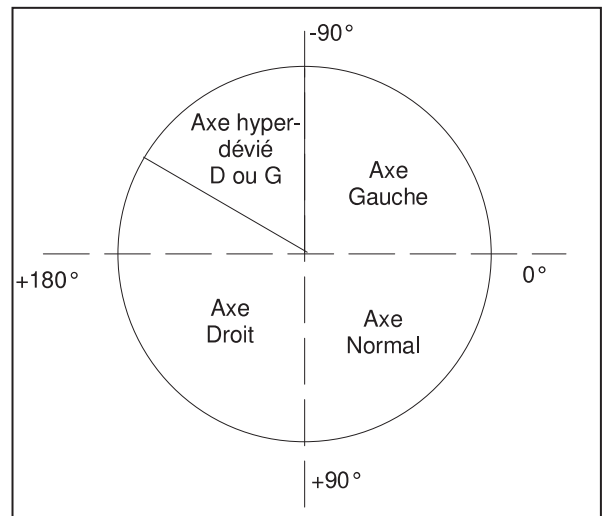
La détermination de la position électrique du cœur résulte de l'aspect des complexes QRS dans les dérivations des membres.

L'interprétation et la détermination de l'axe électrique du cœur repose par ailleurs sur une distinction entre les axes hypergauche, gauche, indifférent, vertical, droit et hyperdroit.

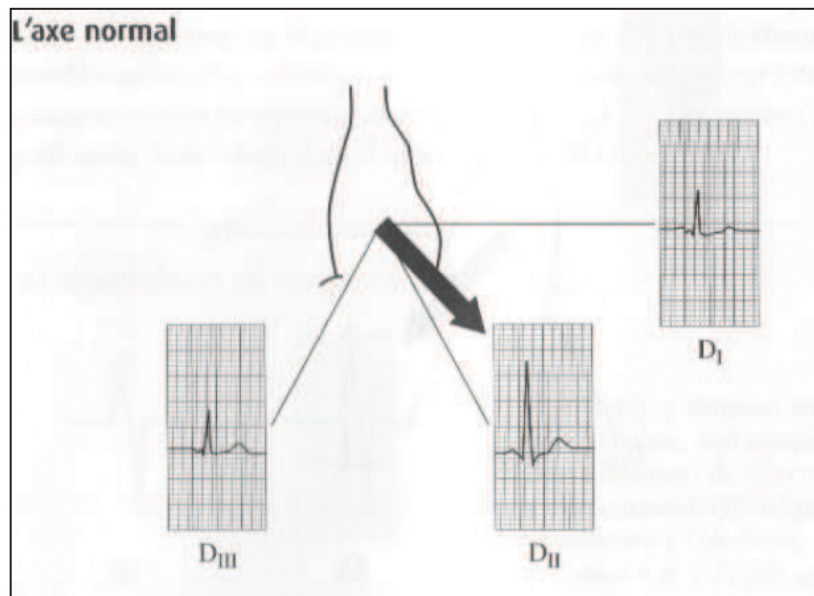


Pour calculer l'axe, il faut mesurer l'amplitude du complexe QRS dans deux dérivations et reporter ces valeurs sur les axes correspondants du tri-axe afin d'obtenir la résultante vectorielle.

Pour l'amplitude du complexe QRS, il faut additionner la valeur positive de R aux valeurs négatives de Q et S. L'axe moyen du complexe QRS normal est compris entre 0 et +90°. L'axe est dit gauche quand l'angle est compris entre 0 et -90°. L'axe est dit droit quand l'angle est compris entre +90 et -90°

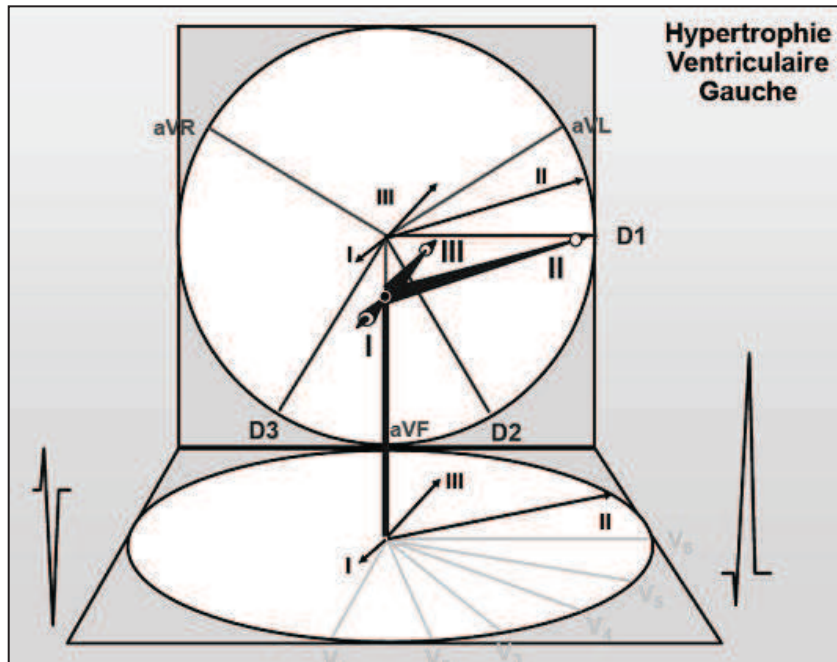


Un axe normal signifie que l'onde de dépolarisation se dirige vers les dérivation DI, DII et DIII, et qu'elles par conséquent associée à une déflexion positive dans ces trois dérivation.



VI- Pathologies

A- Hypertrophie ventriculaire gauche



En cas d'**hypertrophie ventriculaire gauche**, le ventricule gauche exerce une influence supérieure à celle du ventricule droit sur le complexe QRS.

Il y a donc un **très grand vecteur II** qui a même tendance à être dévié vers la gauche. Mais les vecteurs I septal et III sont normaux.

Le voltage change : l'onde R est très grande en V4, V5 ou V6 et l'onde S est très grande en V1 ou V2.

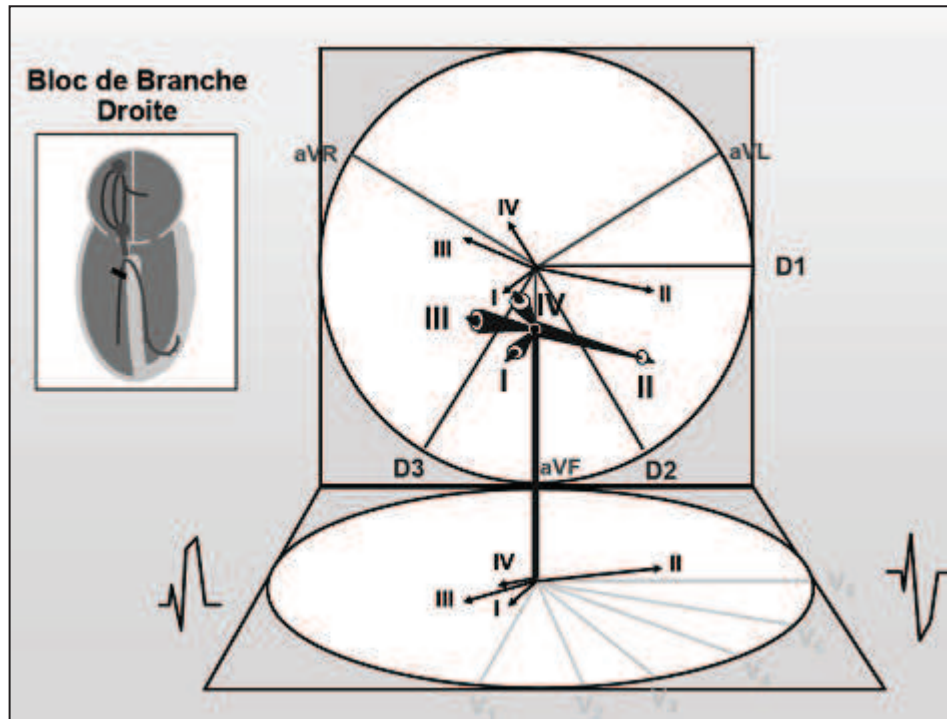
L'indice de Sokolow : amplitude de l'onde S en V1 + amplitude de l'onde R en V5 ou V6.

L'indice normal maximum est de 35. L'indice de Sokolow n'est pas un très bon index d'HTG car le voltage sur les dérivation précordiales dépendent beaucoup de la masse du sujet : si on a un sujet maigre, les voltages seront plus marqués qu'avec un sujet gros.

Il y a aussi en DI une grande positivité et en DIII en grande négativité. Le voltage en DI ressemble beaucoup au voltage en V6 et le voltage en DIII ressemble beaucoup à celui en V1 mais on utilise un autre index plus fiable qui ne dépend pas de la corpulence du sujet : c'est **l'index de Lewis**. Il faut donc préférer les index basés sur les dérivation DI et DIII.

Aussi, en cas d'hypertrophie ventriculaire l'onde P s'inverse et devient négative.

B- Bloc de branche droite (BBD)



En cas de BBD, **aucune conduction ne descend le long de la branche droite du faisceau de His**, la conduction se fait préférentiellement du coté de la branche gauche de faisceau de His. Le VD va être dépolarisé par la pointe du cœur. Il y a un **retard de dépolarisation du VD**.

Le vecteur I septal est normal. Le vecteur II qui correspond au VG est normal. En revanche le vecteur III arrive de gauche à droite en retard, donc il va être vu comme une positivité en V1.

On a donc l'aspect « **RSR'** » du au fait que le vecteur III arrive en retard.

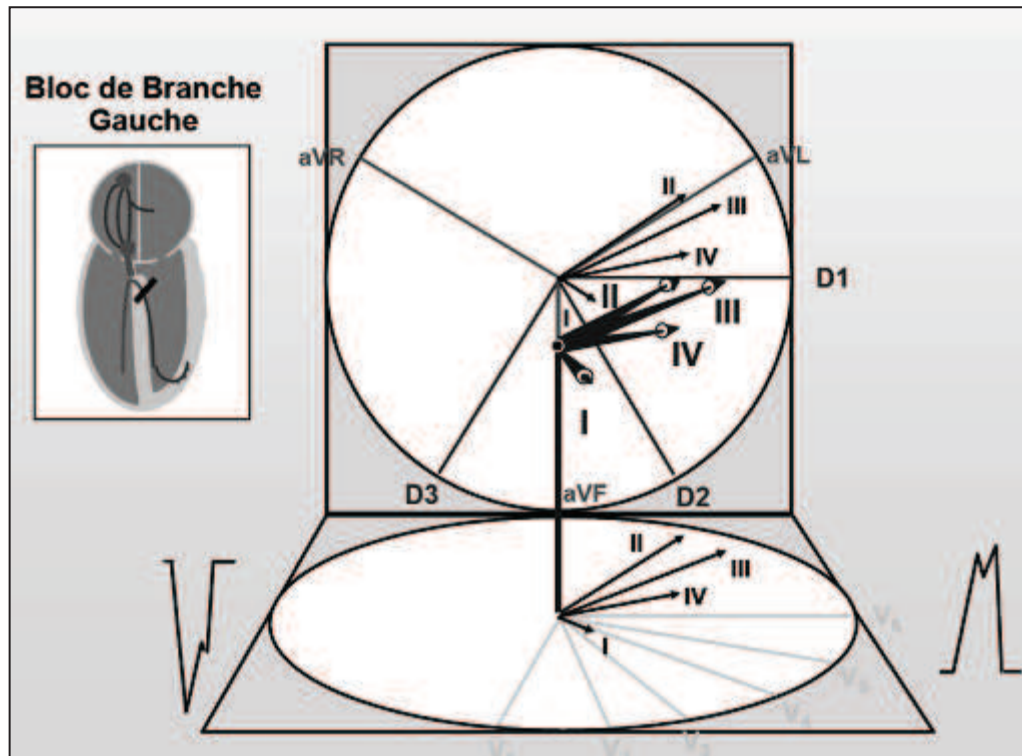
Il y a un **élargissement du complexe QRS** qui durera 100 voire 120 msecondes 80.

Quand l'onde R' fait moins de 5mm c'est un bloc incomplet de branche droite et l'onde sera noté r' (complexe Rsr'). Si l'onde R' fait plus de 5mm c'est un bloc complet de branche droite, elle sera notée R' et la durée du complexe QRS sera supérieure à 120 msecondes.

Normalement toute la dépolarisation du ventricule doit tenir dans 80 msecondes mais comme il y a un retard au niveau de la branche droite, la dépolarisation arrive tardivement au niveau de l'électrode V1 et donc le complexe QRS est élargi.

Au niveau de l'électrode V6, il y a la même situation qu'en V1 mais en miroir, en effet, on est presque à l'opposé de V1.

C- Bloc de branche gauche (BBG)



En cas de BBG il y a un **défaut de conduction au niveau de la branche gauche du faisceau de His**. La dépolarisation de fait de droite à gauche en passant par la pointe et le VD est dépolarisée avant le VG. Le **complexe QRS est donc élargi** du au retard de dépolarisation.

En V1, le vecteur I septal (qui va de gauche à droite) est bloqué, il n'y a plus de positivité initiale. Le complexe a un **aspect « QS »**.

En V6, il n'y a pas d'onde Q car il n'y a plus le vecteur I. Le complexe a un **aspect « RR' »**.

DEDICACES

A **Philippe D.** parce que maintenant grâce à toi je sais que j'ai des yeux à faire fondre un radiateur ☺. Souris à la vie mon Philou, la vie te sourira !

A **Thomas B.** et à sa trop belle moto qui a passé plus de temps en réparation que sur les routes

A **Léopold J.** et à sa trop belle moto aussi

A **Océane G., dame Gaigeot**, sa chevelure romanesque et son franc-parler

A **Grégoire P. de R.**, son super week-end au milieu des champs et son accueil festif presque tous les week-ends

A **Alexandre L.**, c'est bon, garde ton morceau de fromage, sans rancune ☺

A **Matthieu B.** et notre futur diner presque parfait

A **Jean-Baptiste K.** mon pote gay absolument pas gay

A **Hélène R.**, mon hélénou, 1m50 de gentillesse et un super médecin

A **Hortense P.**, qui m'accompagnera toute la vie

A **Astrid de la C.**, ma stridou partie en Afrique s'occuper de petits enfants

A **Vadim L.**, le bébé rockeur footeux

A **Mishel D.** et sa folie

A **Paul H.**

A **Mahmoud je-ne-s'aurai-jamais-comment**

A **Clément R.** et son humour à toute épreuve. J'ai froid Clément, richaufmoi !

A **Marine L., Alexia L., Maxime L., Eve G., Pauline C.**, je suis ravie de vous avoir rencontrés ☺

A mes compères de stage : **Marine C, Elisa DCO et Nicolas D.** Et parce que maintenant on veut tous être neurochir

A mon ronéolecteur **Mathieu B.** qui m'a bien aidée

Et à mon Amour, **Romain B.** Parce que la deuxième P1 a été une année magique à tes cotés malgré l'environnement hostile, parce qu'on s'est fait du mal, qu'on s'est retrouvé et qu'on ne va plus jamais se quitter, parce que j'adore quand tu fais ton caliméro, parce que tu remontes les files en scoot alors que tu sais que je suis morte de peur mais que tu veux absolument gagner 10 minutes, parce que tu me fais mourir de rire, parce que je te fais rire aussi, parce que je suis une sacrée boudeuse et que tu me supportes encore, parce que tu racontes bien les histoires et que tu en inventes sur commande, parce qu'on se hurle dessus avant d'avoir un fou rire, parce que tu adores mon fondant au chocolat, parce que tu pourrais te nourrir de pâtes, de pizzas et de coca light sans jamais te lasser, parce que tu es brillant, parce que tu es complètement fou, parce que le seul moment où je peux te battre c'est quand on joue au ping-pong, le sport le plus nul du monde mais je suis contente quand même, parce qu'on se dit qu'on reprend tous les deux le sport sans jamais tenir parole, parce que je suis une grosse curieuse et que tu me laisses assouvir mes pulsions, parce qu'on se comprend en se regardant une fraction de seconde, parce qu'on ne s'arrête jamais de parler, parce qu'on n'arrive pas à se décoller, parce que tu es toujours là pour moi, parce que tu me grondes quand je ne me soigne pas, parce que tu me parles comme si j'étais une débile quand tu m'expliques un truc, parce que tu me fais plein de surprises, parce que tu vas mourir à 124 ans, parce que tu crois aux esprits, parce que tu me rassures quand je suis inquiète, parce que je ne peux pas vivre sans toi... je pourrais écrire des pages et des pages mais il faut bien s'arrêter... Je t'aime.