

*Coucou ! Nouveau cours de physio aujourd'hui avec une nouvelle fiche (ma dernière snif) sur le fonctionnement du cœur. C'est un cours avec des notions qui peuvent être difficiles à comprendre au début donc encore une fois, si vous avez des questions, n'hésitez pas à me les poser sur discord ou sur le forum !*



## **Le potentiel d'action cardiaque**



Le cœur est un muscle qui est doué **d'automatisme**.

⇒ Car il contient des cellules **nodales** qui sont **Pace Maker**. On va revoir ça juste après

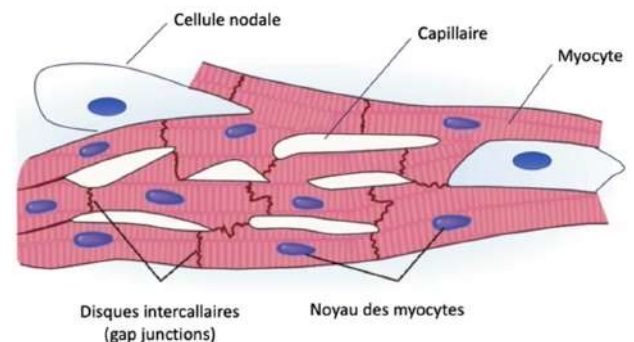
Ce muscle se contracte de manière rythmique avec une :

- **Systole** → **contraction** du cœur
- **Diastole** → **relaxation** du cœur

**Pendant la systole, toutes les fibres musculaires se contractent !**

Par ailleurs, la nature du tissu cardiaque permet sa transplantation. Sympa ça

Le **myocarde** (muscle cardiaque) est formé de **cardiomyocytes**, de cellules **nodales** disposées en réseau sous forme de petits noeuds et des capillaires qui vont irriguer de manière abondante le tissu cardiaque.



Les cardiomyocytes sont reliés par des disques intercalaires. Ce sont des jonctions perméables qui permettent la conduction de l'influx électrique.

**! Il y a donc une continuité électrique entre ces cellules !**

# I-Les cellules nodales et leurs propriétés



*Ce qui va suivre tombe assez souvent donc on se concentre !*

## **Ce sont des cellules Pace maker !**

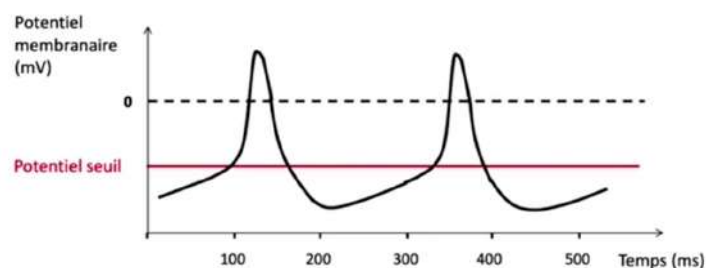
Elles ont des propriétés de **dépolarisation spontanée**. Elles possèdent à la surface de leur membrane des canaux ioniques qui peuvent s'ouvrir spontanément.

## **Ce sont des cellules excitables !**

Elles sont excitables car lorsque la dépolarisation aura atteint un certain seuil, elles vont déclencher un potentiel d'action.

La cellule évolue en permanence vers le potentiel seuil, où est généré le potentiel d'action.  
Après une phase de repolarisation, la cellule recommence à se dépolariser.

*Elle possède un rythme et une fréquence, on va voir cela tout de suite !*



## ***Propriétés des cellules nodales***



- La cellule **nodale** possède un **rythme** et une **fréquence** !

**Un rythme :** Succession de modifications électriques produites par l'ouverture spontanée des canaux ioniques.

**La fréquence :** Nombre de modifications électriques identiques par unité de temps

*Faites attention à ne pas confondre les deux !!*

- La **vitesse** de propagation de l'influx électrique dans le tissu nodal est **variable** !

Elle est rapide dans les atrioms et ventricules:

- **2 à 3 fois plus rapide que les cardiomyocytes** (150 ms) aux mêmes endroits
- **40 ms** pour les **atriums**
- **50 à 70 ms** pour les **ventricules**

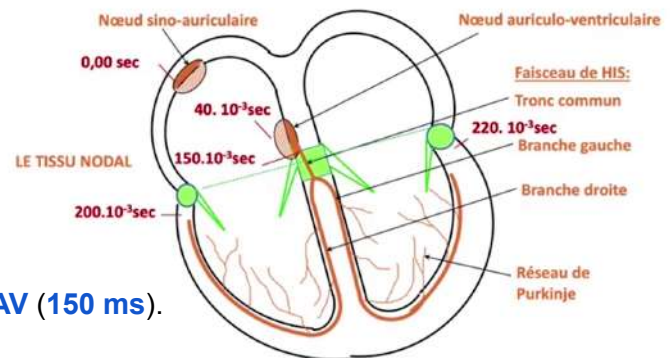
A chaque fois que le tissu nodal se dépolarise, l'ensemble des cardiomyocytes se contractent.

La conduction de l'influx est lente dans le **Noeud Auriculo-Ventriculaire (NAV)**. Cela explique que les cardiomyocytes auriculaires se dépolarisent avant les cardiomyocytes ventriculaires.

L'excitation naît dans le **noeud sino-auriculaire**.

Elle met **40 ms** pour arriver au **NAV**.

Les cardiomyocytes auriculaires se sont déjà dépolarisés et ont provoqué la contraction auriculaire !



La vitesse de conduction est très lente dans le **NAV (150 ms)**.

La vitesse est plus rapide ensuite dans les branches droite et gauche du **faisceau de His**.

L'excitation gagne ensuite les ventricules → contraction ventriculaire

- Les cellules **nodales** se dépolarisent spontanément à une fréquence variable en fonction de leur **emplacement** !

⇒ **80x/min** au niveau du **Noeud sino-auriculaire**

⇒ **50x/min** au niveau du **NAV**

⇒ **20x/min** au niveau du **réseau de Purkinje**

**Si la conduction dans un des faisceaux des cellules nodales ne fonctionnent plus, l'automatisme cardiaque est assuré avec une fréquence inférieur ++++++**

### *Conclusion sur les cellules nodales*

⇒ L'automatisme cardiaque est lié à la dépolarisation spontanée des cellules **nodales** qui émettent des potentiels d'action.

⇒ Cette propriété électrique aboutit à la contraction des atriums **PUIS** des ventricules.

⇒ A chaque fois dans les atriums et les ventricules, l'ensemble des **cardiomyocytes** se contractent simultanément.

## II-Les cardiomyocytes et leurs propriétés

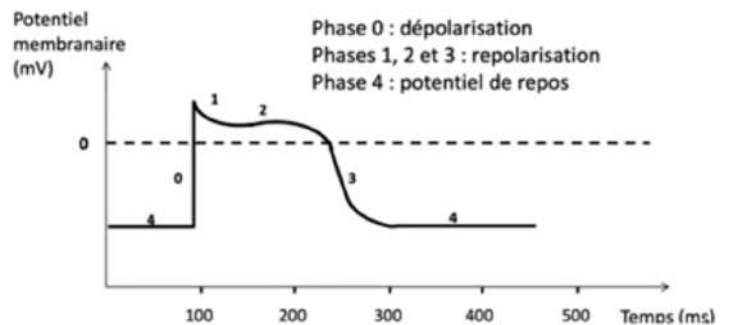
Les **cardiomyocytes** ont également des propriétés électriques.

- Le **cardiomyocyte** est une cellule excitable !

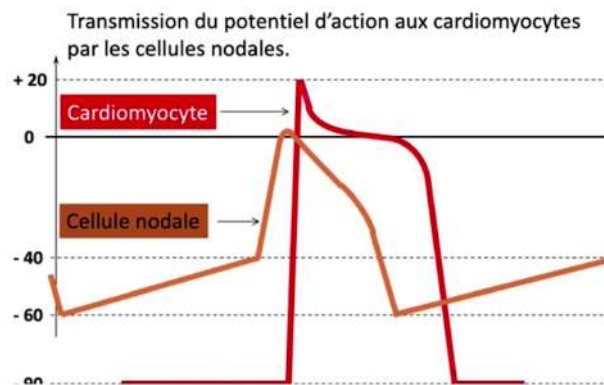
Le cardiomyocyte se dépolarise **rapidement** (pas spontanément ++ ) par ouverture spécifique de certains de ses canaux ioniques sous l'effet d'une **impulsion extérieure** (notamment celle de la cellule nodale en pratique +++).

Voici le potentiel d'action d'un cardiomyocyte :

- Phase 0 → **Dépolarisation rapide**
- Phase 1-2-3 → **Repolarisation**
- Phase 4 → **Potentiel de repos**

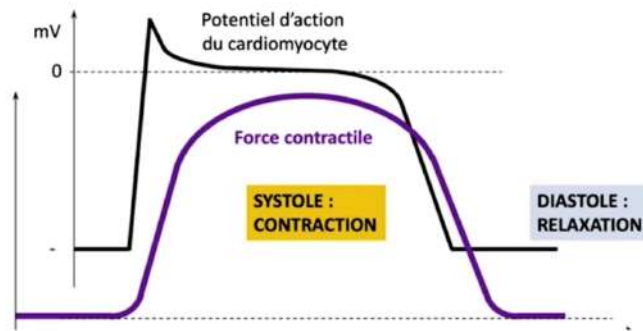


En fait, ce sont les cellules nodales qui transmettent le courant osmotique aux cardiomyocytes et qui vont “enclencher” leur dépolarisation.



- Les **cardiomyocytes** sont des cellules qui ont une **force mécanique** et qui se contractent ! *Logique, ce sont des cellules musculaires*

Sur le schéma ci-dessous, on peut superposer, pendant la phase de systole, le potentiel d'action du cardiomyocyte et le développement de sa force contractile.



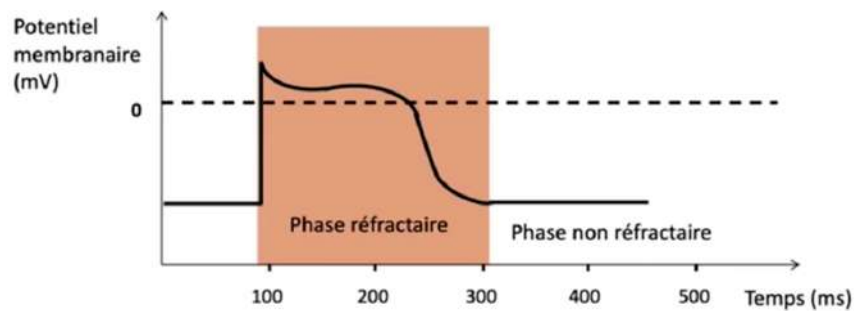
- Le **cardiomyocyte** est une cellule réfractaire !

Pendant la dépolarisation rapide et la repolarisation, les cardiomyocytes sont réfractaires à la survenue d'un nouveau potentiel d'action.

**Le muscle cardiaque va donc OBLIGATOIREMENT se relaxer !**



**Il n'y a pas de téτανisation possible du myocarde, c'est-à-dire pas de contraction soutenue et permanente ++++++**



- Les **cardiomyocytes** sont des cellules **conductrices** !

Ces cellules sont reliées entre elles par des **Gap Junctions** (jonctions communicantes) qui assurent le couplage électrique entre elles. Cela explique aussi que le courant osmotique gagne l'ensemble des cardiomyocytes très rapidement.

*Les jonctions sont des protéines transmembranaires qu'on retrouve au niveau des disques intercalaires et qui vont s'aboucher au niveau des membranes plasmiques des cardiomyocytes.*

Ces jonctions vont donc assurer un **courant intracellulaire continu** !

#### Cellule conductrice

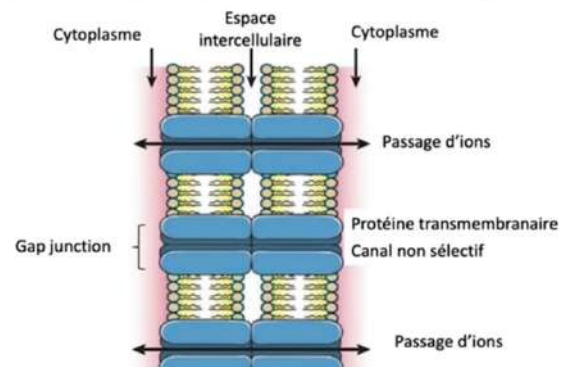
Conduction du potentiel d'action entre cardiomyocytes.



Les gap junctions assurent un couplage électrique entre les cardiomyocytes.



#### Conduction du potentiel d'action entre cardiomyocytes



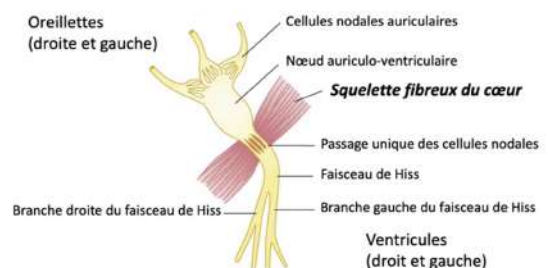
### *Point sur le squelette fibreux du cœur*

Les **cardiomyocytes** sont fixés sur un squelette fibreux qui va séparer les cardiomyocytes **auriculaires** et **ventriculaires**. Ce squelette fibreux a plusieurs rôles :

- **Un rôle mécanique** : Insertion des valves cardiaques (auriculo-ventriculaire) + fixation des cardiomyocytes.
- **Un rôle électrique** : Le potentiel d'action des cellules auriculaires arrive aux cellules ventriculaires uniquement grâce au tissu nodal. En effet, le squelette a un rôle **d'isolant électrique** et **empêche la continuité électrique entre atriums et ventricules**.

**Il y a une absence de continuité entre les cardiomyocytes auriculaires et ventriculaires.**

Le seul élément de transmission des courants osmotiques entre les atriums et les ventricules est le faisceau de His dans son tronc commun.



Donc, grâce à ce squelette fibreux, il y a une contraction simultanée des **atriums** PUIS des **ventricules**. Cela assure le couplage entre la circulation pulmonaire et systémique.

La systole auriculaire précède donc la systole ventriculaire. Le remplissage des ventricules est donc optimal.

### *Conclusion sur les cardiomyocytes*

Les cardiomyocytes sont des cellules:

⇒ **Excitables** (dépolariation rapide sous impulsion extérieure)

⇒ **Contractiles** (Force mécanique)

⇒ **Réfractaires** (Il n'y a pas de tétanisation du myocarde ++)

⇒ **Connectées** entre elles sur le plan électrique et mécanique (Gap junctions)

## III-Les canaux ioniques

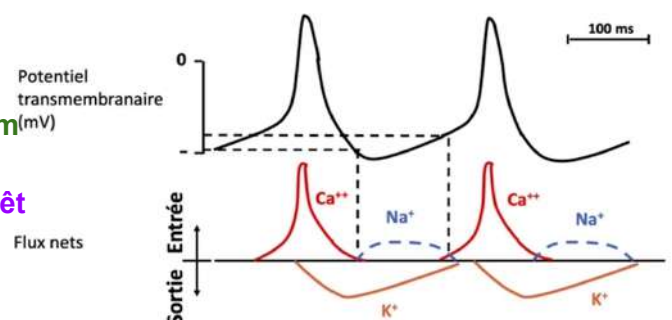
Le potentiel d'action de la cellule **nodale** et du **cardiomyocyte** est permis par la présence de canaux ioniques qui sont des cibles régulateurs et thérapeutiques. *On va voir ça juste après !*

### *Pour la cellule nodale*

Dépolariation **rapide** → flux **entrant de Calcium**

Dépolariation **spontanée** → flux **entrant de Sodium**

**Repolarisation** → flux **sortant de potassium** et **arrêt du flux entrant de Calcium**



Ce schéma se reproduit pour créer un **rythme**

*C'était pour la cellule nodale ça, maintenant on va voir les canaux ioniques chez le cardiomyocyte !*



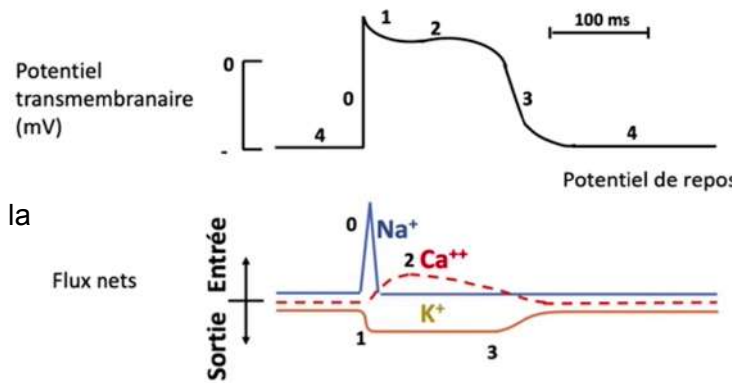
## Pour le cardiomyocyte

Dépolarisation **rapide** → flux **entrant de Sodium**

Phase 1 → flux **sortant de Potassium** jusqu'à la phase 3

Phase 2 → flux **entrant de Calcium**. Cela explique la forme en plateau de la phase de repolarisation

Phase 3 → flux **sortant de Potassium**



## Les canaux sodiques, calciques et potassiques

Petit tableau des familles pour vous présenter les canaux et leur rôle.

	Cardiomyocyte	Cellule nodale
<b>Canaux sodiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ils sont <b>voltages-dépendants</b></li> <li>- Présents également au niveau de l'<b>axone</b></li> <li>- Responsables de la <b>phase 0</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- C'est des canaux de <b>type F</b> (funny). Ils s'ouvrent <b>spontanément</b></li> <li>- Responsables de la <b>dépolarisation spontanée</b></li> <li>- Leur perméabilité est <b>diminuée par L'Ivabradine</b> et <b>augmenter par l'Adrénaline</b></li> </ul>
<b>Canaux potassiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ils sont <b>voltages-dépendants</b></li> <li>- Il en existe plusieurs types qui interviennent dans les phases <b>1,2 et 3</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interviennent dans la <b>dépolarisation spontanée</b> (mais aussi en repolarisation)</li> <li>- Leur perméabilité est <b>augmentée par l'Acétylcholine</b></li> </ul>
<b>Canaux calciques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ils sont <b>voltages-dépendants de type L</b> (Long lasting, le temps d'ouverture est long)</li> <li>- Responsable de la <b>phase 2</b>. L'afflux de calcium dans les cardiomyocytes augmente la force contractile.</li> <li>- Leur perméabilité <b>augmente grâce à l'Adrénaline</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Responsables de la <b>dépolarisation rapide</b>.</li> </ul>

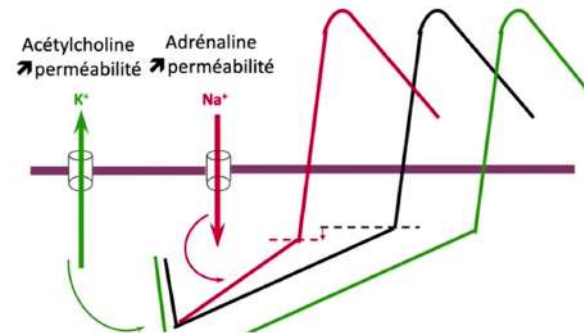


**L'intérêt en médecine :** Des inhibiteurs calciques, en inhibant les **canaux calciques** de type L, peuvent diminuer la force contractile du cœur et ralentir la fréquence cardiaque.

### *Modification de la perméabilité des canaux potassiques*

On peut voir ici la dépolarisation spontanée d'une cellule **nodale** et le potentiel seuil en pointillé.

⇒ Avec de l'**acétylcholine** : la dépolarisation spontanée est allongée et la valeur du potentiel de repos diminue.



**L'acétylcholine augmente la perméabilité des canaux potassiques +++**

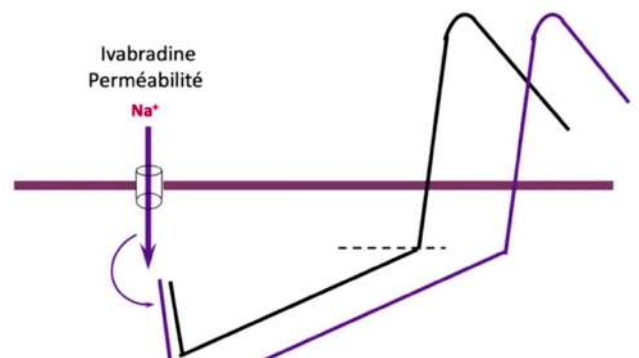
### *Modification de la perméabilité des canaux sodiques de type F*

En ajoutant de l'**adrénaline**, la dépolarisation spontanée est raccourcie. Le seuil de déclenchement du potentiel d'action est abaissé.

**L'adrénaline augmente la perméabilité des canaux sodiques +++**

⇒ Avec de l'**ivabradine**, on obtient le même résultat qu'avec l'acétylcholine et les **canaux potassiques**.

Le temps de dépolarisation spontanée est allongé et la valeur du potentiel de repos diminue.



**L'ivabradine diminue la perméabilité des canaux sodiques de type F +++**

*Vous voyez qu'on parle beaucoup de potentiel de repos ici donc revoyez le cours sur le potentiel de repos bien comme il faut ça va vous aider à mieux comprendre les notions qu'on aborde ici et qu'on va aborder juste après !!*

## Potentiel de repos et oxygénation du myocarde

**L'infarctus :** C'est l'**arrêt de la circulation sanguine** au niveau d'un territoire myocardique.

⇒ Cela peut aboutir à une **nécrose cellulaire** (avec un aspect "infarci")

EN cas d'infarctus :

- Les cellules sont en **hypoxie** → diminution de l'oxygénation tissulaire
- Diminution de la **synthèse d'ATP** et du fonctionnement de la **pompe à sodium**

Les potentiels de repos sont donc modifiés et la dépolarisation des cellules **nodales** et des **cardiomyocytes** devient **anarchique**. On peut obtenir une **fibrillation ventriculaire**.

Cela explique la mortalité de l'infarctus du myocarde car la fibrillation aboutit à une inefficacité circulatoire jusqu'à l'**arrêt cardiaque**.

## Conclusion sur les canaux ioniques

⇒ Nous avons décrit de manière non exhaustive certains canaux présents dans les cellules nodales et les cardiomyocytes en orientant notre propos sur les aspects fonctionnels.

⇒ En biologie, il est important de ne pas extrapoler sans vérifier expérimentalement ses hypothèses.

*Prenez une petite pause parce que pour être honnête la partie qui va suivre est un peu plus complexe.*

## IV - Les bases physiques de l'ECG

Les courants osmotiques cellulaires se transmettent à la surface du corps pour donner des courants osmotiques corporels.

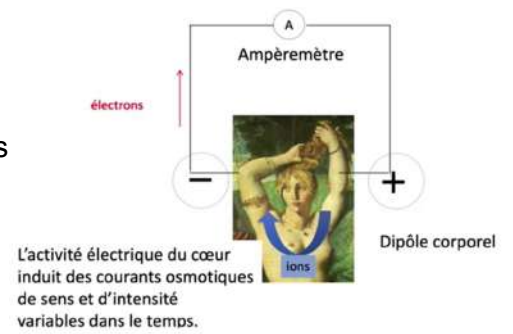
⇒ On peut donc enregistrer des courants avec un circuit électrique externe relié à la peau.

On va utiliser un outil fondamental, le galvanomètre à corde :

- L'intensité du courant qui y passe dévie la corde
- Le sens de déviation **correspond à l'orientation du courant**

On voit un dipôle corporel et un circuit électrique avec un pôle négatif, un pôle positif et un ampèremètre.

L'activité électrique du cœur va induire des courants osmotiques de sens et d'intensité variable dans le temps.



*Bon c'est bien gentil mais comment on enregistre les courants induits ???*

⇒ On met la peau **au contact d'un gel** où les membres immergés dans une solution contenant des osmoles ionisées sont les électrodes.

⇒ On prend un câble métallique conducteur d'électricité qui relie les 2 électrodes (dérivation)

⇒ On utilise des **galvanomètres** très sensibles pour détecter les courants induits qui sont de **très faible intensité**.

⇒ Les courants peuvent mobiliser des électrons dans un circuit électrique situé à l'extérieur de l'organisme.

### ***Application de la loi d'Ohm aux courants induits***

Rappel de la loi d'Ohm :

$$\text{Loi d'Ohm} = \frac{\text{Intensité}}{\text{PE}} = \text{Conductance}$$

**On considère que la résistance dans l'organisme est uniforme et non variable.**

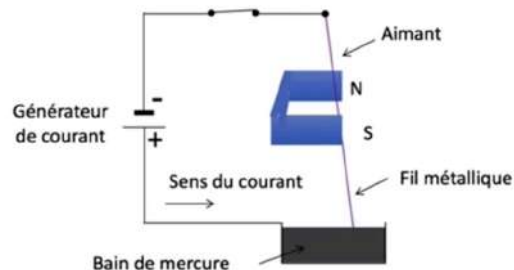
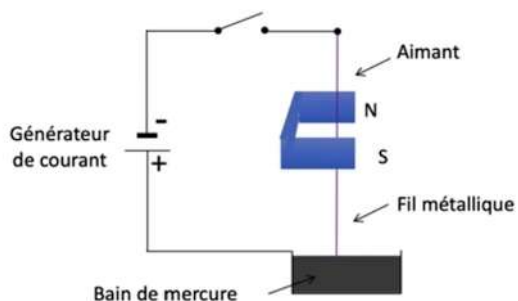
⇒ L'intensité du courant osmotique est donc directement proportionnelle aux potentiels d'action des cellules excitables à un instant donné.

L'ECG est le tracé obtenu par l'**enregistrement des courants osmotiques** induits par l'activité électrique du cœur à la surface de la peau.

## Le galvanomètre dans cette histoire

Cet appareil utilise les propriétés du champ magnétique à déplacer un fil métallique lorsqu'il est le siège d'un courant.

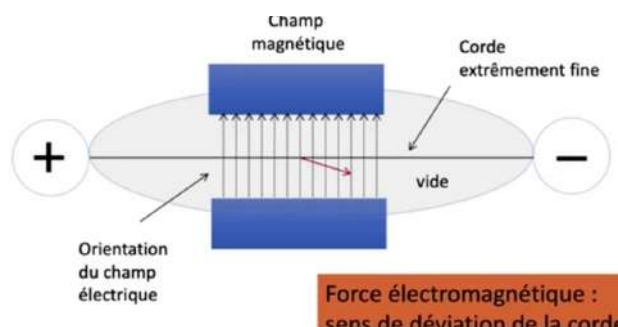
Sur le schéma ci-dessous, on observe un circuit électrique avec un fil métallique qui trempe dans un bain de mercure et qui passe à travers le champ magnétique d'un aimant.



Quand on fait passer un courant électrique, le champ magnétique va **dévier le câble** mobile qui va tremper dans le bain de mercure.

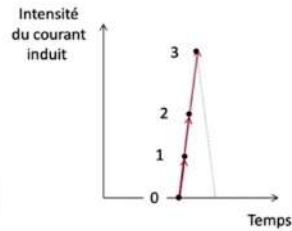
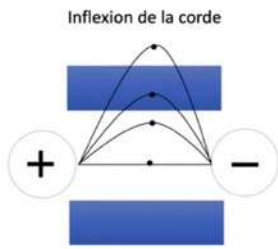
**Le sens de déviation va se faire dans le sens correspondant au sens de la circulation du courant électrique ++**

La corde est placée dans une chambre à vide.  
Elle est le siège d'un courant qui est polarisé et un champ magnétique qui est appliqué autour de l'ampoule à vide.

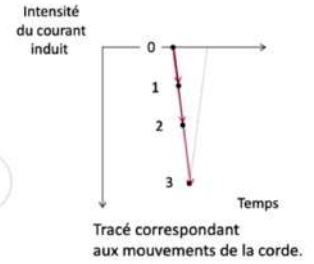
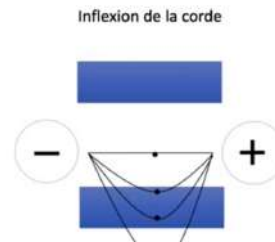


**La force électromagnétique va donner le sens de déviation de la corde.**

Les mouvements de la corde sont enregistrés en fonction du temps.



Les mouvements de la corde sont enregistrés en fonction du temps.



**L'inflexion de la corde est proportionnelle à l'intensité et dans un sens bien particulier +++**

Si on inverse le potentiel, dans ce cas la déviation de la corde ira vers le bas.

### *Les courants induits par le coeur*

En appliquant cette propriété aux courants induits par le coeur, la hauteur de déflexion de la corde par le **galvanomètre** va être **proportionnelle à l'intensité des courants induits et à l'intensité des potentiels d'action instantanés +++**

**L'orientation des potentiels d'action instantanés donne l'orientation de déflexion de la corde du galvanomètre ++**

Une grandeur qui a une orientation et une intensité donnée, ça correspond à un vecteur.

*On va en parler des vecteurs juste après.*

### *Einthoven et ECG*

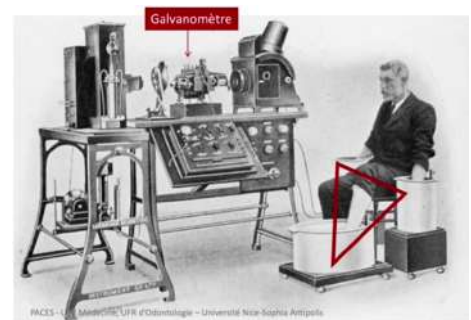
Einthoven a reçu en 1924 un prix Nobel pour la méthode d'étude des courants induits par l'activité électrique du coeur et des applications en médecine.

⇒ Il a formalisé l'utilisation de vecteurs pour comprendre le tracé électrocardiographique.

Petit point histoire :

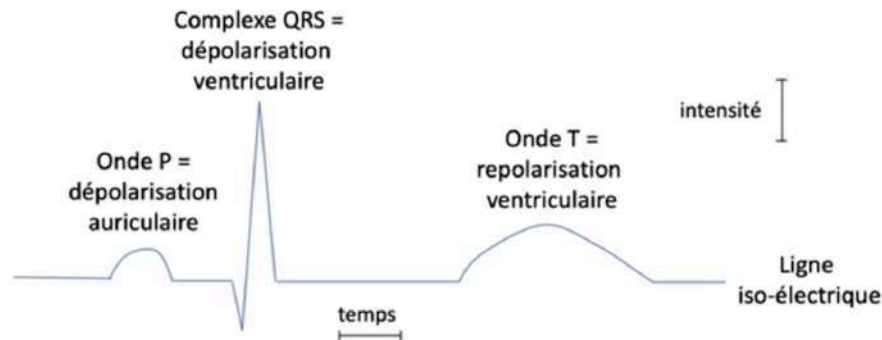
Le premier électrocardiographe a été mis au point par **Einthoven**. Il y a des bassines remplies d'osmolites avec les deux poignets et la cheville gauche qui trempent dedans.

Le galvanomètre permet d'obtenir un tracé qui est le même que celui qu'on obtient aujourd'hui.



Ce qui va suivre, c'est par coeur !!!! Sinon ça risque de ne pas bien se passer à l'examen si tu vois ce que je veux dire.

L'ECG est composé d'une ligne isoélectrique horizontale et d'un certain nombre "d'accidents" :



	Onde P	Complexe QRS	Onde T
Signification	Dépolarisation des oreillettes (ou atriums c'est pareil)	Dépolarisation des ventricules	Repolarisation des ventricules

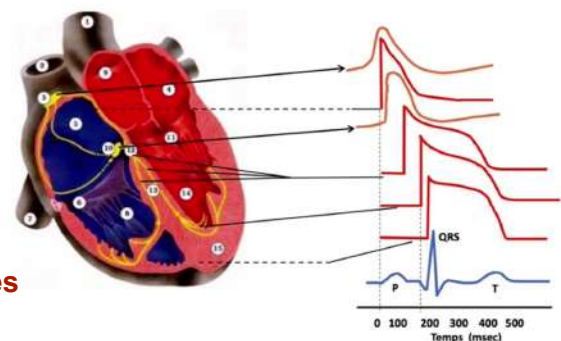
Sur l'axe horizontal on a le temps et sur l'axe vertical l'intensité.

### *La chronologie de l'activité électrique*

L'influx nerveux part du **noeud sinusal (sino-atrial)** puis il se transmet à l'ensemble des **oreillettes (atriums)**. Cette dépolarisation auriculaire correspond à l'**onde P**.

L'influx nodal va ensuite aller dans le **NAV** où il est ralenti.

Après avoir traverser le NAV, il va stimuler les **cardiomyocytes ventriculaires** et cela produit la **déflexion QRS**.



### *Conclusion sur les principes physiques de l'ECG*

Le tracé électrocardiographique est interprétable et correspond à des bases physiques bien précises avec les déflexions de la corde du galvanomètre que l'on projette sur un repère orthogonal avec des vecteurs électriques.

# V-La modélisation de l'ECG

Pour commencer cette partie, on va voir les **règles d'Einthoven +++**

## *Les règles d'Einthoven*

### Règle n°1 :

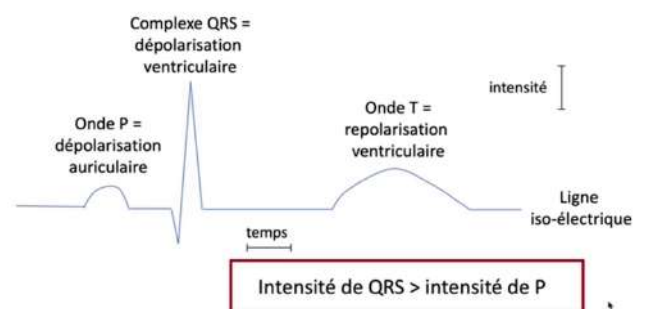
Une électrode placée **suffisamment loin du cœur** enregistre les courants induits par celui-ci comme s'il s'agissait **d'un seul et unique vecteur unitaire ++**

Cette règle a des conséquences :

⇒ L'intensité des accidents sur la ligne isoélectrique est proportionnelle à la **quantité de cellules qui se manifestent**.

L'intensité du **complexe QRS** est supérieure à celle de **l'onde P**.

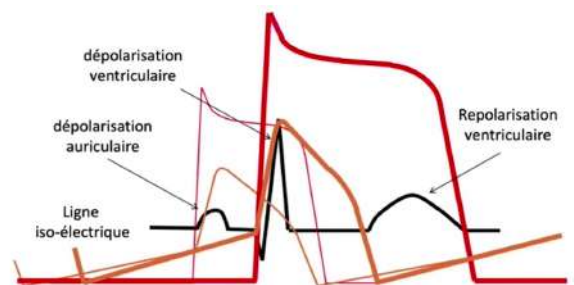
La masse des ventricules est plus importante que celle des oreillettes.



⇒ **Tous les évènements ne sont pas visibles sur le tracé électrocardiographique !**

Sur l'ECG, il manque la repolarisation auriculaire.

**Cette repolarisation auriculaire est en fait masquée par la survenue de la dépolarisation ventriculaire (complexe QRS) !!!+++++**

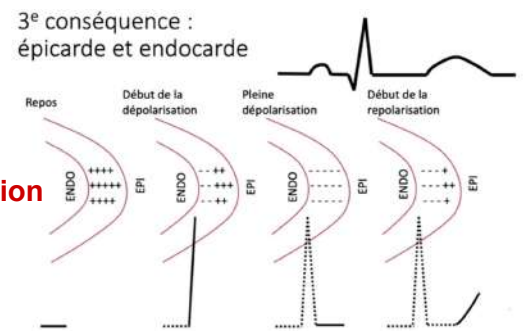




⇒ La dépolarisation et la repolarisation ventriculaire ont une déflexion située au-dessus de la ligne isoélectrique.

**Les courants induits par la dépolarisation et la repolarisation ont le même sens +++**

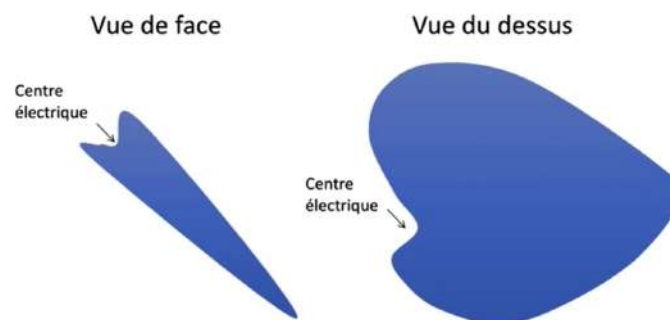
Ce sont les cellules de l'épicaire qui se REPOLARISENT en premier !



### Règle n°2 :

L'origine du vecteur unitaire est **fixe**. Il correspond au **centre électrique du cœur** (proche du **NAV**) +++

⇒ L'ensemble des vecteurs instantanés décrivent une courbe à partir du centre électrique du cœur qu'on va appeler le vectocardiogramme.



### Règle n°3 :

**Trois électrodes** cablées entre elles 2 à 2 forment des **axes de projection** pour le vecteur cardiaque unitaire appelés **dérivations +++**

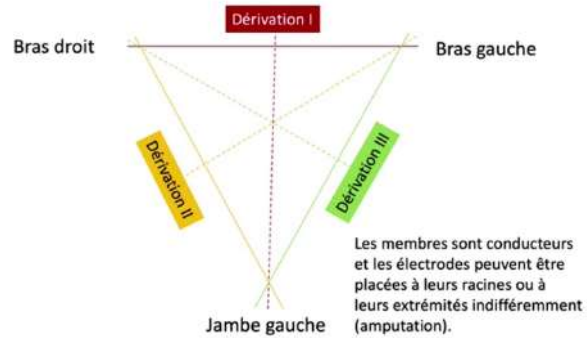
⇒ C'est la projection orthogonale du vectocardiogramme sur une dérivation qui permet de mesurer l'intensité et le sens des courants induits.

#### Règle n°4 :

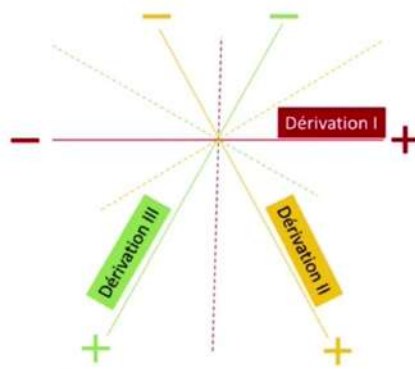
Les 3 dérivation forment les 3 côtés d'un **triangle équilatéral** dont le centre géométrique est le centre électrique du coeur, **c'est le triangle d'Einthoven +++**

### *Le triangle d'Einthoven*

Voici le triangle d'Einthoven obtenu



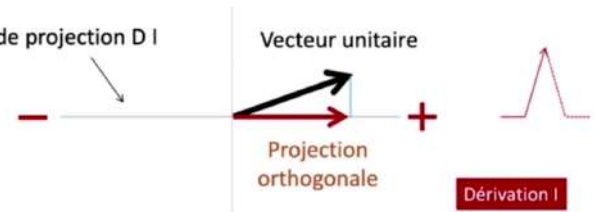
⇒ Si on rapporte les dérivation I, II et III à leur centre géométrique, on a un système de coordonnées spatiales de projections polarisées avec des dérivation orientés du - vers le +.



*On va maintenant voir quelques exemples de projections de vecteurs sur les dérivation ! Rien de bien compliqué tkt.*

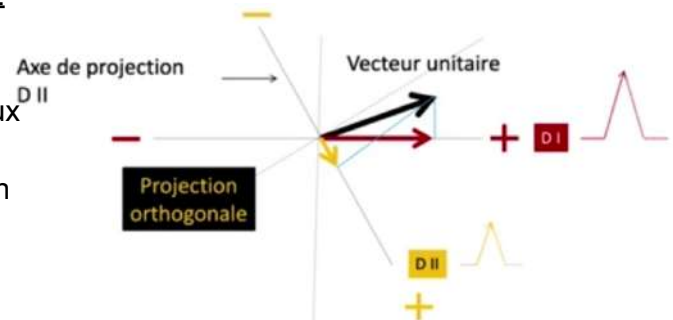
### La projection du vecteur unitaire sur la dérivation DI :

En prenant et en projetant le vecteur sur l'axe **DI**, l'accident sera **supérieure à la ligne isoélectrique** car l'influx va du - vers le +.  
L'intensité de la déflexion est importante car on peut voir que le vecteur est long.



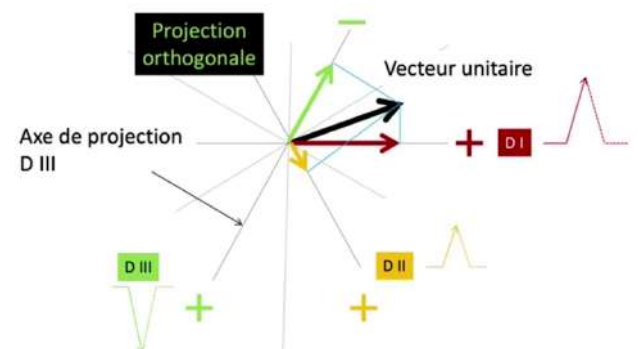
### La projection du vecteur unitaire sur la dérivation DII :

On projette le vecteur sur l'axe **DII**, la déflexion est encore **supérieure à la ligne isoélectrique** car l'influx va du - vers le +.  
Par contre, l'intensité est moins importante comme on peut le voir.



### La projection du vecteur unitaire sur la dérivation DIII :

Si on projette le vecteur sur **DIII**, la déflexion est **inférieure à la ligne isoélectrique** car le vecteur va du + vers le -.  
L'intensité est en revanche comparable à celle de la projection en DI.

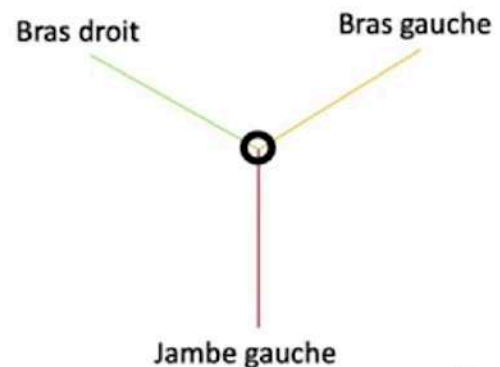
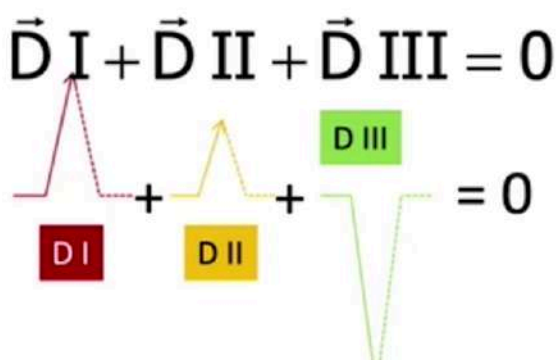


On va parler maintenant de l'électrode de référence.

**Electrode de référence :** Se situe au niveau du **centre géométrique du cœur** où le potentiel est **toujours nul**.

Avec cette électrode de référence, on peut enregistrer une différence de potentiel avec une autre électrode placée à n'importe quel point du corps.

Cette électrode de référence correspond à la **borne centrale de Wilson**.



⇒ On peut obtenir 3 dérivation supplémentaires :

Il s'agit des dérivation **aVR**, **aVF** et **aVL**.

En fait, ce sont les **bissectrices** de DI, DII et DIII qui forment le triangle d'Einthoven.

Dérivation I Dérivation II Dérivation III	Ce sont les 3 côtés du triangle d'Einthoven.
-------------------------------------------------	----------------------------------------------

Dérivation aVR Dérivation aVL Dérivation aVF	Ce sont les 3 bissectrices du triangle d'Einthoven.
----------------------------------------------------	-----------------------------------------------------

V pour potentiel

R pour Right (arm)

L pour Left (arm)

F pour Foot (left foot)

a pour « augmenté » car l'intensité du courant induit est artificiellement augmentée pour faciliter son analyse.

## *Le prolongement des règles d'Einthoven par Bailey*

L'**électrode de référence** (borne centrale de Wilson) est reliée à une **électrode exploratrice**.

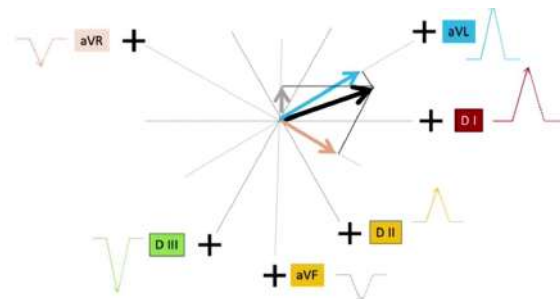
Les circuits entre l'**électrode de référence** et l'**électrode exploratrice** sont également des dérivation.

**Le principe de projection orthogonale est valable tant que les électrodes sont à distance du cœur.**



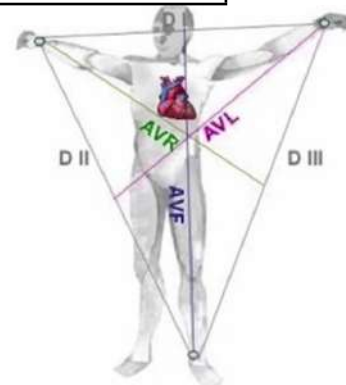
**Par convention, l'électrode exploratrice est polarisée positivement ++  
La borne centrale de Wilson (électrode de référence) est polarisée négativement pour  
la projection des vecteurs unitaires +++**

⇒ La projection unitaire dans les dérivation aVL, aVR et aVF.



## L'axe électrique du coeur

Les 6 dérivations périphériques (DI/DII/DIII/aVF/aVL/aVR) étudient l'activité électrique dans un plan **FRONTAL**.



IMPORTANT

**L'axe électrique du coeur est orienté vers le bas et la gauche +++**



IMPORTANT

Cet axe peut être dévié lors de pathologies :

- Lors d'un infarctus du myocarde, l'axe est dévié du **côté opposé au territoire infarcté !**
- Lors d'une augmentation de la masse musculaire du myocarde, l'axe est dévié **du côté hypertrophié et l'intensité du complexe QRS augmente !**

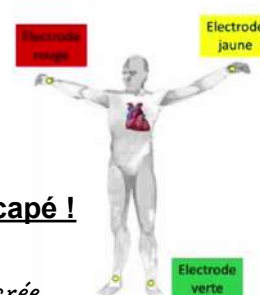
Aparté sur le placement des électrodes :

On dispose les électrodes au niveau des poignets et des chevilles pour obtenir l'ECG.

Mais on peut très bien les placer au niveau des coudes, genoux, les hanches ou encore les épaules.

**Comme ça on peut faire un ECG chez quelqu'un qui est handicapé !**

*Il y a une électrode qui stabilise l'enregistrement des courants induits, qui crée un 4ème point d'enregistrement.*



# Les dérivations précordiales

Les dérivations précordiales sont formées grâce à une **électrode exploratrice** (au niveau de la poitrine) et une **électrode de référence**.

⇒ La formalisation vectorielle est **impossible** car les électrodes sont trop proches du cœur !

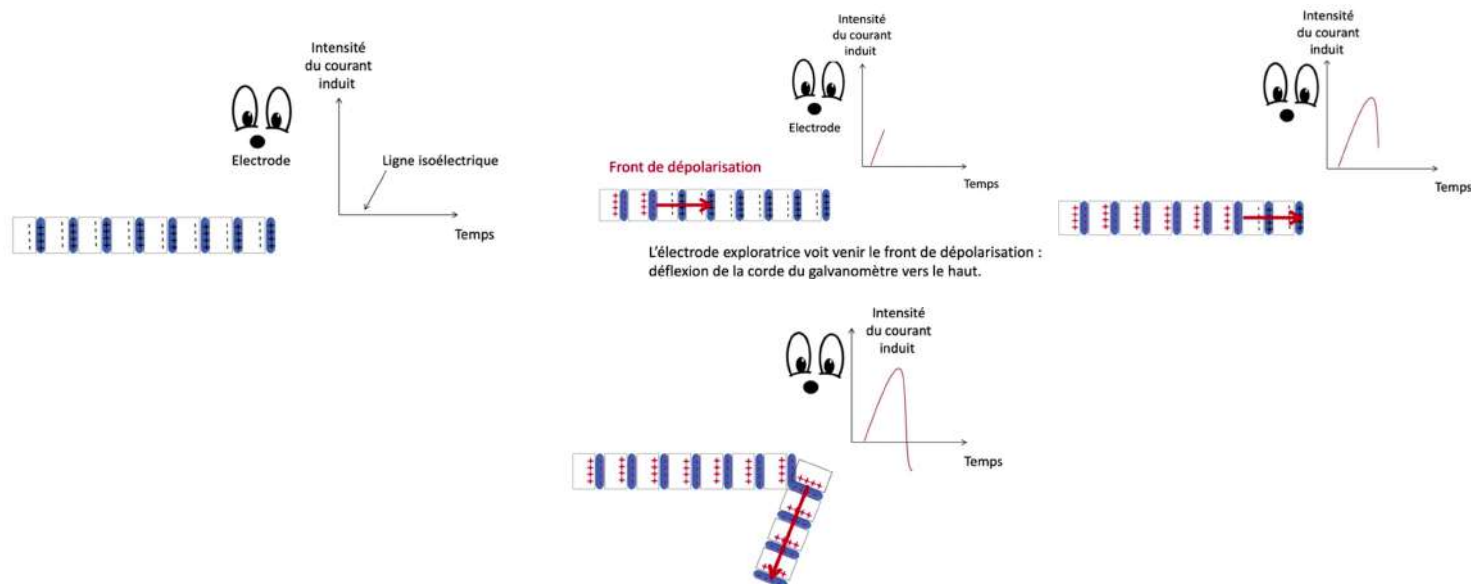
On fait donc une formalisation avec le concept de "**dipôle électrique**" qui a 3 propriétés.

⇒ Son intensité est proportionnelle à la masse musculaire

⇒ Son trajet se fait selon les contours du cœur *Il n'y a pas de centre électrique*

⇒ Son orientation suit celle du front de dépolarisation

**Attention ! L'électrode exploratrice regarde le front de dépolarisation !!**



**Déflexion positive :** le front de dépolarisation **se rapproche de l'électrode exploratrice !**

**Déflexion négative :** le front de dépolarisation **s'éloigne de l'électrode exploratrice !**

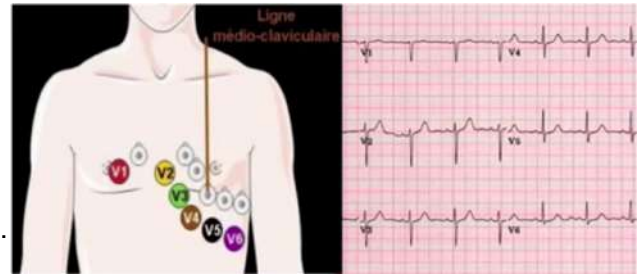
**Hauteur de la déflexion :** elle est proportionnelle à l'intensité du courant induit par le dipôle !

## *Placement des électrodes exploratrices*

Elles sont indiquées par la lettre V

⇒ **V1, V2, V3, V4, V5, et V6**

Elles permettent d'enregistrer le tracé, sur un papier millimétrique qui a toujours une vitesse de déroulement précise et qui code l'intensité du signal de manière précise.



## *Modification de l'intensité du complexe QRS*

⇒ En cas d'infarctus, l'intensité du **complexe QRS** va **diminuer** !!

⇒ Si on a une hypertrophie ventriculaire, l'intensité du **complexe QRS** va cette fois **augmenter** !!

## *Conclusion sur la modélisation de l'ECG*

L'ECG est un outil utilisé dans de nombreux services d'hôpital. Les modélisations des phénomènes électriques cardiaques qu'on utilise un vecteur ou un dipôle, nous on permis de concevoir et d'interpréter le tracé.

*Une dernière partie et c'est terminé promis !!*

## **VI-Interprétation médicale de l'ECG**

On peut faire face à des anomalies de tracé en cas de :

⇒ **Lésion anatomique**

⇒ **Modification du milieu intérieur**

⇒ **Modifications canalaire**



## *Interprétation du tracé en pratique médicale*

Il est possible d'associer un ECG à une maladie cardiaque avec la confrontation **anatomo-clinique**.

Tracés obtenus chez une personne en bonne santé :

⇒ **Définition des tracés normaux**

Tracés obtenus chez une personne malade :

⇒ **Relation symptôme/anomalie de tracés**

Tracés obtenus chez une personne malade qui décède :

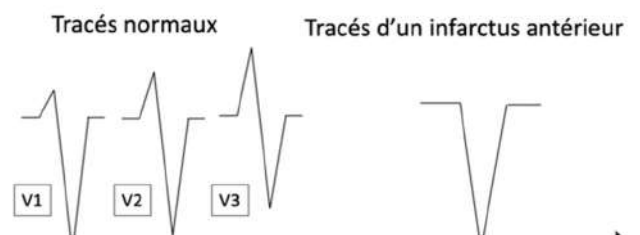
⇒ **Relation lésion anatomique/anomalies de tracé (autopsie)**

Tracés obtenus après induction de lésions chez l'animal en laboratoire :

⇒ **Relation lésions induites/anomalies de tracé.**

### *Exemple de l'interprétation de l'ECG*

En cas d'infarctus, la zone infarctée ne produit plus de potentiel d'action et donne des variations de tracé.



La vascularisation myocardique est faite d'artères qui vont irriguer localement des cardiomyocytes selon des territoires précis.

Grâce aux différents territoires vasculaires, on arrive à comprendre que l'obstruction d'une artère coronaire (*c'est un vaisseau qui vascularise le cœur, vous reverrez ça en anatomie au 2ème semestre*) va entraîner des modifications plus visibles sur certaines dérives.

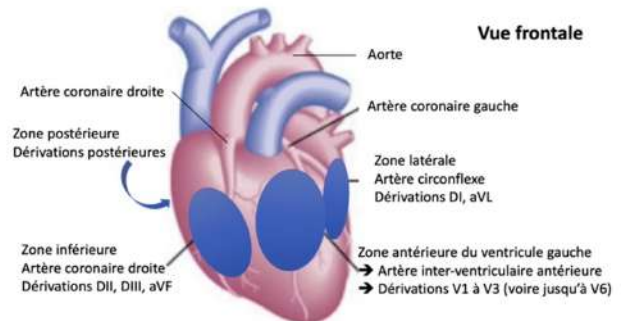
## Le regroupement des dérivations

Il existe des **groupes de dérivations** qui permettent d'analyser la qualité sectorielle de la vascularisation myocardique.

⇒ Le territoire vascularisé par la **coronaire droite** est particulièrement visible sur les dérivations **DII, DIII** et **aVF**.

⇒ Le territoire vascularisé par l'**artère circonflexe** est bien visible sur les dérivations **DI** et **aVL**.

⇒ La zone antérieure du ventricule est vascularisée par l'**artère interventriculaire antérieure** et elle est bien visible sur les dérivations **V1 à V3** (voir jusqu'à V6).



## Conclusion sur l'interprétation médicale de l'ECG

L'ECG permet de se renseigner sur :

- ⇒ Le **rythme** et la **fréquence cardiaque**
- ⇒ L'**orientation de l'axe électrique du cœur dans la poitrine**
- ⇒ La **qualité** de la **perfusion** du myocarde
- ⇒ La présence de certains **troubles électrolytiques** (kaliémie par exemple)
- ⇒ L'**effet de certains médicaments** (sur les canaux ioniques notamment)

*Grosse dédi à Mathis, votre tuteur de biophy. Vous avez de la chance d'avoir un tuteur comme lui !*

*Grosse dédi à Fédé (Féféminem) mon co-tut qui prépare pleins de choses pour vous aider pendant la P1 !*

*Grosse dédi à Marie-Lou, votre tutrice de BDR. Elle c'est vraiment la boss, elle vous sort des fiches, des DMs la totale pour que vous puissiez bien travailler !*

*Grosse dédi à mon homologue de prénom, Enzo de microbio. Lui aussi il vous prépare beaucoup de choses et vous allez voir, la microbio c'est super intéressant !*

*Grosse dédi à Maelis, votre tutrice d'odonto. Vous allez voir elle est super sympa, vous allez adorer l'odonto avec elle !*

*Grosse dédi à Alessandra, votre tutrice d'éthique, aka la matière la plus chill de l'année. Vous allez réviser en paix avec cette amtière !*

*Grosse dédi à Meyli, l'ancienne tutrice d'histo, qui est toujours là pour nous aider nous, les nouveaux tuteurs !*

*Énorme dédi à Manon, la CT log de cette année qui fournit un travail titanesque et qui sans elle, le tutorat ne tiendrait pas debout !*

*Énorme dédi à Manon (encore), la CT ROI de cette année qui gère le discord, le forum et pleins d'autres choses. Sans elle aussi, le tutorat ne tiendrait pas longtemps !*

Le tutorat est gratuit. Toute vente ou reproduction est interdite.

*Et pour terminer, très grosse dédicace à toi qui a lu cette fiche jusqu'au bout. Je sais que ce cours est long et peut être difficile au début. Je me répète encore mais si tu as la moindre question, viens me la poser sur le forum ou sur le discord du tutorat !*

*Bon et bien, c'était ma dernière fiche.... J'espère que mes fiches vous ont plu et qu'elles étaient sympathiques à lire.*

*Je vous souhaite plein de courage pour la suite de cette année, je sais que vous pouvez le faire, je crois en vous.*

*Bisous sur vos petites pompes à sodium*

*EnzOsmole*

