

Cours 8 : Bases Électrophysiologiques de l'ECG

Le professeur n'est pas le même que celui de l'an dernier mais il a gardé une grande partie des diapos de son collègue.

Le but du cours est de bien comprendre le principe de l'ECG.

Le professeur a accepté de relire la ronéo, la version relue sera mise sur le weebly.

Liste des abréviations :

VD : ventricule droit

VG : ventricule gauche

VCS : veine cave supérieure

ECG : électrocardiogramme

PA : potentiel d'action

HVG : hypertrophie ventriculaire gauche

Sommaire

I. Introduction

1. Histoire de l'ECG
2. Physiologie : préalables à l'ECG
 - a) Le potentiel d'action
 - b) Les voies de conductions intracardiaques
 - c) Dépolarisation myocardique
 - d) Activation cardiaque

II. ECG : techniques d'enregistrement

1. Principes de la dépolarisation et de la repolarisation
 - a) Front de dépolarisation et électrodes
 - b) Repolarisation
 - c) Au niveau du cœur
2. Techniques d'enregistrement : comprendre les dérivations +++
 - a) Les dérivations frontales
 - b) Les dérivations précordiales
3. Interprétation topographique
4. Les dérivations annexes
 - a) Les autres dérivations précordiales
 - b) Deux autres types de dérivations annexes

III. Technique d'Interprétation de l'ECG

1. Nommer les ondes
2. Plan d'interprétation
 - a) La fréquence et le rythme
 - b) La dépolarisation auriculaire : Onde P (Rappel)
 - c) La conduction auriculo-ventriculaire : espace PR ou PQ (Rappel)
 - d) La dépolarisation ventriculaire : Complexe QRS
 - e) La repolarisation

IV. Conclusion

I. Introduction

1. Histoire de l'ECG : Willem Einthoven (1860-1927)

Willem Einthoven perfectionne le galvanomètre capillaire (= enregistrement de variations de niveau de Mercure) puis invente le 1^{er} ECG. Il nomme les ondes A, B, C et D, ondes qui seront renommées P, Q, R et S par la suite. Il invente également le galvanomètre à cordes, décrit les dérivations des membres (*vu plus tard dans le cours*) ainsi que les pathologies visibles sur l'ECG (hypertrophies ventriculaires gauche et droite, hypertrophies atriales, troubles du rythme tels que le bigéminisme ou le bloc auriculo-ventriculaire complet).

Il obtient le **prix Nobel de Physiologie/Médecine en 1924**.

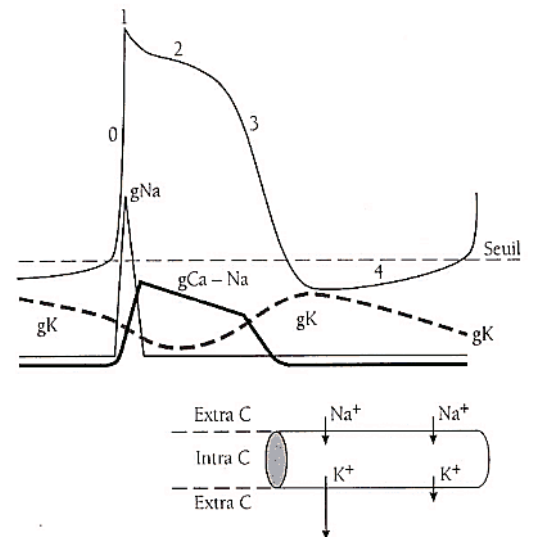
2. Physiologie : préalables à l'ECG

a) Le potentiel d'action

Suite aux mouvements ioniques entre les espaces intra- et extra-cellulaires, des différences de potentiel membranaire apparaissent et créent des courants qui sont enregistrables au niveau de la peau.

Le PA d'une cellule comporte plusieurs phases :

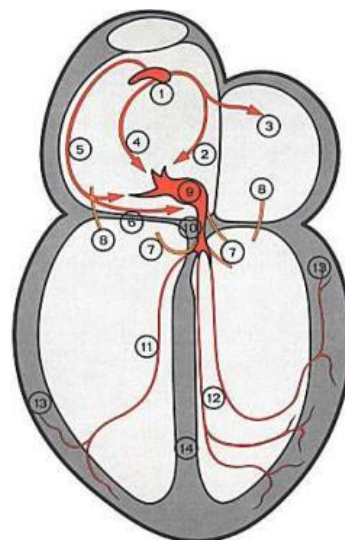
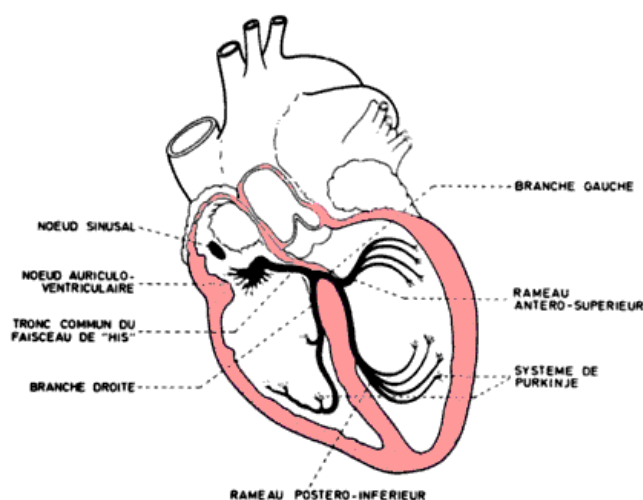
- Phase 0 : entrée rapide de Na^+ (dépolérisation)
- Phases 1 et 2 : entrée de Na^+ et de Ca^{2+} (période réfractaire)
- Phase 3 : sortie de K^+ (repolarisation)
- Phase 4 : échanges de Na^+ - K^+ (augmentation progressive du potentiel membranaire)



b) Les voies de conceptions intracardiaques

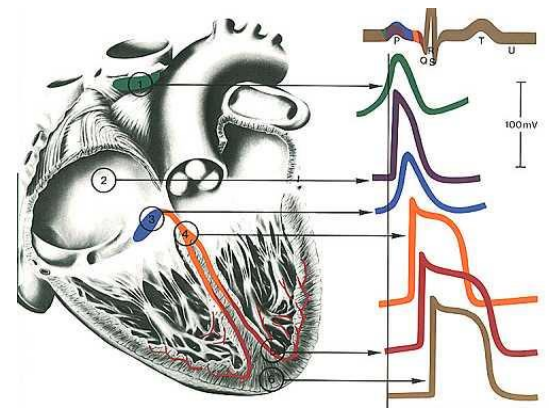
Le cœur fabrique son électricité lui-même, électricité qui va servir à la contraction des atriums et des ventricules. Le PA se propage de cellule en cellule selon le trajet suivant :

- **nœud sinusal** (=sino-atrial) : près de l'abouchement de la VCS, lieu de naissance de l'impulsion (lieu de régulation de cette impulsivité)
- **dépolérisation** des atriums (du haut vers le bas et de la droite vers la gauche)
- **nœud auriculo-ventriculaire** (=atrio-ventriculaire) : permet la transmission de l'influx aux ventricules, joue le rôle de filtre car il ne transmet qu'une partie des battements de l'oreillette afin de maintenir un rythme cardiaque normal (évite au cœur de s'emballer si l'oreillette bat trop vite).
- **faisceau de His** (prolonge le nœud atrio-ventriculaire) : se divise en une branche droite et une branche gauche qui se ramifie sur la partie haute du septum inter-ventriculaire en deux héli-branches (une postérieure et une antérieure)
- **réseau de Purkinje**



c) Dépolarisation myocardique

Les PA au niveau des nœuds sino-atrial et auriculo-ventriculaire sont beaucoup moins rapides que le reste des PA. Cela s'explique par le fait que les premiers fonctionnent avec du calcium tandis que les seconds utilisent le sodium. Cette lenteur de dépolarisation leur permet de jouer le rôle de filtre.



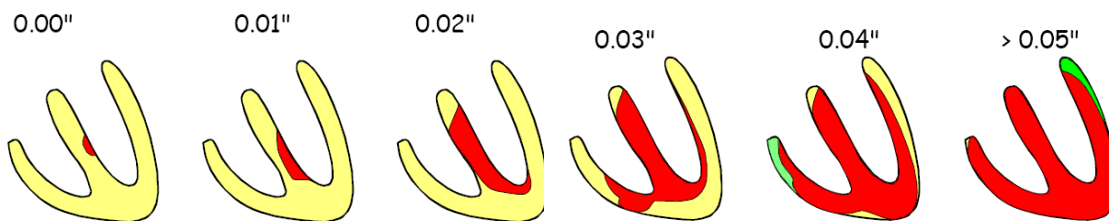
d) Activation cardiaque

Elle correspond à l'activité électrique du cœur et suit les voies de conduction intracardiaques (cf ci-dessus).

Ainsi, la dépolarisation des oreillettes se fait de la droite vers la gauche et du haut vers le bas.

Celle des ventricules se transmet :

- par les surfaces endocardiques septales gauches d'abord (car le VG est plus épais que le VD → nécessite plus de temps pour que le signal soit transmis)
- au ventricule droit, à partir de l'extrémité du septum
- au réseau de Purkinje de chaque ventricule, **de l'endocarde vers l'épicarde, de l'apex vers les bases.**



Temps successifs de l'envahissement de la masse myocardique ventriculaire par l'onde d'activation, selon Sodi-Pallares et Cabrera.

II. ECG : techniques d'enregistrement

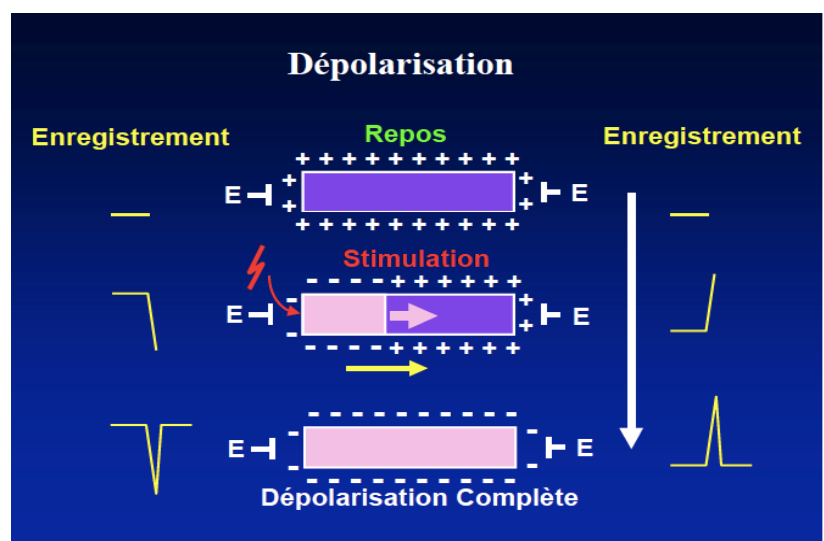
1. Principes de la dépolarisation et de la repolarisation

a) Front de dépolarisation et électrodes

Cellule myocardique au repos : charges + toutes à l'extérieur et charges - toutes à l'intérieur.

On positionne deux électrodes à l'extérieur de la cellule, une de chaque côté, afin d'obtenir les vecteurs électriques du cœur. Ces derniers sont représentatifs de la façon dont les électrodes (toujours à l'extérieur du cœur) voient la propagation de l'électricité dans le cœur : la représentation qui va en résulter dépend donc de la position des électrodes par rapport à la cellule.

Attention : les électrodes perçoivent les charges qui sont à l'extérieur de la cellule.



Explication du schéma ci-dessus :

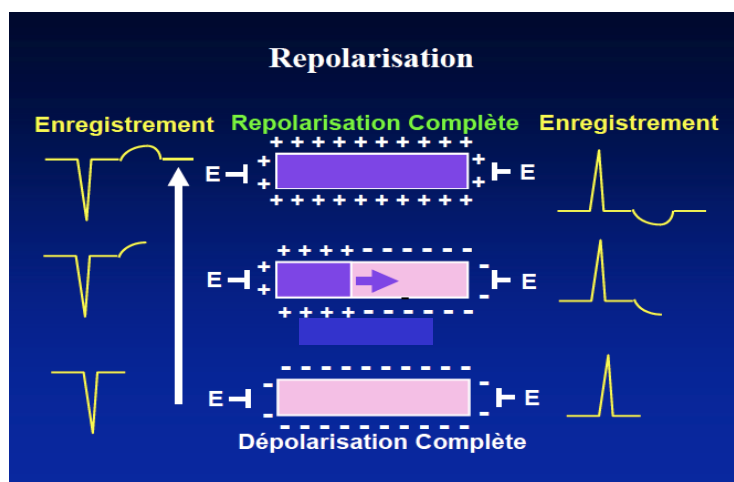
Etat de la cellule	Activité électrique	Signal enregistré par les électrodes
Cellule au repos	Pas d'activité électrique : charges + à l'extérieur et – à l'intérieur.	Ligne droite à zéro pour les deux électrodes.
En cours de dépolarisation	La stimulation électrique arrive par une des deux extrémités de la cellule puis se propage via un front de dépolarisation à l'autre extrémité. Tout d'abord, elle entraîne une inversion des charges + et – au niveau de la première extrémité, inversion qui va se propager ensuite selon le front de dépolarisation.	Il n'est pas le même à un instant t pour les deux électrodes . En effet, celle située à l'extrémité qui reçoit en premier la stimulation perçoit des charges –, tandis que l'autre perçoit encore des charges +. D'un point de vue graphique, les charges – induisent une courbe négative (qui s'abaisse) et les + une courbe positive (qui remonte).
Dépolarisation complète	Toutes les charges sont – à l'extérieur de la cellule. Mais attention : il n'y a plus de courant électrique qui se propage car la dépolarisation est terminée. La cellule revient donc au repos même si les charges sont inversées par rapport à celles du départ.	Les deux électrodes n'enregistrent pas de signal (car plus d'activité électrique) : elles reviennent donc à zéro (induit une courbe dans le sens inverse de celle de la dépolarisation).

Nb : les deux électrodes livrent donc un signal inversé alors qu'elles témoignent toutes deux de l'activité de la même cellule. Ce signal dépend de leur position par rapport à la cellule et plus précisément du fait qu'elles voient fuir ou arriver le front de dépolarisation.

b) Repolarisation

On part d'une cellule complètement dépolarisée qui va subir une repolarisation. Les électrodes sont les mêmes que ci-dessus.

Attention : **la repolarisation peut se faire dans un sens ou dans l'autre** : elle n'est pas obligée de partir de la même extrémité que la dépolarisation. Il est rare qu'elle se fasse dans le même sens, mais pour faciliter la compréhension, le professeur considère pour son explication qu'elle se fait dans le même sens.



Explication du schéma ci-dessus :

Etat de la cellule	Activité électrique	Signal enregistré par les électrodes
Dépolarisation complète	Pas d'activité électrique : charges – à l'extérieur et + à l'intérieur.	Ligne droite à zéro pour les deux électrodes.
En cours de repolarisation	Le courant de repolarisation entraîne progressivement une inversion des charges, d'une extrémité de la cellule vers l'autre.	Même principe que pour la dépolarisation : à un instant t, l'électrode située à l'extrémité recevant en premier le courant de repolarisation perçoit un signal positif tandis que l'autre perçoit encore un signal négatif.
Repolarisation complète	Toutes les charges + sont à l'extérieur de la cellule. Il n'y a plus d'activité électrique : la cellule revient au repos.	Le signal revient à zéro (courbe dans le sens inverse de la repolarisation).

c) Au niveau du cœur

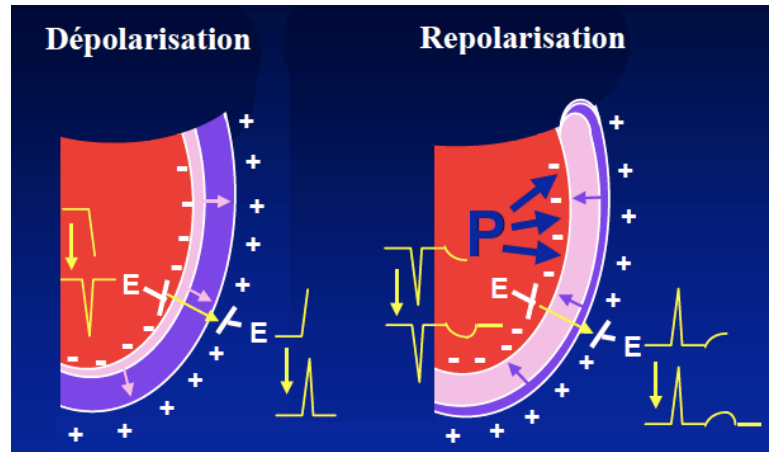
On s'intéresse ici à l'électrode placée à l'extérieur du cœur.

Physiologiquement :

La dépolarisation myocardique se fait principalement de l'endocarde vers l'épicarde (de l'intérieur du cœur vers l'extérieur) : onde positive perçue par l'électrode.

La repolarisation se fait de l'épicarde vers l'endocarde avec un léger retard de l'endocarde (**dans le sens inverse de la dépolarisation**) : onde positive perçue par la même électrode.

Ces fronts d'activations peuvent être modifiés en pathologie

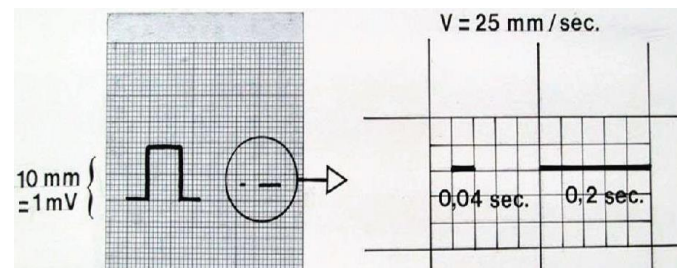


2. Techniques d'enregistrement : comprendre les dérivation +++

L'ECG est un examen de routine non invasif. Quatre électrodes doivent être placées sur les racines des membres et six sur le thorax. Un ECG standard comporte 12 dérivation : 6 dans le plan frontal (=dérivation des membres) et 6 dans le plan horizontal (=dérivation précordiales).

La vitesse de déroulement du papier de l'ECG est habituellement de 25 mm/s : 1 mm représente donc 0,04 s.

Les amplitudes sont mesurées en millivolts : l'étalonnage habituellement utilisé est de 10 mm pour 1 mV ; dans ce cas, les amplitudes sont couramment exprimées en mm.



a) Les dérivation frontales

Il y a 6 dérivation dans le plan frontal : D1, D2, D3, aVR, aVL et aVF (cf ci-dessous). Elles explorent le champ électrique cardiaque dans un plan frontal et forment des dérivation bipolaires (=standards) et unipolaires.

On place 4 électrodes : une sur chaque poignet (jaune à gauche, rouge à droite) et une sur chaque cheville (vert à gauche, noir à droite). En pratique, celle de la jambe droite sert de **dérivation neutre** et stabilise l'ECG. On obtient ainsi un triangle équilatéral (bras droit=R, bras gauche=L, jambe gauche=F) : le **triangle d'Einthoven**.

On établit 3 hypothèses : +++

- A chaque instant, le potentiel créé par le cœur peut être assimilé à celui créé par un **dipôle unique**.
- L'origine du vecteur moment M de ce dipôle peut être considéré comme **fixe** (VG).
- Les points de recueil R (=right), L (=left), F (=foot) des dérivation des membres sont assimilés aux trois sommets d'un triangle équilatéral (angles de 60°) dont le centre électrique du cœur occuperait le centre de gravité.

Dérivation bipolaires des membres ou « standard » : +++

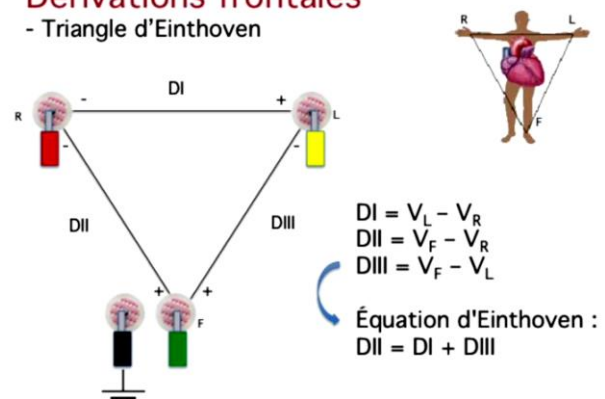
- D1 : bras droit (-), bras gauche (+)
- D2 : bras droit (-), jambe gauche (+)
- D3 : bras gauche (-), jambe gauche (+)

Ces trois dérivation forment le triangle équilatéral d'Einthoven, le montage des polarités étant tel que $D2 = D1 + D3$.

Les électrodes se placent sur les membres ou sur leur racines (dérivation de Lund) pour éviter les tremblements (*ex de la personne atteinte de Parkinson*).

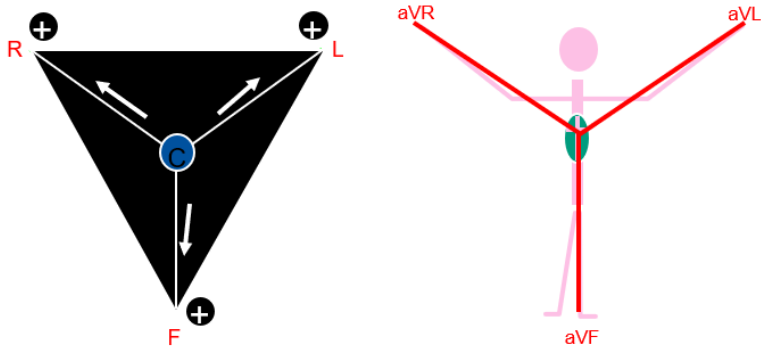
Dérivation frontales

- Triangle d'Einthoven



Dérivations unipolaires : +++

Il y a trois autres dérivations : le bras droit (aVR), le bras gauche (aVL) et la jambe gauche (aVF). On les désigne par les lettres a (=augmenté) car il faut les amplifier pour obtenir un tracé d'amplitude similaire aux trois dérivations bipolaires, V (=voltage) et la lettre de leur position (R, L ou F). L'électrode exploratrice positive est l'un des membres, les autres étant reliées à une borne centrale de potentiel nul ou voisin de zéro.



Ces six dérivations étant dans le même plan frontal, la translation de leurs axes au centre du triangle d'Einthoven permet de construire un système de coordonnées (**double triaxe de Bailey**), utile au calcul de l'axe du vecteur d'activation dans le plan frontal.

Le sens des vecteurs est très important.

La projection d'une onde sur plusieurs dérivation permet de déterminer son axe dans le plan frontal (cf. plus tard) :

- utilisation de la dérivation où l'activité est maximale (axe parallèle)
- utilisation de la dérivation où l'activité est nulle (axe perpendiculaire)

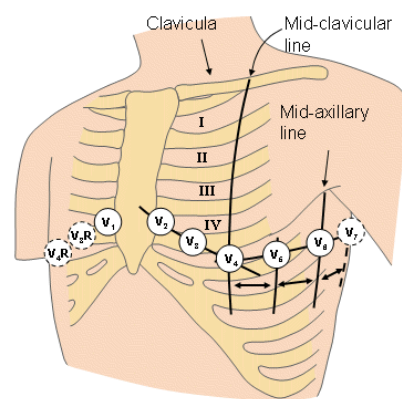


Attention : le sens négatif est vers le haut et le sens positif vers le bas.
Le cercle avec les angles est à connaître par cœur.

b) Les dérivations précordiales

Elles sont unipolaires et explorent l'activité électrique cardiaque dans le plan horizontal. La position de chaque électrode sur le thorax doit être précise pour permettre la comparaison d'ECG successifs :

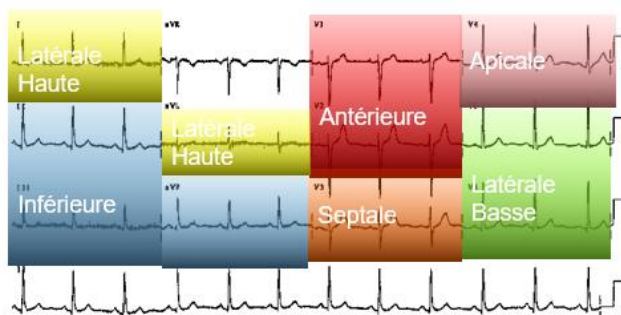
- V1** : 4ème espace intercostal droit, au ras du sternum (attention à ne pas compter l'espace entre la clavicule et la première côte comme un espace intercostal)
- V2** : symétrique par rapport au sternum (4ème espace intercostal gauche)
- V3** : à mi-distance entre V2 et V4
- V4** : 5ème espace intercostal gauche, sur la ligne médio-claviculaire
- V5** : sur la ligne axillaire antérieure à « l'horizontale » de V4
- V6** : sur la ligne axillaire moyenne à « l'horizontale » de V4.



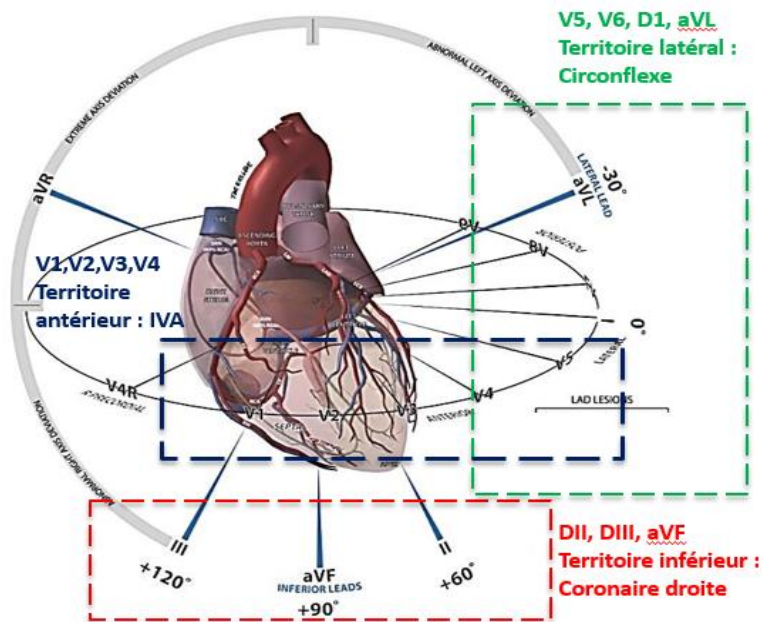
3. Interprétation topographique

Chaque dérivation explore plus particulièrement un territoire cardiaque donné :

- Antérieur : V1, V2
- Septal : V3
- Apical : V4
- Inférieur : DII, DIII, aVf
- Latéral haut : DI, aVL
- Latéral bas : V5, V6



Nb : le professeur estime que l'on ne voit rien sur cet ECG et qu'il vaut mieux se concentrer sur le schéma ci-dessous.



Ainsi, l'analyse seule de l'ECG permet de savoir où se situe l'anomalie. Par exemple, si on a une anomalie en V1, c'est que le territoire antérieur est touché.

NB : on s'intéresse peu à aVR pour connaître la localisation de l'anomalie.

4. Les dérivations annexes

a) Les autres dérivations précordiales

On s'y intéresse lorsque l'on réalise un ECG à 18 dérivations. Ce sont des dérivations unipolaires ; **elles se branchent à la place des précordiales** (car on ne possède que 12 câbles) : il faut bien penser à noter quelle dérivation remplace quelle autre.

Dérivations droites :

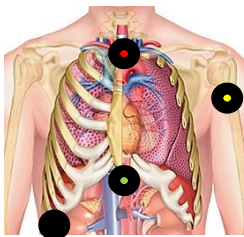
- V3R : symétrique de V3 par rapport à la ligne médiane (R pour right).
- V4R : symétrique de V4 par rapport à la ligne médiane (R pour right).
- VE (épigastrique) : au niveau de la xiphoïde.

Dérivations postérieures :

- V7 : même horizontale que V4, ligne axillaire postérieure.
- V8 : même horizontale que V4, sous la pointe de l'omoplate.
- V9 : même horizontale que V4, à mi-distance entre V8 et les épineuses postérieures

b) Deux autres types de dérivations annexes (pour la culture)

Elles correspondent aux dérivations des membres et ont un but plus spécifique qui est d'enregistrer l'activité atriale.



Dérivations de Lian

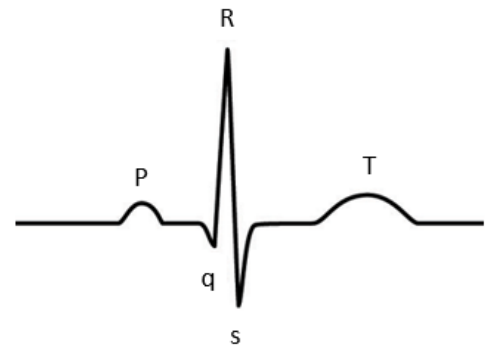


Dérivations de Lewis

III. Technique d'Interprétation de l'ECG

1. Nommer les ondes

- Onde P** : dépolarisation des oreillettes droite et gauche (droite avant la gauche)
- Espace PR** (ou PQ) : temps de passage dans le nœud atrio-ventriculaire (*RAPPEL : joue le rôle d'un filtre, ce temps est variable et dépend de l'intensité de ce filtre.*)
- Complexe QRS** : dépolarisation des ventricules, de l'endocarde vers l'épicaire



Par définition on nomme,

- La 1ère onde négative une onde Q
- La 1ère onde positive une onde R
- La 2ème onde négative une onde S (*attention, elle survient toujours après une onde positive*).

Notation : - petite onde R : « r »
 - petite onde Q : « q »
 - petite onde S : « s »

Cas particuliers :

Onde R exclusive	Onde Rs	Onde Rsr'	Onde QS	Onde qR	Onde qRs
Onde simple positive = onde R « exclusive »	On parle d'onde Rs et non Rq → <i>une onde négatif survenant après une onde positive est toujours une onde s</i>	2 ^{ème} onde positive s'appelle une onde R'	Onde simple négative = onde QS (<i>≠ onde Q exclusive</i>)		

4. Segment ST

5. **Onde T** : repolarisation ventriculaire

NB : Sur l'ECG, on ne voit pas la repolarisation atriale car le signal est trop petit.

2. Plan d'interprétation

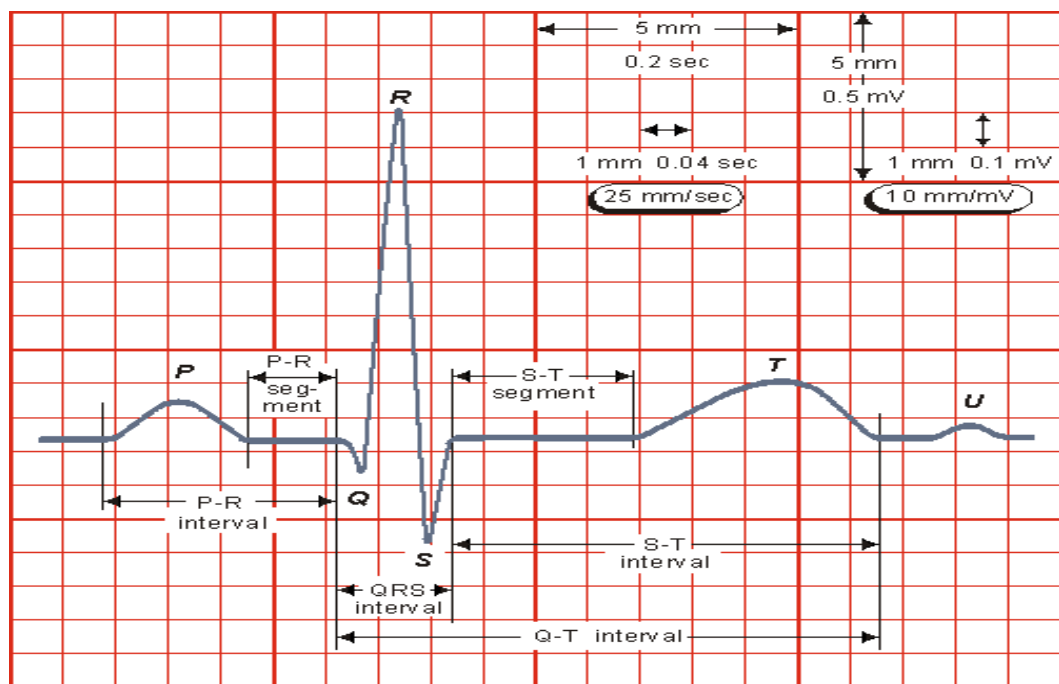
Sur un ECG, on peut observer :

- La fréquence et le rythme
- La dépolarisation auriculaire : onde P (durée et amplitude)

- c) La conduction auriculo-ventriculaire : durée de l'intervalle PR (ou plus exactement PQ)
- d) La dépolarisation ventriculaire (complexe QRS)
 - Axe dans le plan frontal
 - Morphologie et amplitude des déflexions Q, R, S, selon les dérivations
 - Durée de complexe
- e) 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

(Toutes ces parties vont être développées ci-après)

Signal d'un ECG :



RAPPEL :
 1 carreau = 200ms = 5mm
 1 petit carreau = 40 ms = 1 mm

a) La fréquence et le rythme

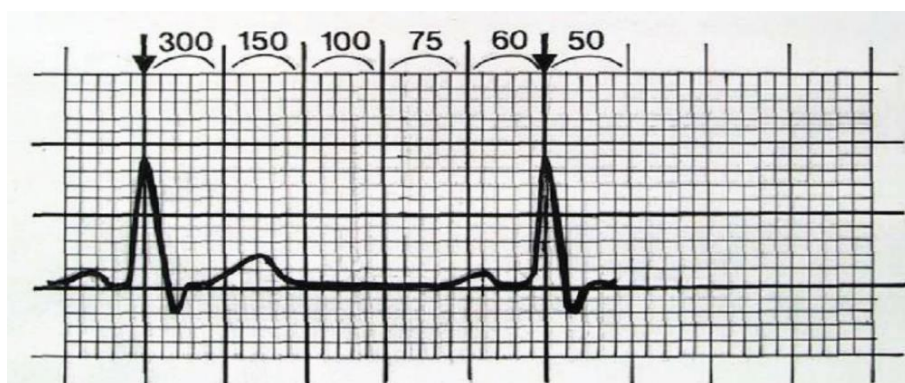
1. La fréquence

- Fréquence cardiaque = nombre de battement du cœur par minute

RAPPEL :

- Vitesse de défilement normal de l'ECG : 25mm/s
- Sur ECG standard on a du 25mm/s sur 25cm => donc 10s d'enregistrement

- Calcul de la fréquence



Plusieurs méthodes possibles

1. Avec une règle
2. Compter le nombre de QRS pour 10s (=25cm) puis le multiplier par 6

3. Directement avec les marquages de la feuille (*Méthode la plus utilisée, très importante quand on n'a pas de règle*) : A chaque demi-centimètre (= à chaque grand carreau) séparant les contractions du cœur (*on prend généralement le sommet du QRS comme référentiel de la contraction*), on a une fréquence théorique associée. Ces fréquences théoriques en fonction du nombre de carreaux sont données sur le schéma ci-dessus.

Exemples :

- Si 2 contractions sont séparées par 1 grand carreau, la fréquence est d'environ 300 batt/min.
- Si 2 contractions sont séparées par 4 grand carreau, la fréquence est d'environ 75 batt/min.

NB : La fréquence cardiaque est la même pour toutes les dérivations

2. Le rythme

Le rythme physiologique est **sinusale**.

- Le rythme est sinusal si on a :
 - Une onde P avant chaque QRS
 - Un QRS après chaque onde P
 - Une onde P qui naît du nœud sinusal (en haut de l'OD) :
 - Qui va du haut vers le bas : + dans les dérivations inférieures
 - Qui vas de la droite vers la gauche : + dans les dérivations latérales (*ex : l'onde P doit toujours être positive en D1 ! si on trouve une onde négative, il y a deux possibilités : le patient a un situs inversus (extrêmement rare) ou la position des électrodes a été inversée entre les bras droit et gauche*)
- Le rythme peut ne pas être sinusal (*vu dans un prochain cours*)

NB : Lorsque le rythme est sinusal, l'onde P doit toujours être positive en D1. Effectivement, on sait que l'onde P traduit la dépolarisation des oreillettes et que cette dépolarisation se fait de droite à gauche car le nœud sinusal se trouve dans l'oreillette droite ; donc la dérivation D1 voit des charges positives (dépolarisation) arriver vers elle, ce qui traduit un signal positif sur l'ECG.

b) La dépolarisation auriculaire : Onde P

- Durée $\leq 0,10$ s
- Amplitude $\leq 2,5$ mm, maximale en D2 et V1 (*dans le tableau récapitulatif ci-après il est écrit < 2 mm, mais retenir $\leq 2,5$ mm*)
- Axe positif en D1 et D2 et négatif en aVR

c) La conduction auriculo-ventriculaire : espace PR ou PQ

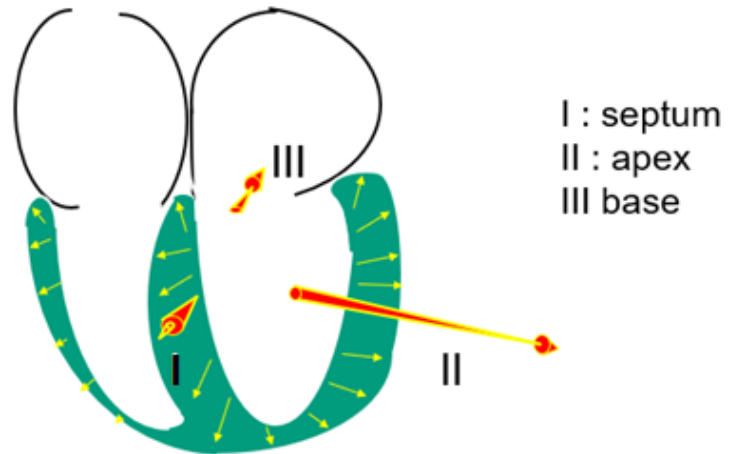
- Durée normale comprise entre 0,12 et 0,20 s.
- Ce délai se mesure du début de l'onde P au début du complexe QRS.

d) La dépolarisation ventriculaire : Complexe QRS

1. Dépolarisation Ventriculaire :

Le QRS comporte trois vecteurs d'activation :

- Dépolarisation du septum avec vecteur orienté vers la droite (I) → onde Q sur l'ECG
- Dépolarisation de l'apex avec vecteur orienté vers la gauche (II) → onde R sur l'ECG
- Dépolarisation de la base avec vecteur orienté vers l'arrière (III) → onde S sur l'ECG



▪ Durée du complexe

- Normale < 100ms
- Anomalie :
 - Entre 100-120ms : bloc incomplet/hémibloc
 - > 120ms : bloc complet

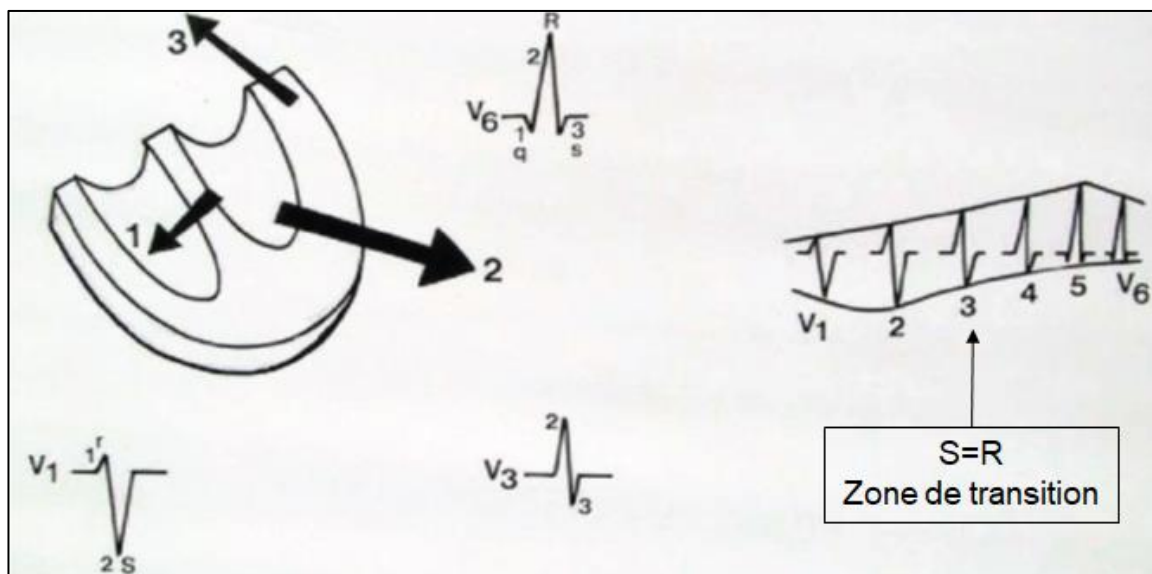
▪ Amplitude :

- Dans les dérivations frontales l'amplitude est très variable.
- Elle ne dépasse pas 15 mm en D1 et 12 mm en aVL.
- L'amplitude des ondes dépend de la masse myocardique et de la distance entre les électrodes et le cœur (obésité, épanchement péricardique).
- Une amplitude inférieure à 5mm dans l'ensemble de ces dérivations fait parler de **microvoltage** (sur l'ECG il y a un tout petit signal électrique). Les cas de microvoltages peuvent résulter d'un obstacle entre le cœur et l'électrode (ex : graisse chez patient obèse, air chez patient ayant un emphysème, sang...) ou d'un cœur très malade.

▪ Morphologie :

Selon la dérivation, le signal enregistré n'est pas le même : les QRS ont une morphologie différente.

- L'onde R croît de V1 à V5 où elle est habituellement maximale (à l'inverse, l'onde S diminue de V1 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.

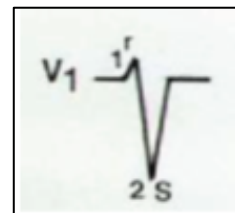


Exemples :

1. Signal reçu par l'électrode en V1 (4^{ème} espace intercostal droite = en face du ventricule droit)

Le cœur se dépolarise, l'électrode :

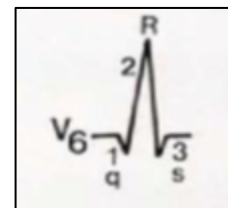
- Voit arriver un vecteur d'activation septale 1 → onde positive notée « r » elle n'est pas très haute car dans le septum il n'y a pas beaucoup de muscle donc pas beaucoup de cellules.
- Voit fuir un vecteur d'activation à l'apex 2 → onde négative
- Voit fuir un vecteur d'activation basale 3 → onde négative (elle se confond avec l'onde précédente, ce qui donne sur l'ECG une grande onde S)



2. Signal reçu en V6 (en face du ventricule gauche)

Le cœur se dépolarise, l'électrode

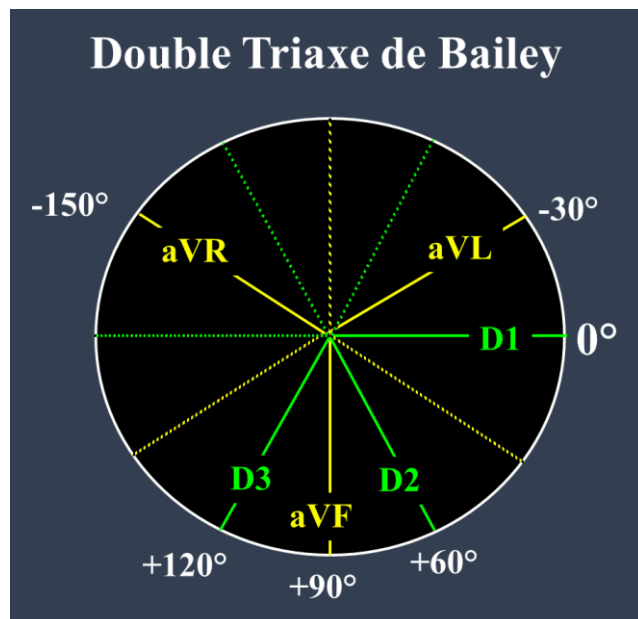
- Voit fuir le vecteur 1 → petit onde négative q
- Voit arriver le vecteur 2 → grande onde positive R (la paroi du ventricule gauche est plus épaisse que celle du droit, elle contient beaucoup de cellules)
- Voit fuir le vecteur 3 → petit onde négative s



2. Détermination de l'axe du cœur

- L'axe du cœur traduit l'axe électrique global du vecteur QRS (il s'agit de la somme des trois vecteurs I, II et III du QRS, il n'a rien à voir avec l'anatomie du cœur)
- Axe électrique normal du cœur se trouve **entre -30° et +90°** (tolérance jusqu'à +120°)

Pour calculer l'axe du cœur, on utilise les **dérivations standards** (D1, D2, D3 et VL, VR, VF) représentée dans le **double Triaxe de Bailey**.

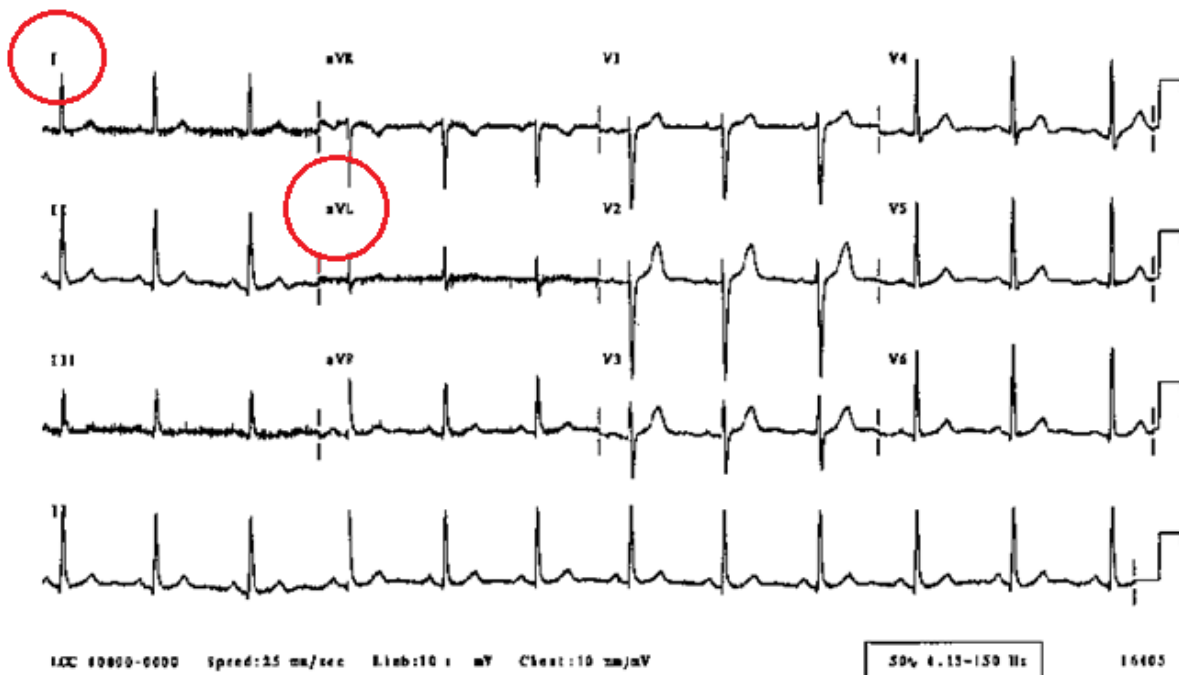


▪ Calcul :

- Sur l'ECG, on cherche la dérivation où les QRS sont les plus **perpendiculaires** = les négativités et la positivité du QRS sont pratiquement égales
- Sur le cercle de la double triaxe de Bailey, on identifie la dérivation en question puis on identifie la perpendiculaire à cette dérivation. L'axe du cœur se trouve sur cette perpendiculaire, il n'y a alors plus que 2 axes possibles : l'un positif, l'autre négatif.
- Sur l'ECG, on identifie le signe des QRS de D1. En fonction du signe, on détermine l'axe du cœur.
 - Signaux en D1 positifs → axe compris entre -30° et +90° (+120°)
 - Signaux en D1 négatifs → par défaut, autre axe potentiel

NB : Rapidement, pour savoir si un axe est normal ou non : regarder si les signaux en D1 et aVF sont positifs, si c'est le cas, l'axe est normal c'est-à-dire compris entre -30° et +90° (+120°).

Exemple :



1. En quelle dérivation se trouve les QRS les plus perpendiculaires ? *aVL* -> d'après le cercle, l'axe est donc soit à $+60^\circ$ soit à -120° (valeurs données grâce à la perpendiculaire par rapport à *aVL*)
2. Quel est le signe du QRS en D1 ? Positif -> l'axe est à $+60^\circ$

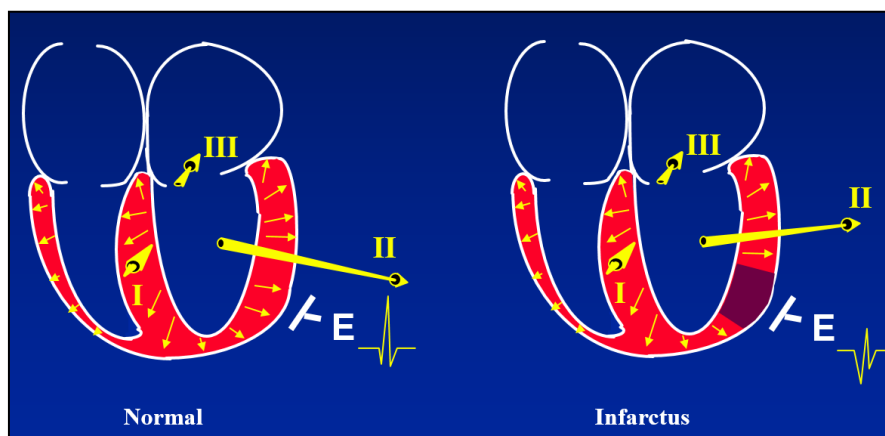
NB : cet ECG a un rythme régulier sinusal, PR normal, axe normal, qRS fins sans onde q, pas de trouble de repolarisation

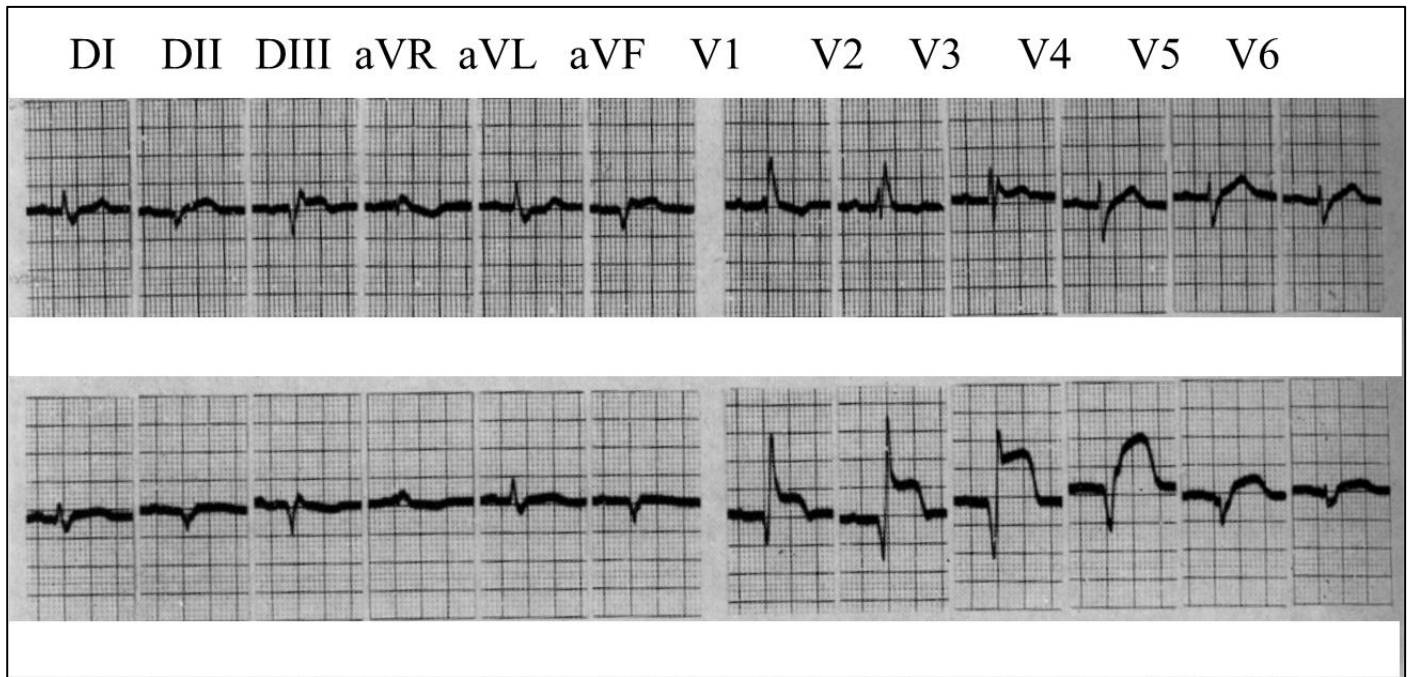
NB bis : Un cas où l'axe du cœur est complètement dévié à gauche (l'axe n'est pas normal) : en cas d'hypertrophie ventriculaire gauche.

3. Anomalie du QRS

Les anomalies du QRS sont majoritairement dues aux **infarctus du myocarde (IDM)**.

- *Que se passe-t-il quand on a un infarctus ?* Un infarctus engendre une destruction plus ou moins importante d'une partie du ventricule. L'électrode en face du ventricule partiellement détruit va enregistrer une **onde Q profonde et large** appelée **onde Q de nécrose**.
- *Comment le localiser ?* On localise l'infarctus par déduction grâce au foyer de l'électrode où l'on observe l'onde Q de nécrose (ex : onde Q de nécrose observée en V6, l'IDM est donc latérale)



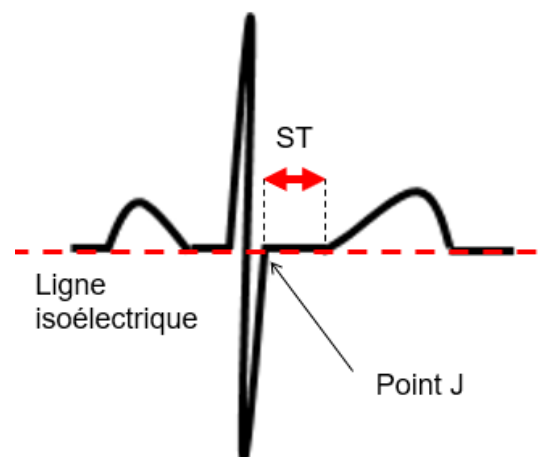


Diapo non commentée mais elle permet d'observer les signaux enregistrés pour chaque foyer d'un patient sain (1^{ère} ligne) et les ondes Q de nécrose d'un patient ayant fait un IDM (2^{ème} ligne)

e) **La repolarisation** (non commenté par le professeur ou très peu par manque de temps, les phrases sont donc retranscrites comme sur le diapo)

1. Le segment ST

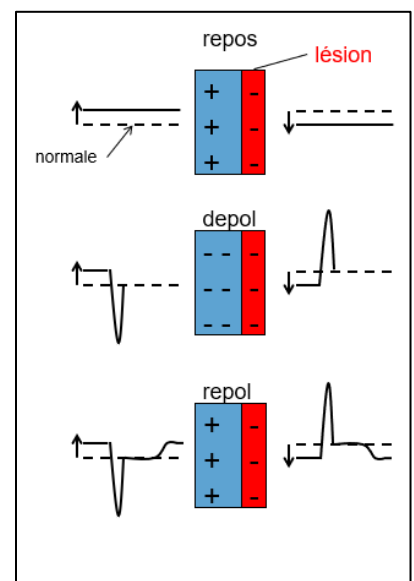
- Commence à la fin du QRS, au point J (visible sur le schéma)
- Finit au début de l'onde T
- Normalement **isoélectrique** (c'est-à-dire qu'il est sur la ligne isoélectrique)
- Correspond à la phase de plateau (2) du potentiel d'action ventriculaire



2. Les anomalies du segment ST

Explication

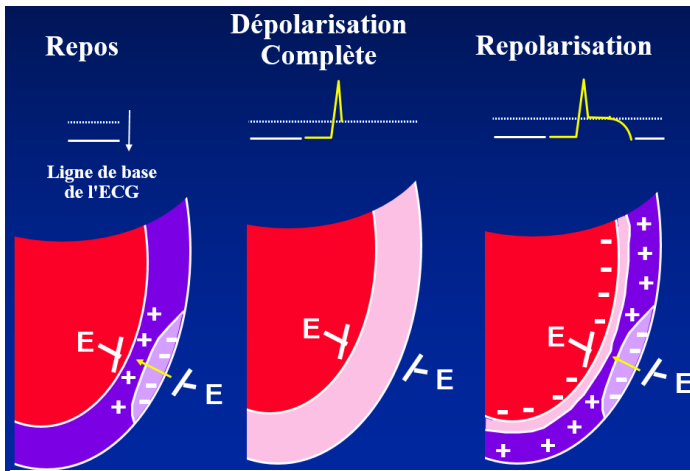
- Au repos, un muscle lésé est électriquement négatif (différence de potentiel (ddp) persistante)
- Par rapport à celui d'un muscle non lésé, le potentiel de base du muscle lésé est donc décalé (non visible)
- Le passage d'une onde de dépolarisation s'accompagne, lorsque tout le muscle est dépolarisé, d'un retour à la ligne de base normale (représentée par la ligne en pointillée), la ddp étant alors nulle.
- Après repolarisation, le potentiel enregistré retrouve le potentiel de base décalé à cause de la lésion.
- Ceci explique le sus-décalage observé dans les dérivations posées du côté de la lésion, et l'image en miroir, le sous-décalage constaté dans les dérivations opposées.



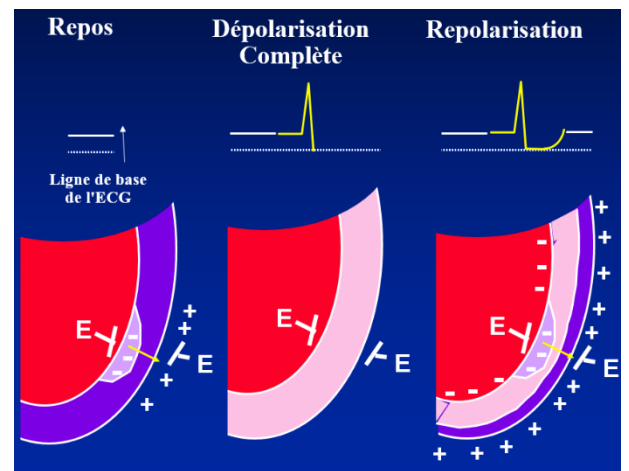
▪ **Type d'anomalie**

Sus / sous décalé par rapport à la ligne de base

- Sus décalage du segment ST : courant de lésion **sous épicardique**
- Sous décalage du segment ST : courant de lésion **sous endocardique**



Lésion sous épicardique



Lésion sous endocardique

NB : Si le courant de lésion est intense il peut être détecté en « miroir » (sur l'ECG) dans la paroi en regard de la paroi lésée. C'est-à-dire que pour un sus-décalage observé en une dérivation, on observera un sous-décalage (=phénomène de miroir) en sa dérivation opposée. Par exemple V1-V2-V3 sont des dérivation opposées à D2-D3-aVF on pourra donc observer un miroir entre ces dérivation.

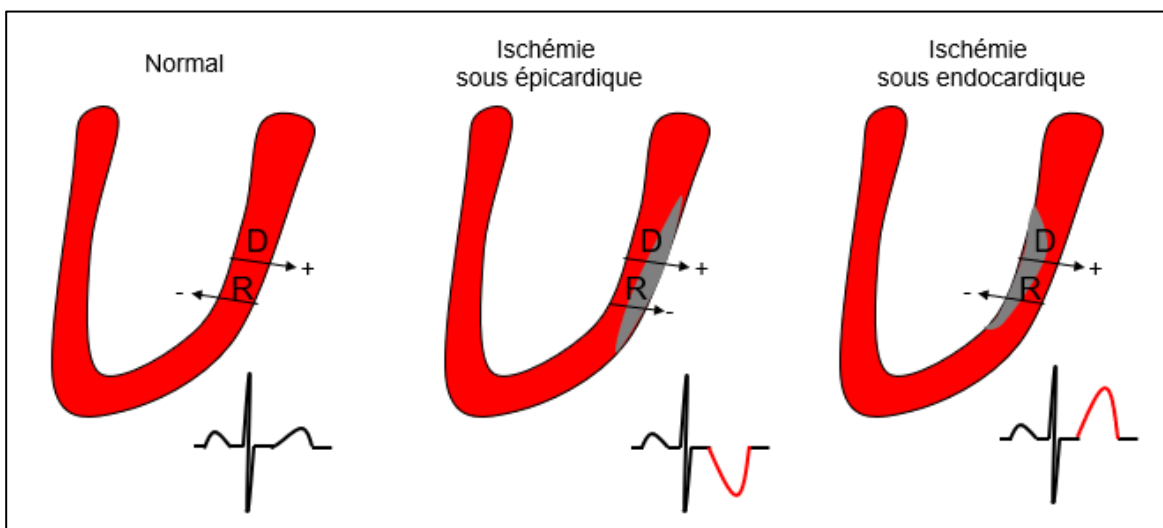
3. Onde T

- Homolatérale au QRS
- **Asymétrique** : pente ascendante douce, pente descendante + raide
- Onde T pathologique : « **ischémie** » (=retard de repolarisation) Une ischémie traduit un tissu myocardique qui souffre.

Une ischémie peut être :

- **Sous épicardique** → la dépolarisation est normale tandis que la repolarisation est inversée : elle a le même sens que la dépolarisation, ce qui traduit sur l'ECG une onde négative
- **Sous endocardique** → la dépolarisation et la repolarisation sont dans le même sens mais le signal de repolarisation est augmenté (cf schéma)

NB : La zone sous épicardique souffre la première en générale.



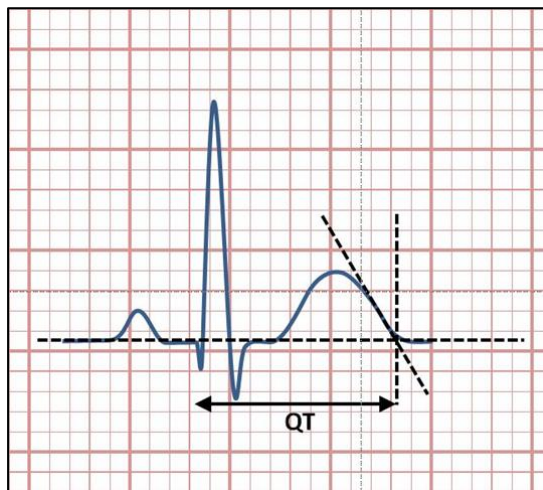
4. Intervalle QT (non commentée par le prof)

- Entre le début du QRS et la fin de l'onde T
- Mesure dans la dérivation où l'onde T est la plus ample
- A pondérer en fonction de la fréquence cardiaque :

Formule de Bazett

$$QTc = QT / \sqrt{RR}$$

- Normes de l'intervalle QTc :
 - Pour les hommes : > 330ms et < 440ms
 - Pour les femmes : > 330ms et < 450ms



5. Tableau récapitulatif et indices

		Durée (sec)	Amplitude (mm)	Axe
P	Norme	<0,12 (120 ms = 3 petites carreaux)	<2 mm (maximale en D2 et V1)	-20° à 80° -P rétrograde – D2 D3 AVF - Positif en D1 et D2 -Négatif en aVR
	Anomalie	>0,12 HAG hypertrophie auriculaire gauche ou bloc inter auriculaire	>2,5mm HAD hypertrophie auriculaire droit + précordiales sauf pfs V1	
PR		0,12 à 0,20 (120 – 200ms)		
Q	Norme	< 0,04		
	Anomalie	si >0,03 nécrose possible		
QRS	Norme	0,08 à 0,10 (80 à 100 ms)	- très variable, dépend masse myocardique et distance cœur-électrode - <15 mm en D1 - <12 mm en aVL. <i>D1+D2+D3 > 15mm</i>	-30° à +110° (+120° ?) < -30° axe gauche > 110° axe droit
	Anomalie	0,10-0,12 s bloc incomplet / hémibloc >0,12 bloc complet	<5mm microvoltage	
QT (phase II du potentiel d'action)		0,4 x RR ± 0,04 (400-450ms, valeur variable en fonction de la fréquence cardiaque : lorsque la fréquence ralentit -> le QT s'allonge et inversement)		

- 3 indices : Les indices permettent de détecter des anomalies cardiaques (seulement retenir celui de Sokolow)

- **Lewis** : (R I – R III) + (S III – S I) : HVD < -14 mm < normal < 17mm < HVG
- **Sokolow-Lyon** : (SV1 + RV5) : normale < 36 mm, si > 35mm : HVG
Explication : Mesure de la taille de l'onde S en V1 et la taille de l'onde R en V5. Faire la somme. Si >35mm, témoigne d'une hypertrophie ventriculaire gauche (HVG) = épaissement de la paroi du ventricule gauche
- **Blondeau – Heller** (SV2 + RV7) : normale < 36 mm, si > 35mm : HVG

IV. Conclusion

Examen de base

Utile en cardio, aux urgences, en médecine G, en anesthésie, en réa,...

Pas d'impasse

Première étape avant les ECG pathologiques

Plan rigoureux d'interprétations

Rythme fréquence

Alphabet PQRST... ne rien oublier

FRACHI : Fréquence, Rythme, Axe, Conduction, Hypertrophie, Ischémie (+++)