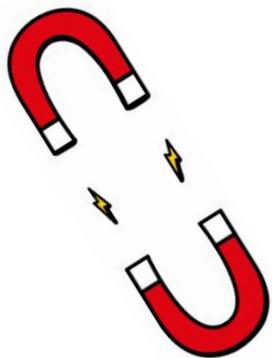


Tous droits réservés Tutorat Santé Brestois ©
Toute diffusion et reproduction, totale ou
partielle, de ce document est interdite

PASS/L.AS

Dipôles Électriques



Stage de Pré-Rentrée 2025
Pôle Biophysique/Physiologie

Inspiré du cours du Professeur Salaün



Petit message d'avertissement avant de commencer :

Nous vous rappelons que ce diaporama, réalisé par des étudiants, est une aide et **non un support de cours officiel** et ne peut donc pas être considéré comme un ouvrage de référence lors de l'examen de PASS ou de L.AS.

Il se base sur le **cours de l'année précédente** qui peut être **amené à être modifié** dans sa forme et son contenu au bon vouloir du professeur.

Have fun ;)



Sommaire

Introduction

1. Définitions

2. Dipôles

3. ECG

4. Applications



Introduction

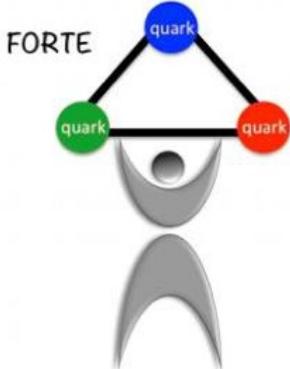
3 grands systèmes de forces :

ELECTROMAGNÉTIQUE

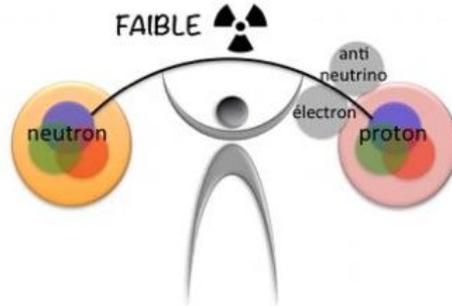


- Gravitation (Newton)
- Electromagnétisme (Maxwell)
- Forces nucléaires (forte et faible)

FORTE



FAIBLE

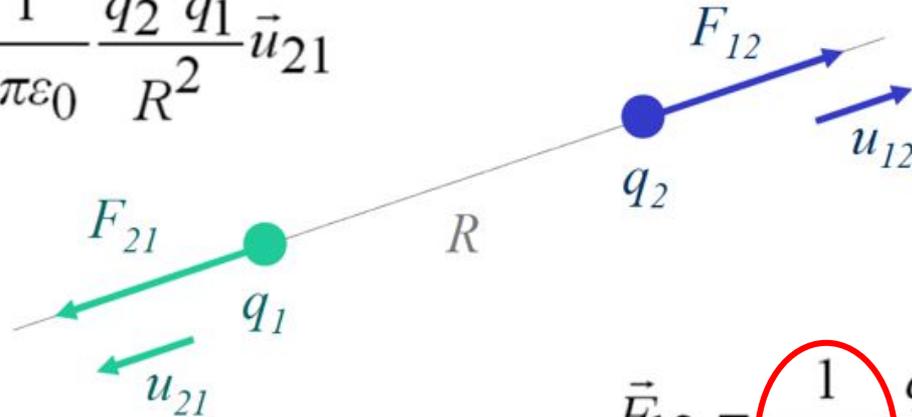


1. Définitions

A. Loi de Coulomb

La loi de Coulomb s'exerce entre deux particules **chargées**.

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_1}{R^2} \vec{u}_{21}$$



Sa force F est fonction de :

- La **charge** de la particule.
- La **distance** entre les particules.

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{R^2} \vec{u}_{12}$$

Constante de Coulomb



1. Définitions

A. Loi de Coulomb

- Force d'une particule chargée par rapport à une autre particule chargée (=> 2 forces).
- Plus on **s'éloigne**, plus l'**interaction est faible**.
- Plus la **charge** de la particule est **forte**, plus la **force** est grande.
- Si les deux charges sont de **même signe**, les particules se **repoussent**.
- Si les deux charges sont de **signes opposés**, les particules **s'attirent**.

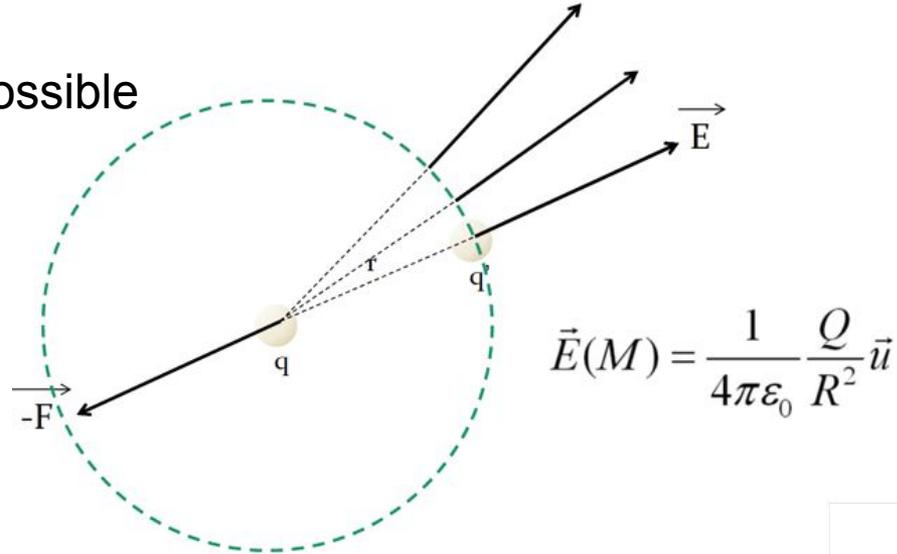
$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_2 q_1}{R^2} \vec{u}_{21}$$



1. Définitions

B. Champ Électrique

= **sphère d'interaction** possible
d'une particule chargée



C'est un champ **isotrope** car chaque particule qui entre dans cette sphère en un point spatial donné, aura la même interaction, et ce, peu importe sa direction. Plus la particule sera éloignée, plus l'interaction sera faible.

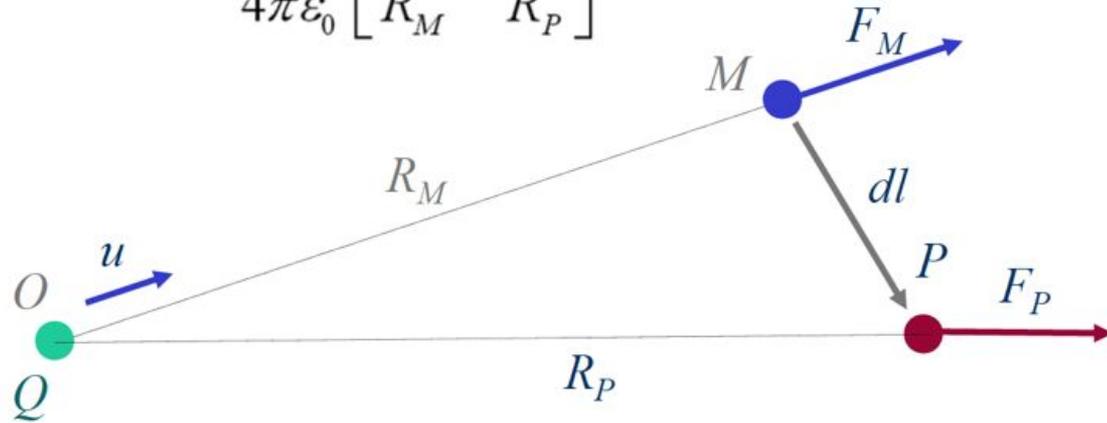
Le champ total est la somme **vectorielle** des champs unitaires.



1. Définitions

C. Le Travail

$$W(M, P) = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{1}{R_M} - \frac{1}{R_P} \right]$$



Le travail W est une **énergie** qui dépend seulement de la distance entre les charges (et non pas de la trajectoire).

Le travail d'un dipôle est toujours POSITIF.

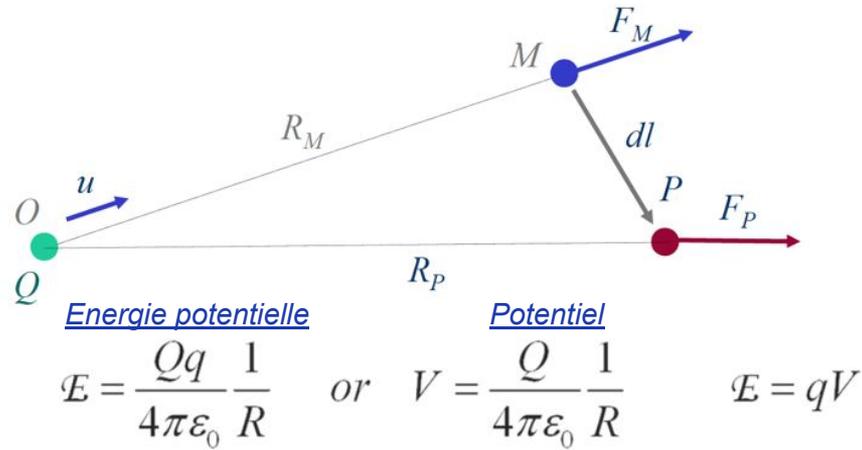
2 charges de même signe = éloignement

2 charges de signe différent = rapprochement



1. Définitions

D. Le Potentiel



Contrairement au champ E , le potentiel V est une valeur scalaire (ou algébrique) et non vectorielle.

Le potentiel total est la somme algébrique des potentiels unitaires.

Le champ électrique en un point s'obtient donc par la dérivation du potentiel en un point.



1. Définitions

E. Résumé

Potentiel : $V = k \times (q_a/r)$ $\xrightarrow{\quad \times q_b \quad}$ Energie potentielle : $E = k \times (q_a \times q_b/r)$

Valeurs scalaires/algébriques

Dérivation

Dérivation

Valeurs vectorielles

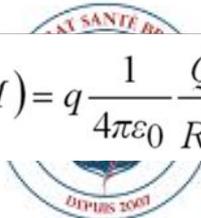
Champ :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^2} \vec{u}$$

$\times q_b$

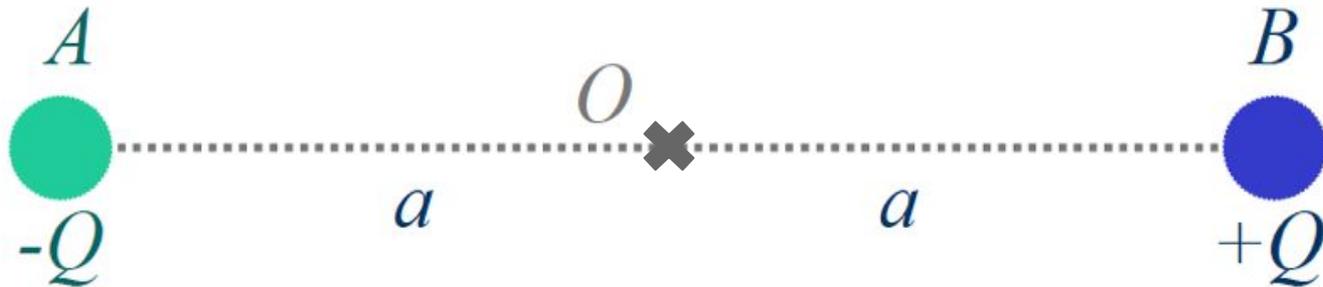
Force :

$$\vec{F}(M) = q \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^2} \vec{u}$$



2. Les Dipôles

A. Définitions



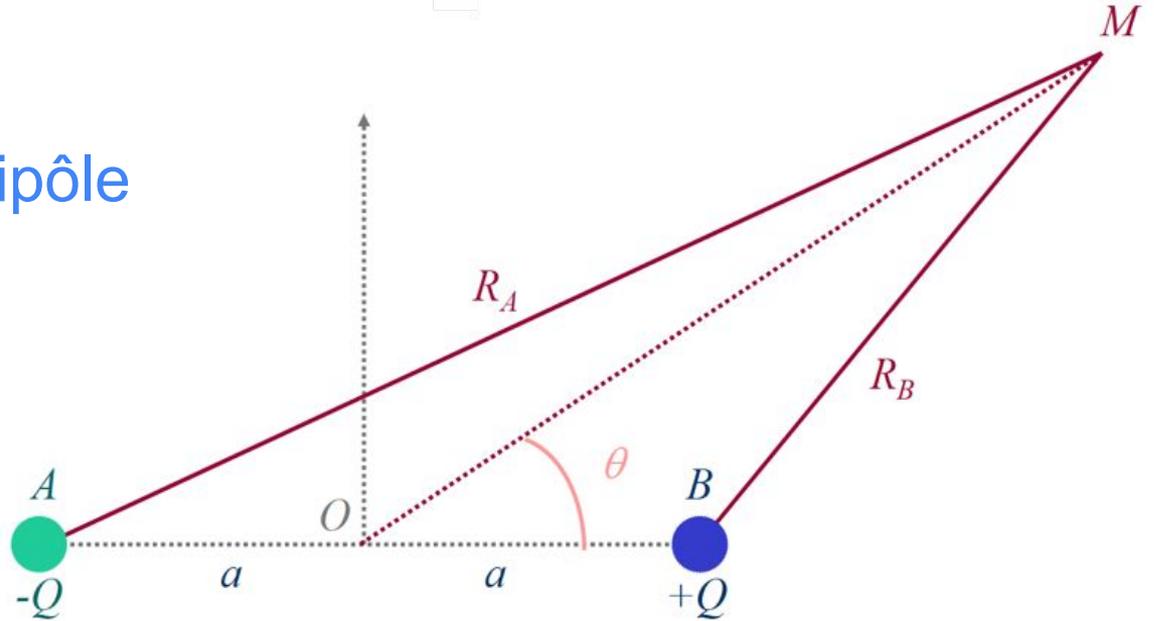
Un dipôle électrique se compose de 2 particules chargées de module identique (même intensité en valeur absolue) mais de signe opposé ($-Q$ et $+Q$) respectivement placées en 2 points distants, ici $d = 2a$, la distance est fixe.



2. Les Dipôles

B. Potentiel du dipôle

$$V(M) = V_A(M) + V_B(M)$$



Distance d très faible par rapport à la distance à laquelle le potentiel est mesuré (au point M).
Les charges se **confondent** et le dipôle apparaît **neutre** !!

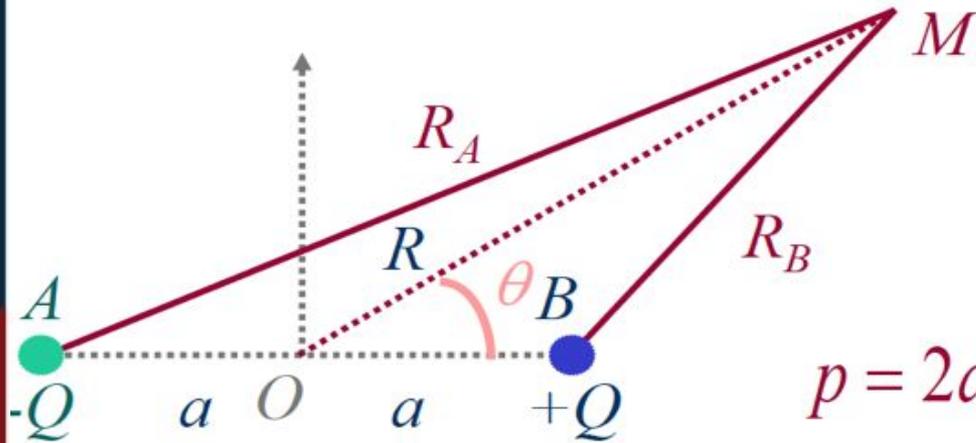
À retenir : un dipôle est **globalement neutre** mais composé de **particules chargées**.

Tout comme une charge unique, un dipôle crée un **potentiel** et donc un **champ**.



2. Les Dipôles

B. Potentiel d'un dipôle



Rappel formule potentiel d'une unique particule :

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

$$p = 2aQ$$

$$V(M) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos \theta}{R^2}$$

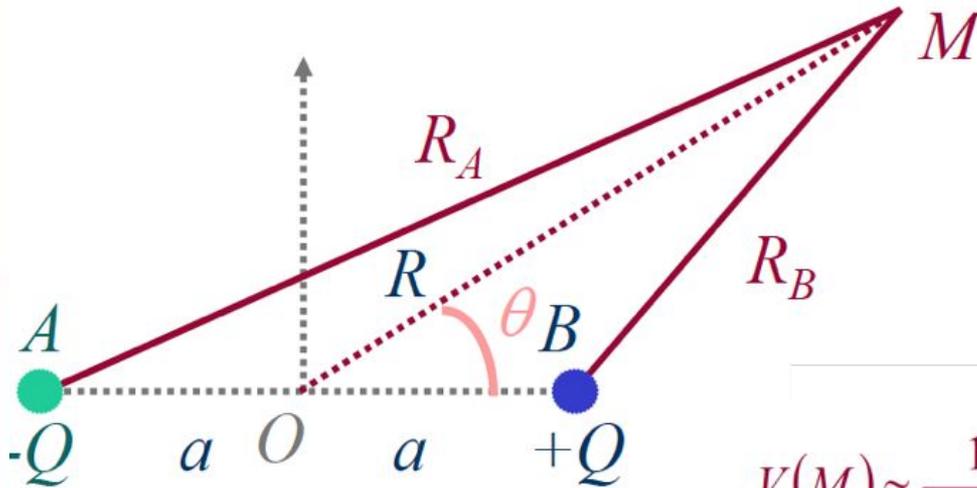
Le potentiel du dipôle s'affaiblit plus vite que celui de la charge unique
=> **rayon d'action plus court.**



$p = 2aQ$: moment dipolaire (C.m)

2. Les Dipôles

B. Potentiel d'un dipôle

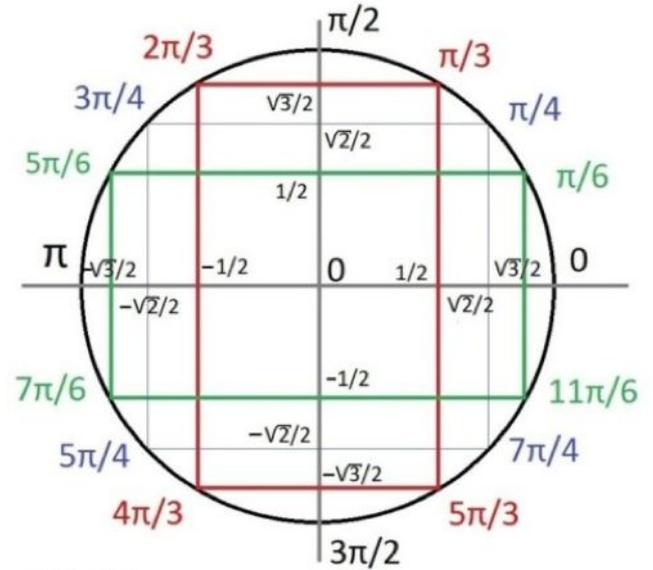


$$V(M) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{p \cos\theta}{R^2}$$

Potentiel **max** lorsque $\theta = 0$ ou π .

Minimum lorsque $\theta = \pi/2$

anisotrope

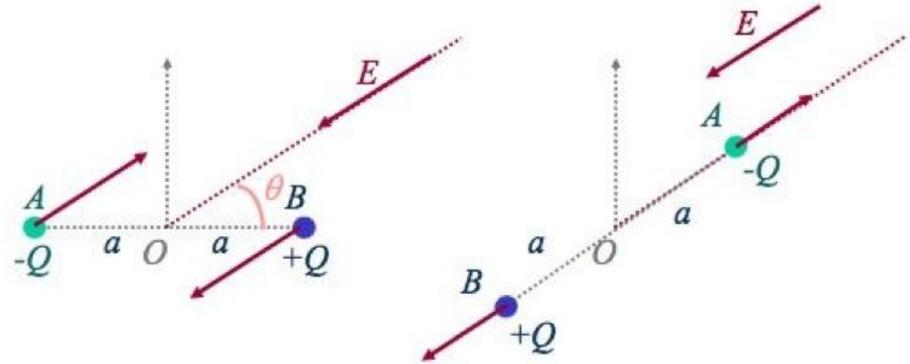
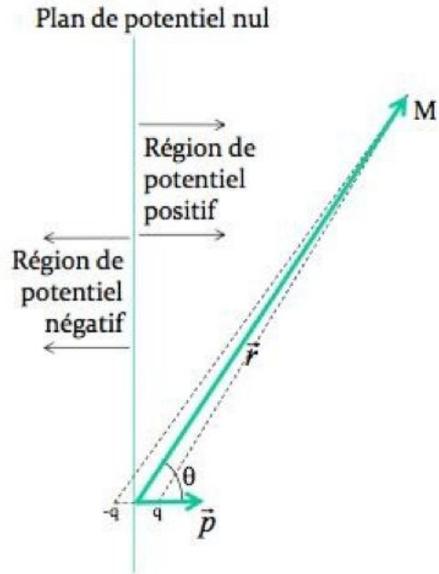


methodemaths.fr



2. Les Dipôles

C. Potentiel d'un dipôle et action d'un champ externe



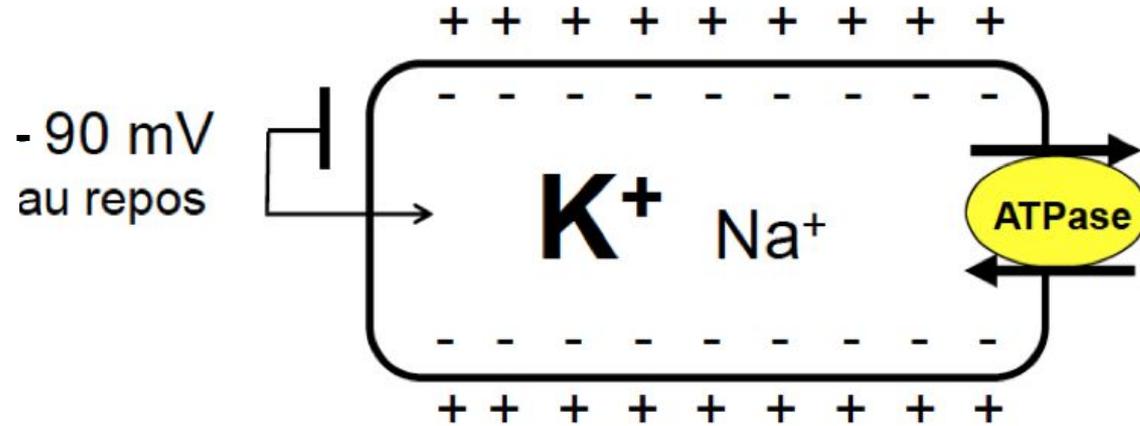
L'action d'un champ externe sur un dipôle a pour effet la rotation et l'alignement de celui-ci dans l'axe du champ.

Un dipôle est asymétrique.



2. Les Dipôles

D. Potentiel créé par un feuillet



Le potentiel de membrane est lié à l'**inégale répartition des ions** de part et d'autre de la membrane.

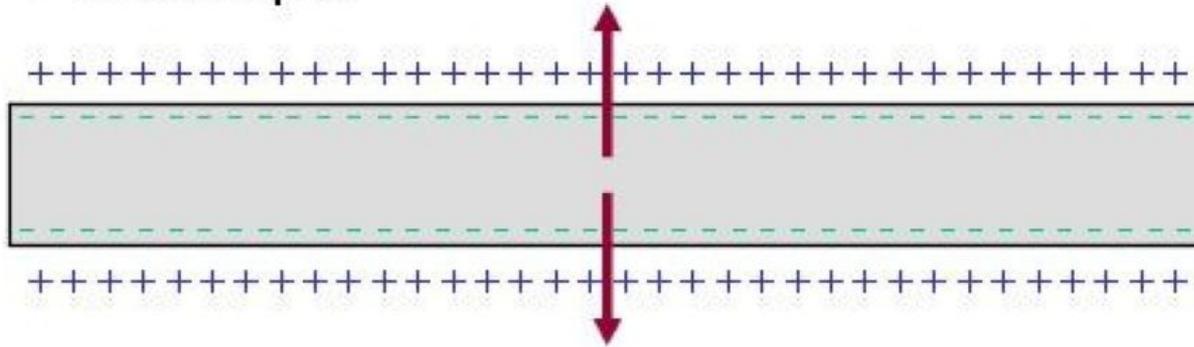
Différence maintenue par la **pompe Na^+/K^+ ATPase**.



2. Les Dipôles

D. Potentiel d'une fibre

- Fibre au repos



Moment dipolaire total nul

Au **REPOS** :

* **l'extérieur** d'une ϕ = toujours chargé **+**

* **l'intérieur** = toujours chargé **-**

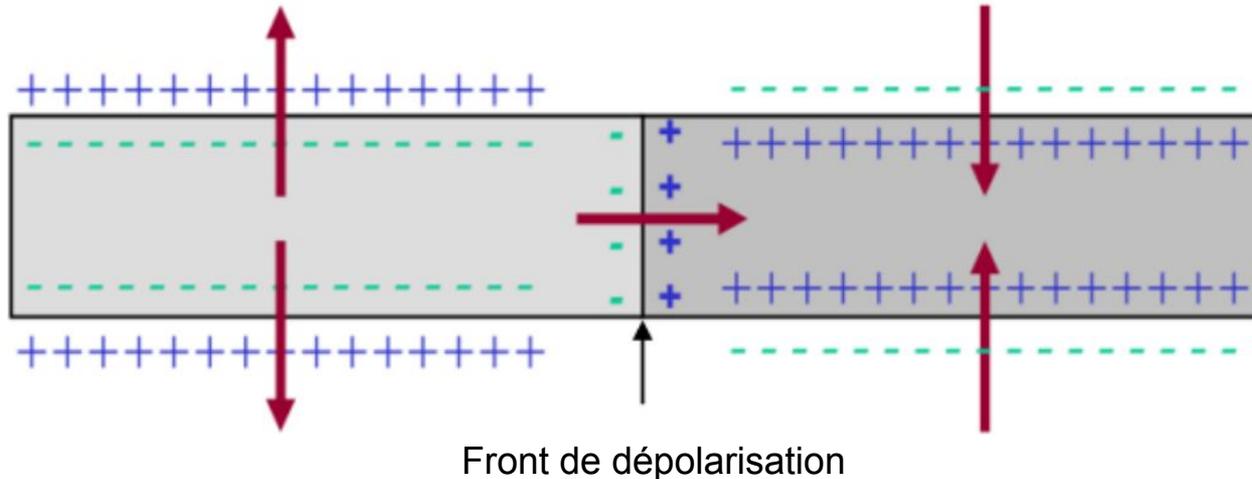
Moment dipolaire global = somme de tous les moments dipolaires unitaires



2. Les Dipôles

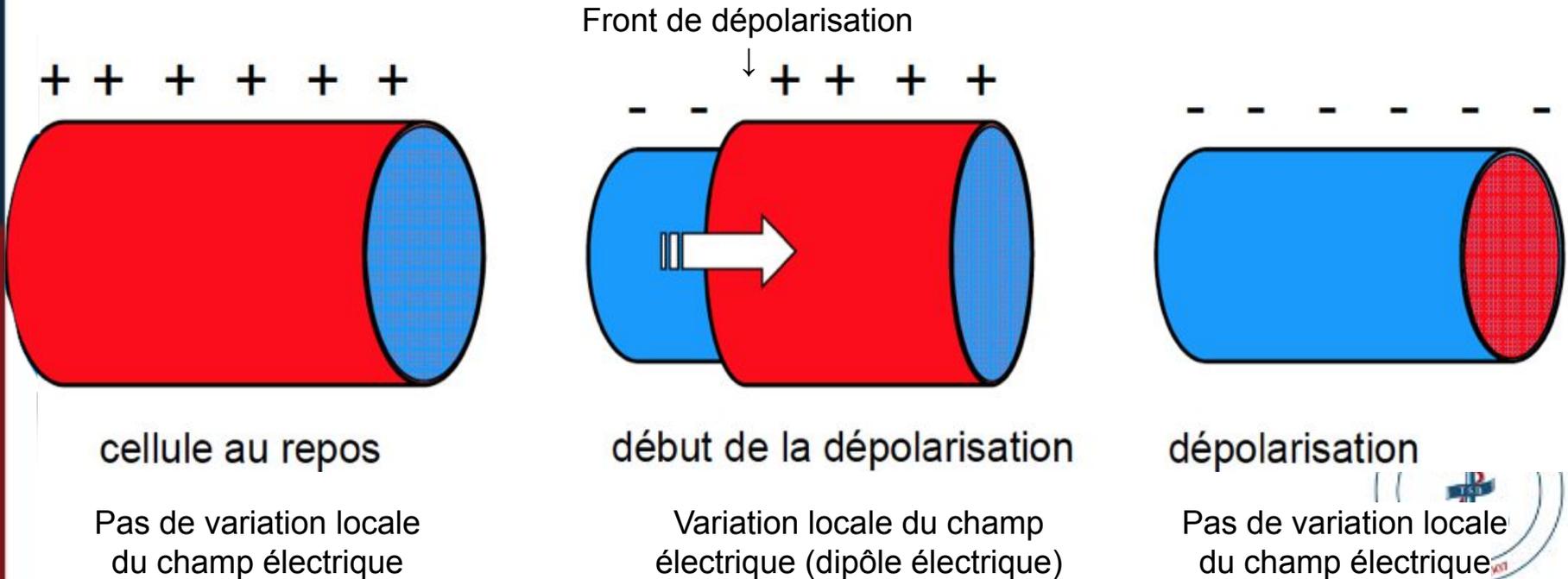
D. Potentiel d'une fibre

Les phénomènes de polarisation / dépolarisation sont à l'origine de variations locales du champ électrique.



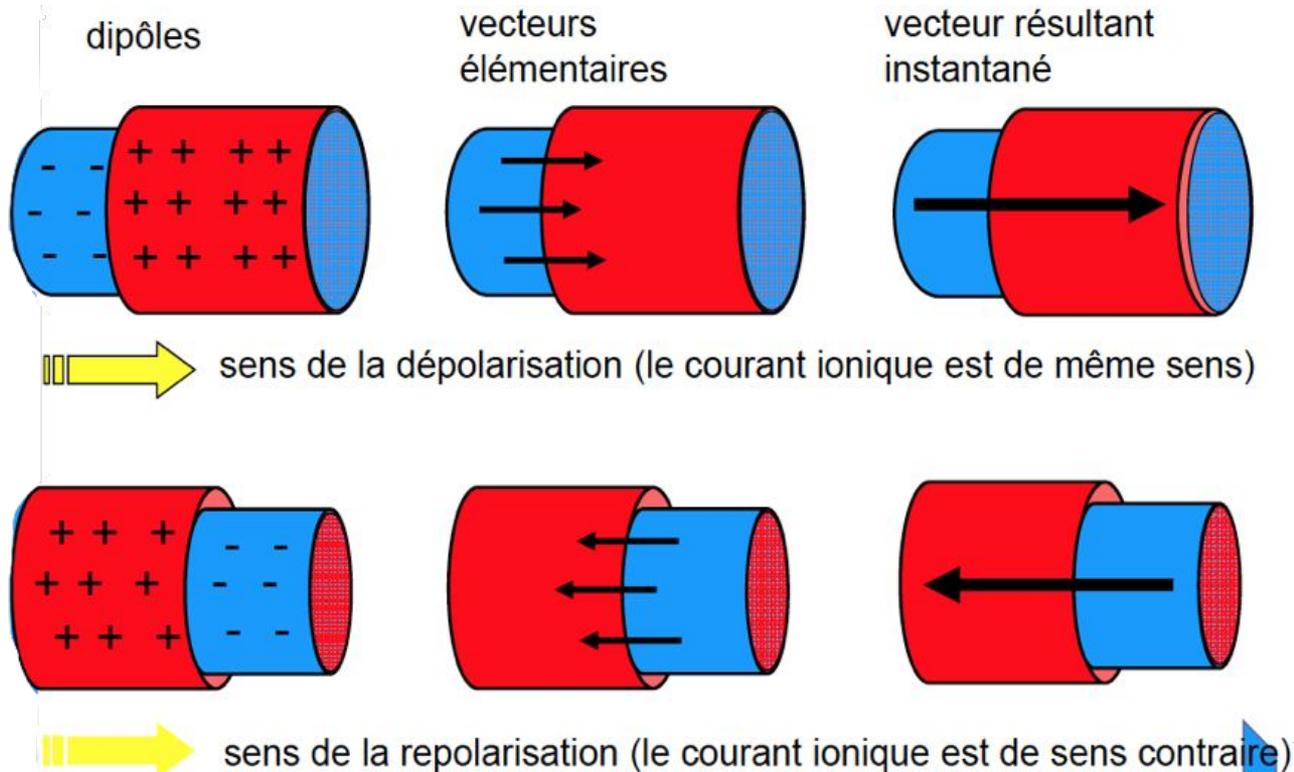
2. Les Dipôles

E. Dépolarisation d'une fibre



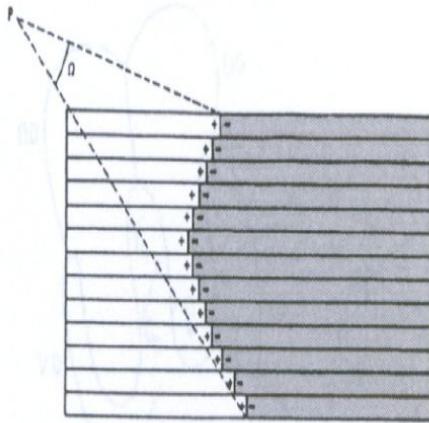
2. Les Dipôles

F. Mouvements ioniques



2. Les Dipôles

G. Dépolarisation d'un ensemble de fibres



=

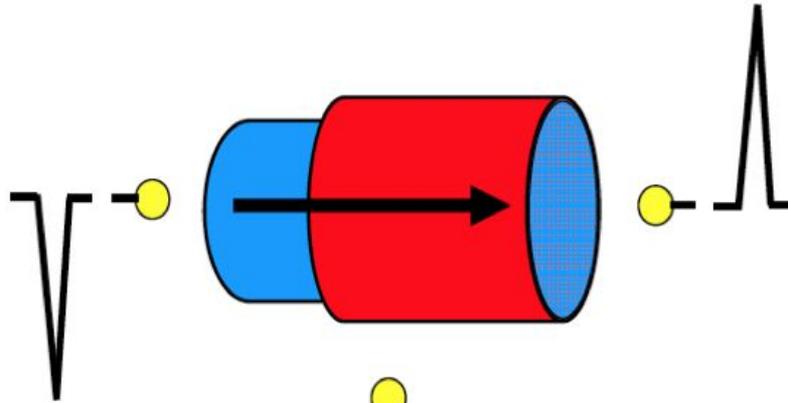
Résultant Global

Un ensemble de fibres se dépolarisant en même temps est assimilable à un **dipôle unique** orienté de la zone dépolarisée vers la zone de repos.



2. Les Dipôles

H. Inscription graphique selon la position de l'électrode



A l'opposé une électrode qui voit fuir la dépolarisation recueille un potentiel négatif.

Une électrode qui voit venir la dépolarisation recueille un potentiel positif.

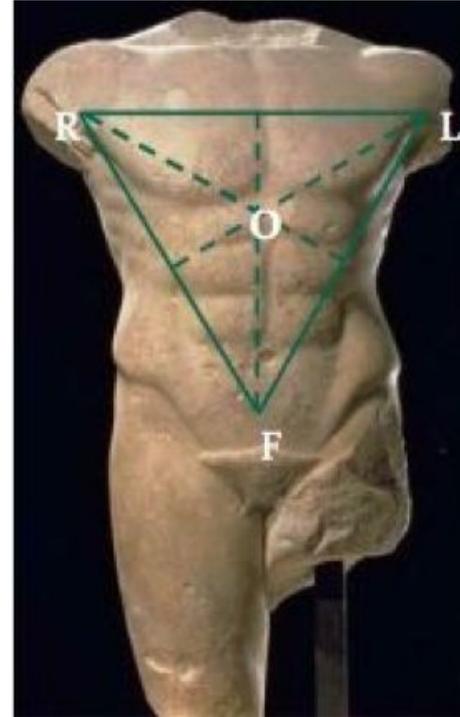


3. ECG

A. Théories d'Einthoven

1ère hypothèse :

L'activité électrique du cœur est, à chaque instant, assimilable à un dipôle électrique UNIQUE.

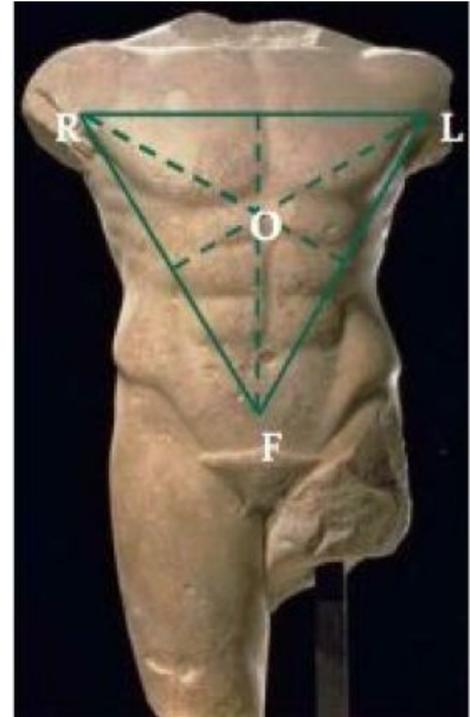


3. ECG

A. Théories d'Einthoven

2ème hypothèse :

L'origine du dipôle cardiaque est au centre d'un triangle **équilatéral** dont les sommets sont à la racine des membres supérieurs et au pubis. (Il se trouve d'ailleurs dans le ventricule gauche (masse musculaire prédominante)).



3. ECG

A. Théories d'Einthoven

3ème hypothèse :

Les membres sont de simples conducteurs linéaires. Le corps constitue un milieu de résistivité homogène.



3. ECG

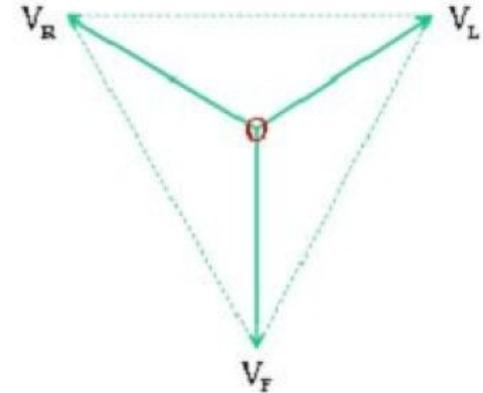
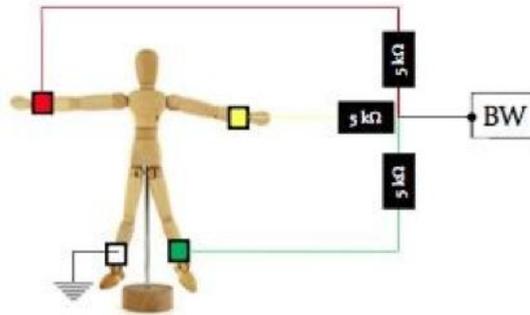
B. Borne centrale de Wilson

La BW est obtenue en raccordant entre elles les électrodes R, L et F.

$V_R + V_L + V_F = 0$, (au niveau vectoriel) constant dans le temps, peut être pris comme potentiel de référence.

$$BW = (R + L + F) / 3 = 0$$

$$V_R = R - BW$$



3. ECG

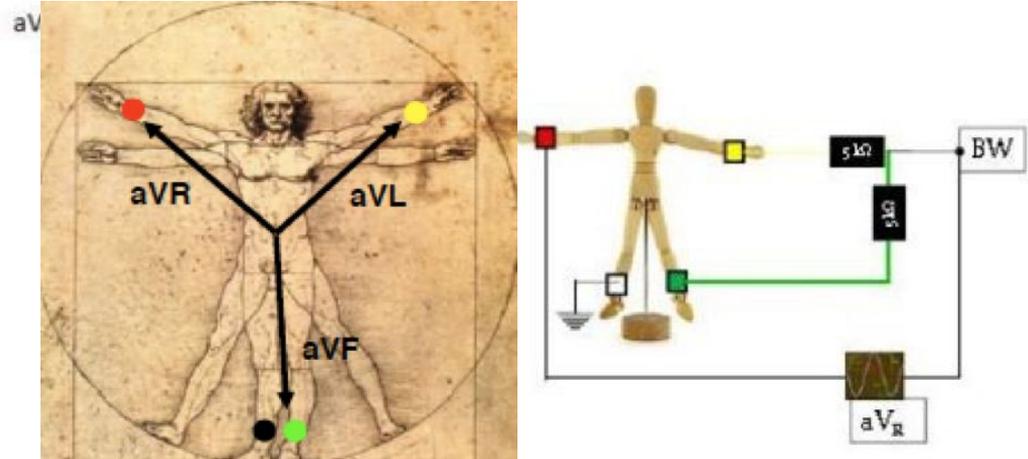
B. Borne centrale de Wilson

Loi de Goldberger :

Si on déconnecte R de BW on obtient aVR :

$$aVR = 3/2 VR$$

aVR = VR augmenté



aVR : signal augmenté entre BW et **membre supérieur Droit** (R pour right)

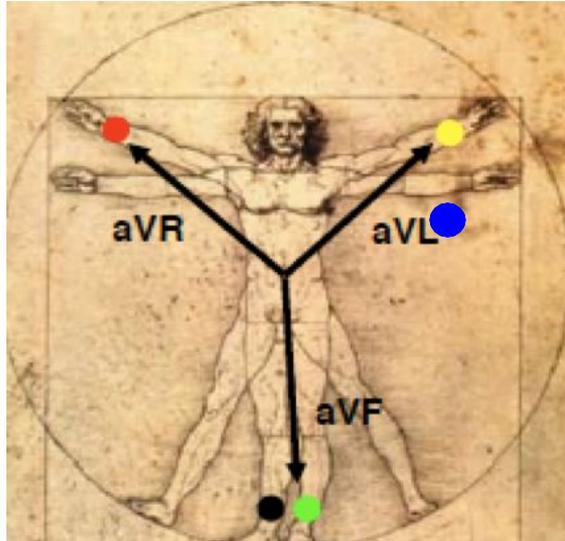
aVL : signal augmenté entre BW et **membre supérieur Gauche** (L pour left)

aVF : signal augmenté entre BW et **membre inférieur** (F pour feet)



3. ECG

C. Dérivations bipolaires standards (plan frontal)

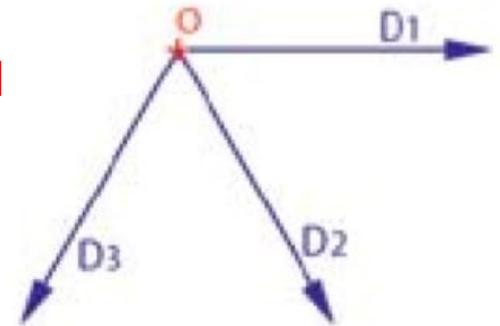


Loi d'Einthoven : **D1 + DIII = DII**

D1 : entre **aVR** et **aVL**

D2 : entre **aVR** et **aVF**

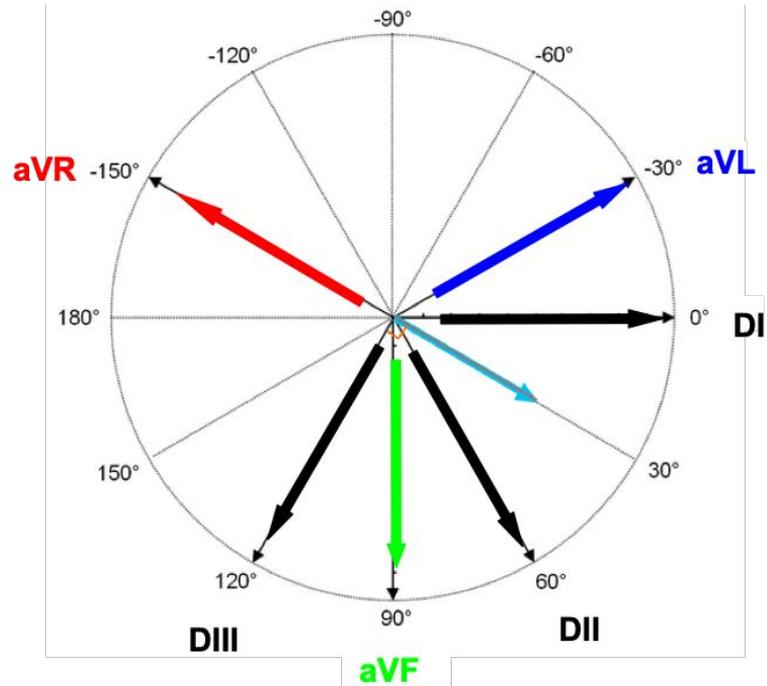
D3 : entre **aVL** et **aVF**



3. ECG

D. Le double triaxe de Bailey

Associe 3 dérivations bipolaires et 3 dérivations unipolaires



Valeurs d'angles **À SAVOIR** :

DI : 0°

DII : $+60^\circ$

aVF : $+90^\circ$

DIII : $+120^\circ$

aVR : -150°

aVL : -30°



3. ECG

E. Signal ECG

Dérivations précordiales (plan horizontal)

Pour info :

V1 = 4ème Espace Intercostal (EIC)

Droit

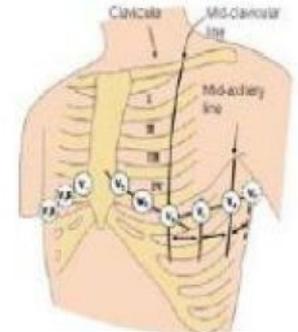
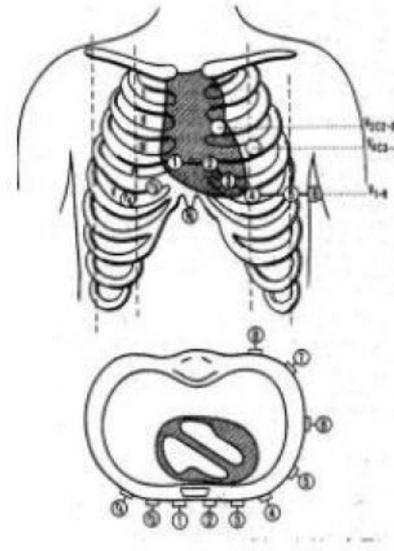
V2 = 4e EIC G

V3 = entre V2 et V4

V4 = 5e EIC G ligne médio-claviculaire

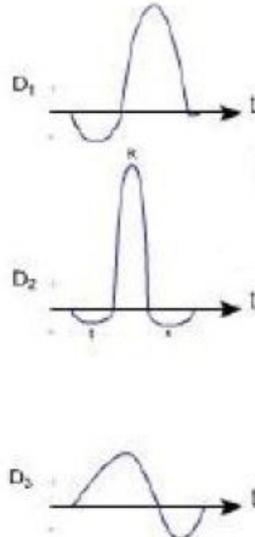
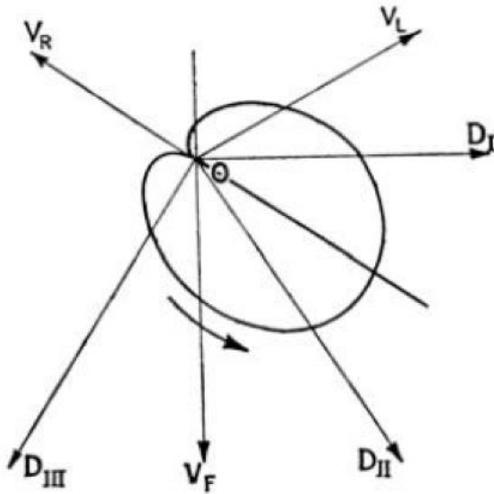
V5 = intersection ligne axillaire antérieure et horizontale / V4

V6 = intersection ligne axillaire moyenne et horizontale / V4



3. ECG

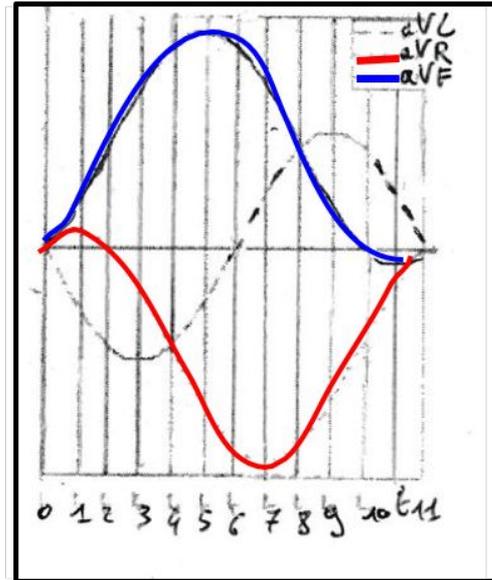
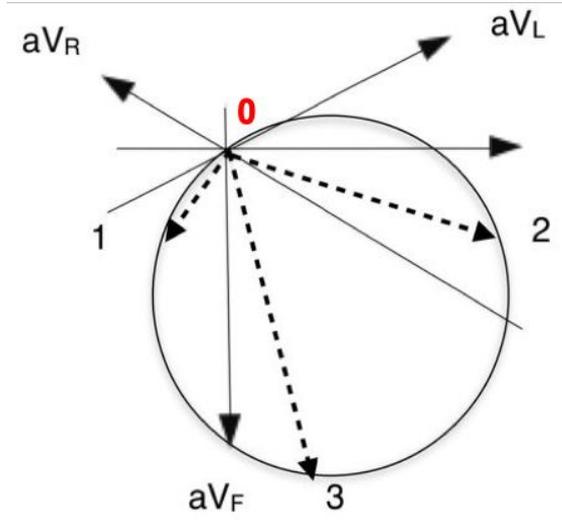
F. Applications : le double triaxe de Bailey et le vectocardiogramme



Le vectocardiogramme utilisé dans l'ECG s'obtient par superposition du double triaxe de Bailey avec un tracé qui représente l'avancée du front de dépolarisation dans le coeur.



4. Applications

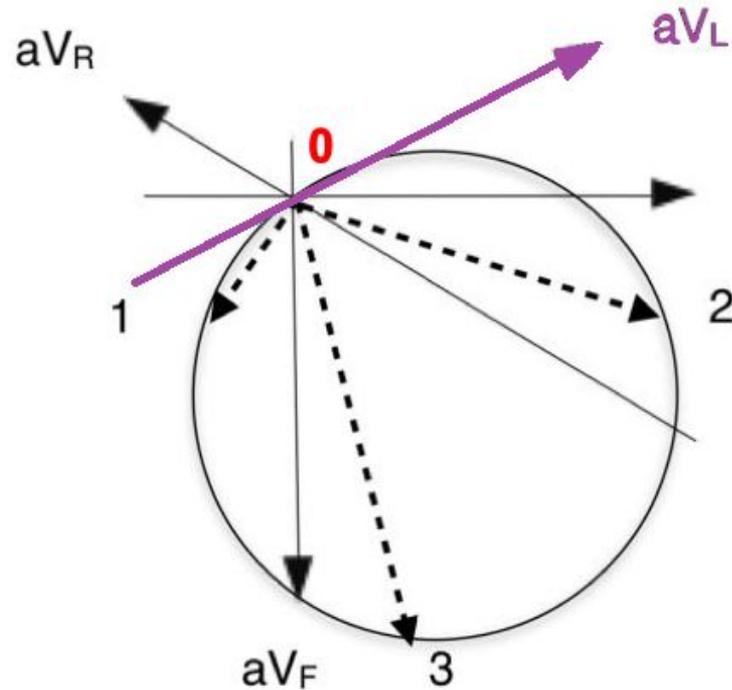


Le croisement des axes est considéré comme l'origine.

⇒ Comment passer d'une figure à l'autre ?



4. Applications

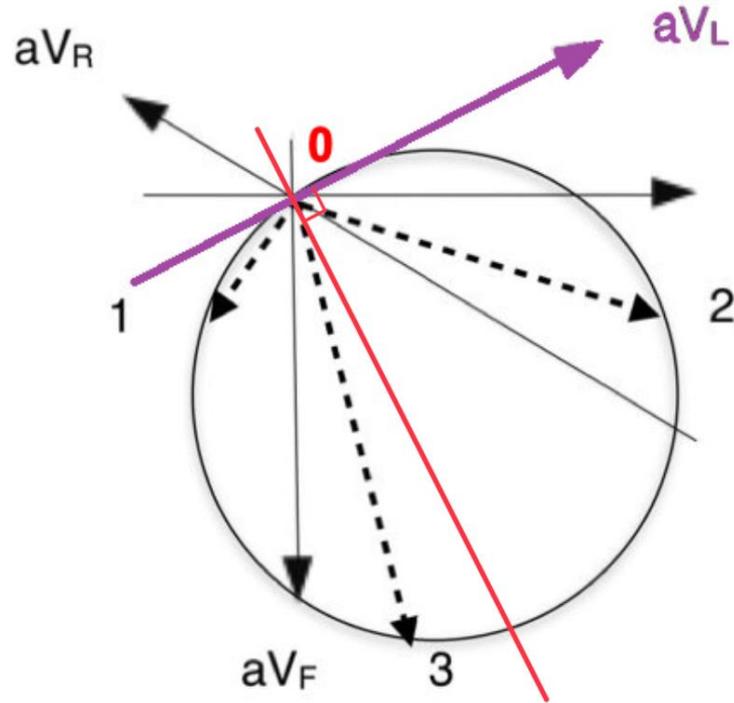


Prenons l'exemple d' aV_L . Pour chacune des dérivations unipolaires augmentées, on identifie facilement **3 moments dipolaires différents**.



4. Applications

Moment dipolaire 1 :
le changement de signe

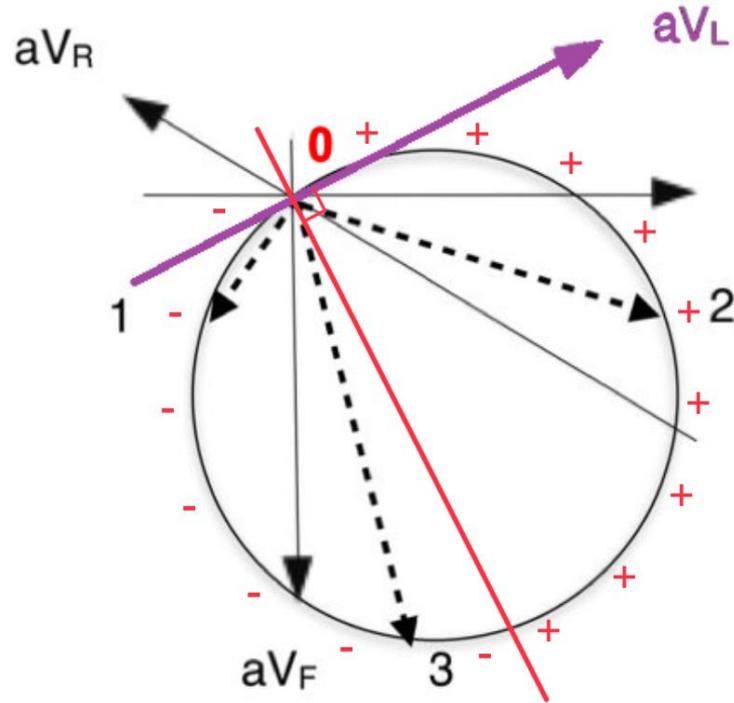


On trace une droite **perpendiculaire** à la dérivation, qui passe par l'**origine** du cercle.



4. Applications

Moment dipolaire 1 : le changement de signe



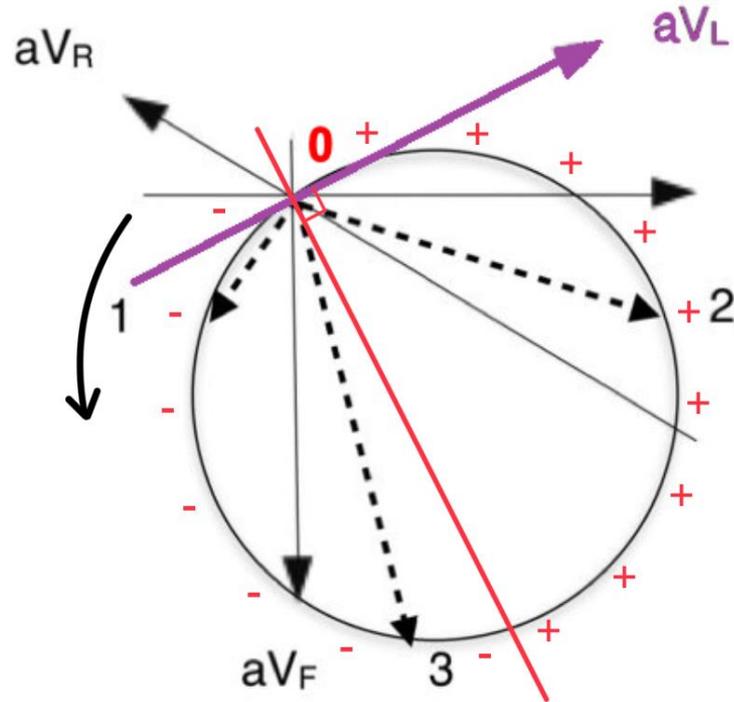
On se place de part et d'autre de la flèche en fonction de cette droite:

- du côté "flèche", on est dans le positif (+)
- du côté "trait", on est dans le négatif (-)



4. Applications

Moment dipolaire 1 :
le changement de signe



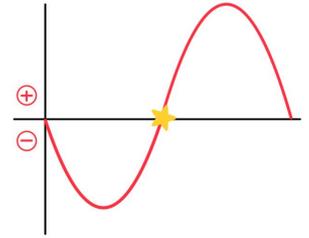
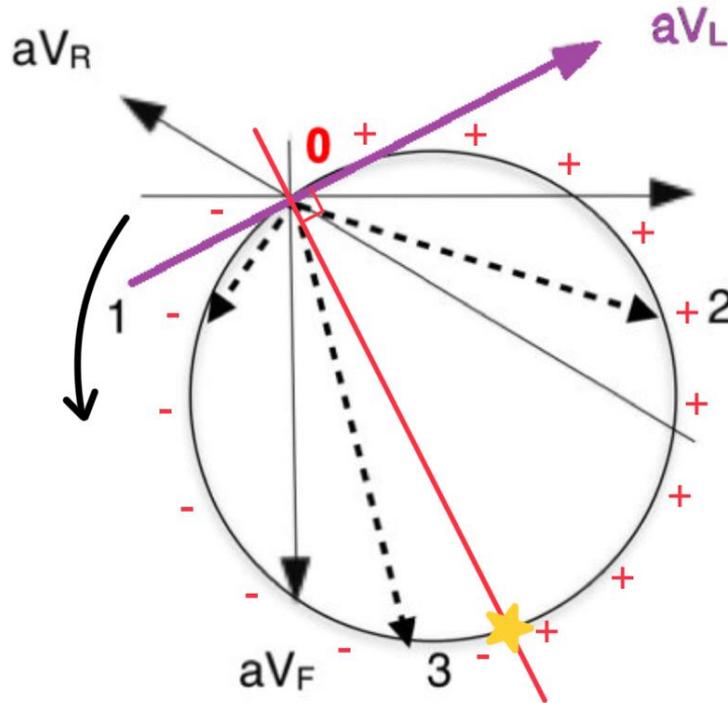
**!! SENS
ANTI-HORAIRE
!!**

!! Le cercle est dans un sens anti-horaire !!



4. Applications

Moment dipolaire 1 : le changement de signe



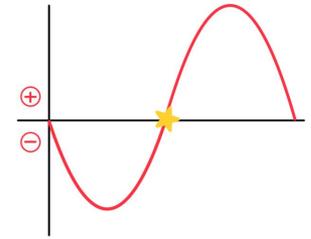
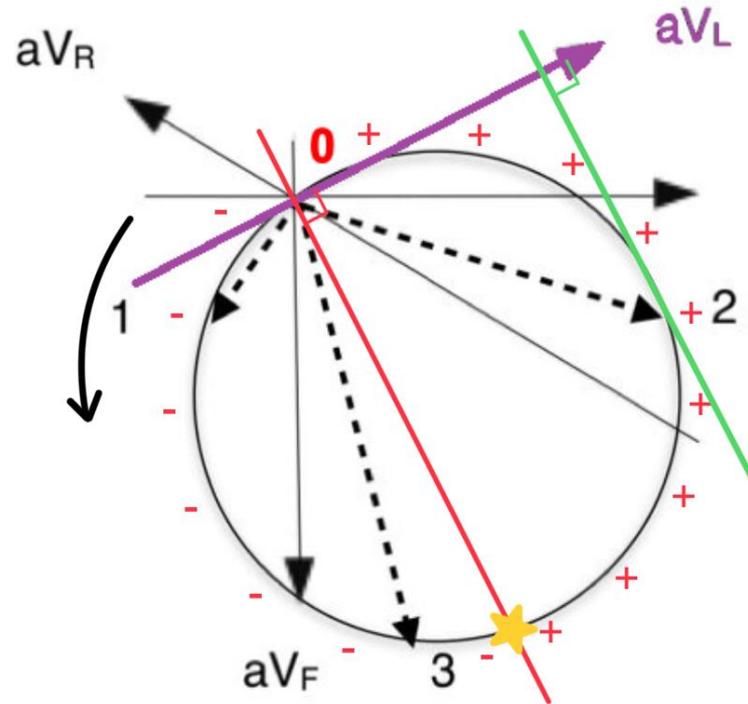
La courbe d'aVL est donc **négative puis positive**.

Le changement de signe est repéré par l'étoile, et il se situe à peu près au milieu du tracé de la courbe d'aVL.



4. Applications

Moment dipolaire 2 :
le maximum positif



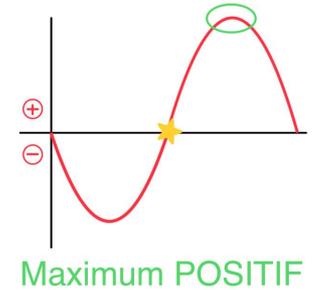
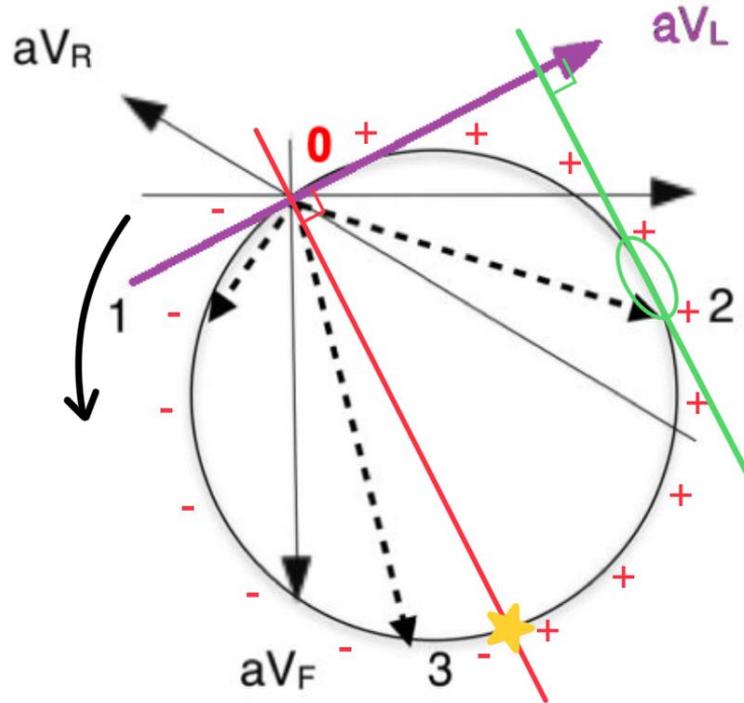
On se place du côté **positif** de la dérivation.

On trace une droite **perpendiculaire** à la dérivation et **tangente** au cercle.



4. Applications

Moment dipolaire 2 :
le maximum positif

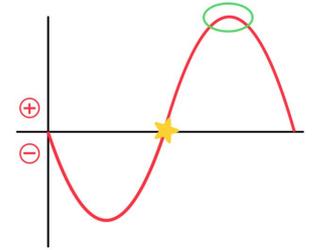
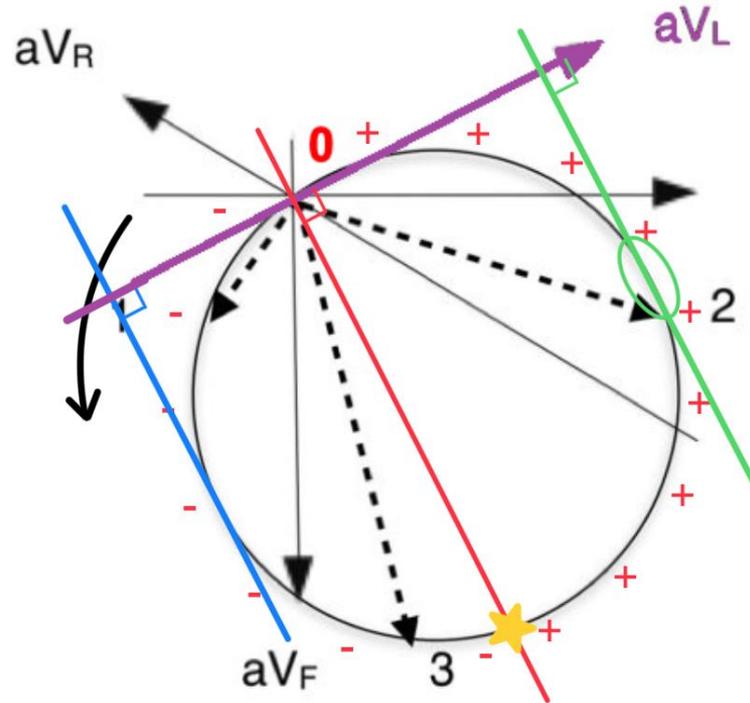


Ce moment dipolaire correspond au **maximum positif** de la courbe de la dérivation concernée, ici aVL.



4. Applications

Moment dipolaire 3 :
le maximum négatif
(ou minimum)



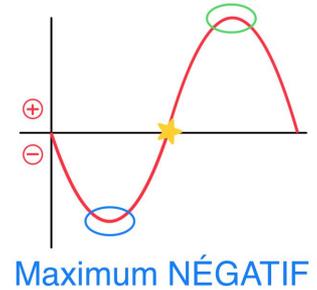
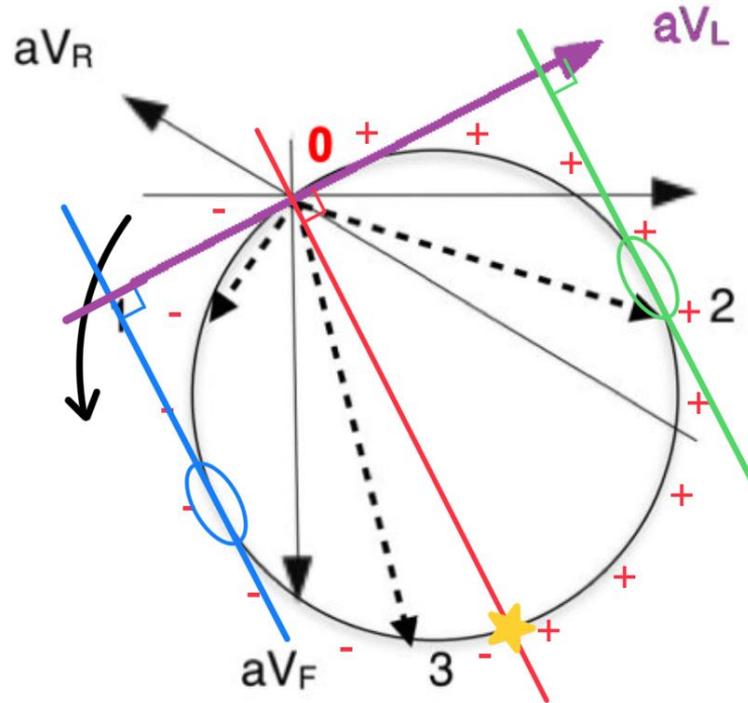
On se place du côté **néga**tif de la dérivation.

On trace une droite **perpendiculaire** à la dérivation et **tangente** au cercle.



4. Applications

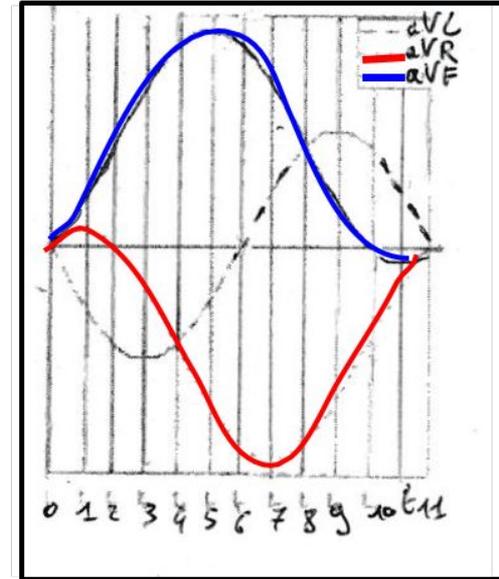
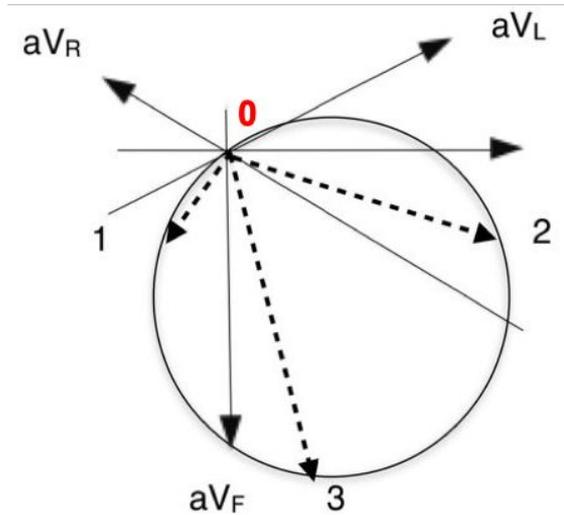
Moment dipolaire 3 :
le maximum négatif
(ou minimum)



Ce moment dipolaire correspond au **maximum négatif** ou **minimum** de la courbe d' aV_L .



4. Applications

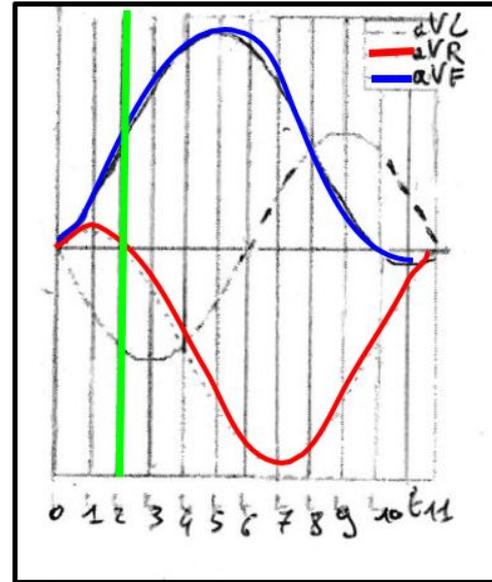
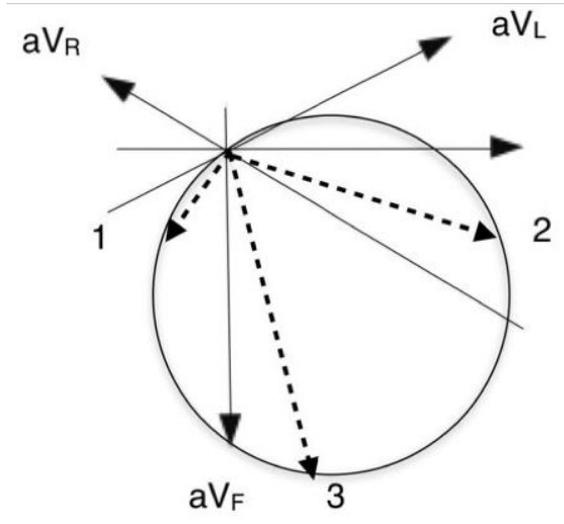


Exemple : Le moment dipolaire du coeur en 1 correspond à l'enregistrement en aVR en t2.

Vrai ou faux ?



4. Applications

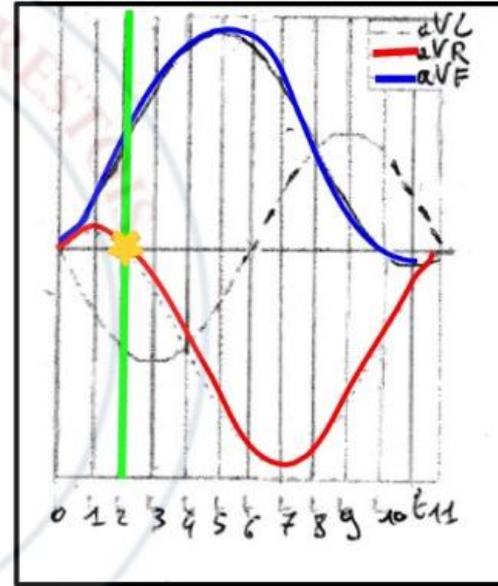
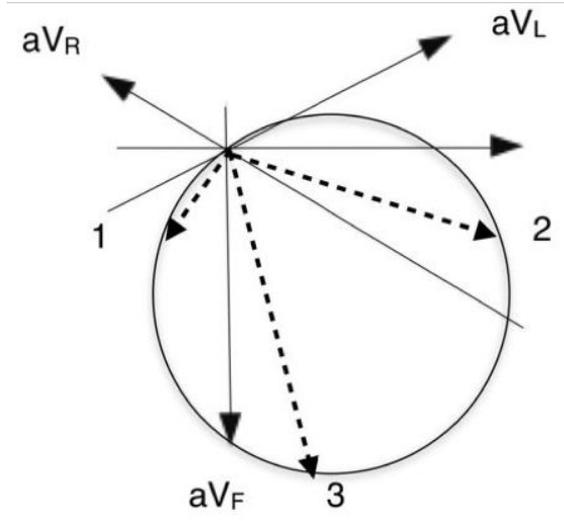


1ère étape : Commencer par repérer sur le graphique le temps donné (t_1 , t_2 , t_3 ...) et remonter jusqu'à la courbe qui nous intéresse.

Ici nous sommes à t_2 et nous nous intéressons à aVR donc à la courbe rouge.



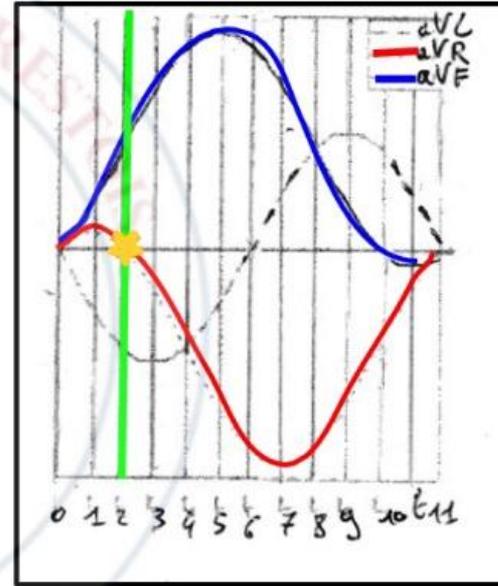
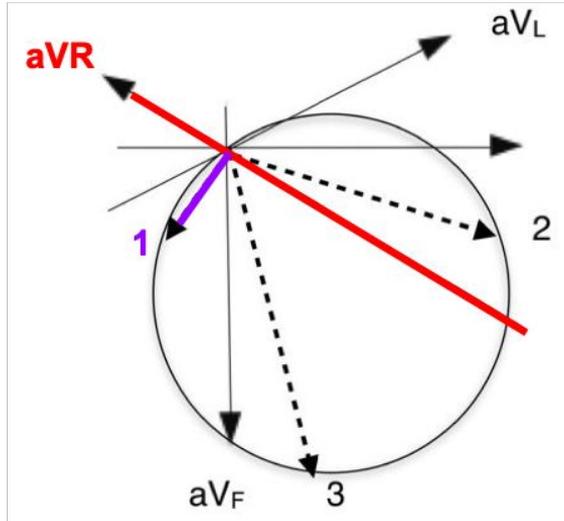
4. Applications



2ème étape : Regarder si l'on atteint la courbe dans une zone positive, une zone négative ou au moment où elle croise l'abscisse, (c'est-à-dire où elle est nulle).

Ici nous nous intéressons à aV_R qui est nulle en t_2 .

4. Applications

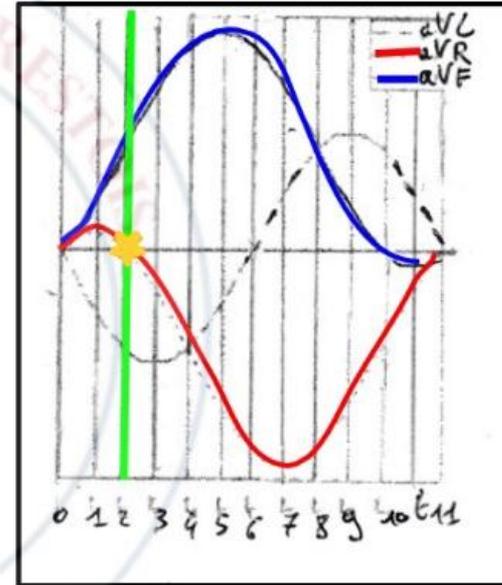
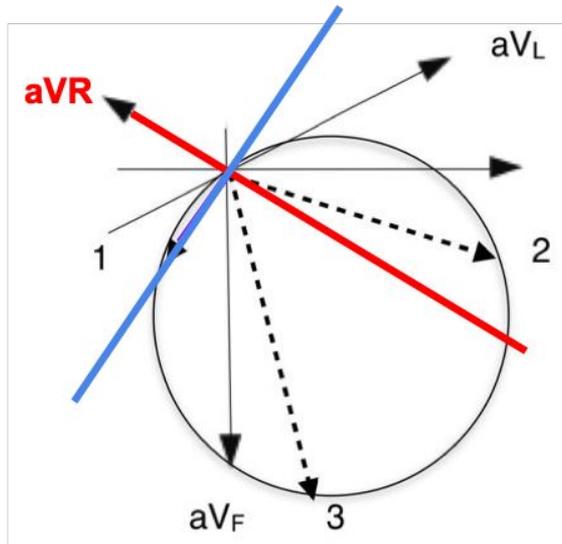


3ème étape : Retourner sur le double triaxe, ne s'intéresser qu'à la dérivation (aVL, aVR ou aVF) et au moment dipolaire dont il est question.

Ici nous nous intéressons à aVR et au moment dipolaire 1.



4. Applications

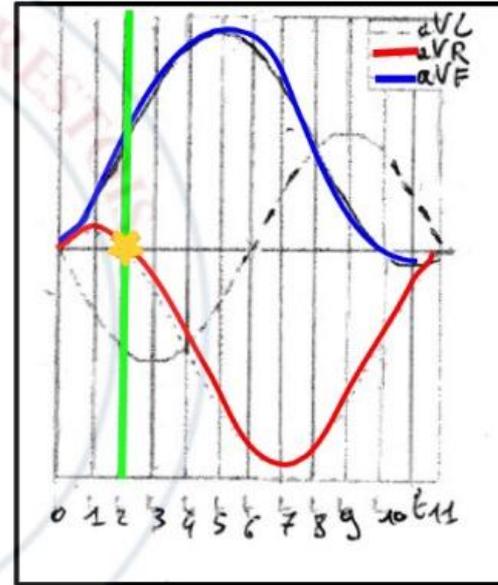
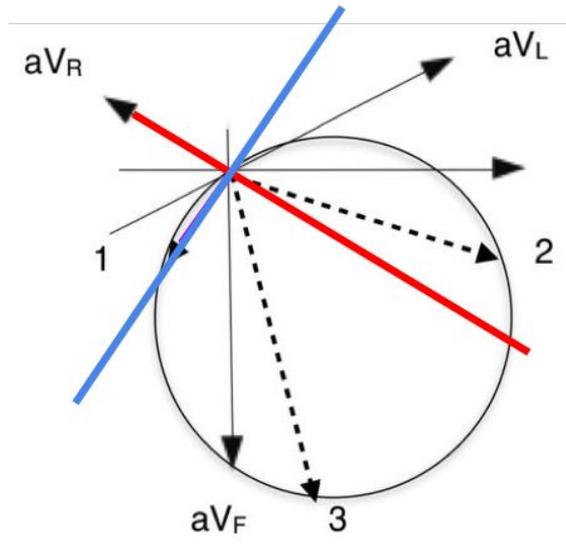


4ème étape : Tracer la droite du moment dipolaire qui nous intéresse.

*Ici, on cherche le moment dipolaire de **changement de signe**. Donc on trace une droite perpendiculaire au vecteur d'aVR qui passe par l'origine.*



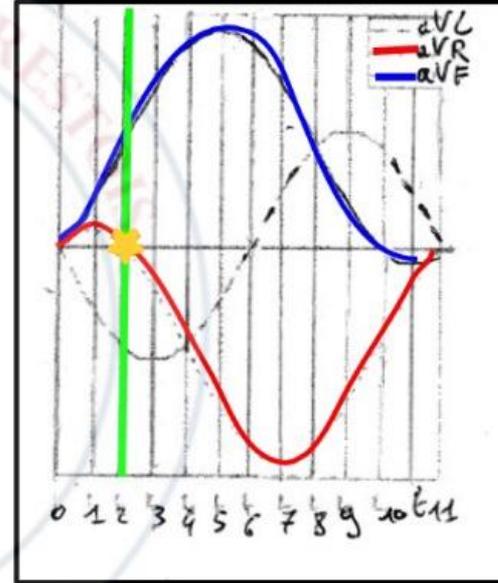
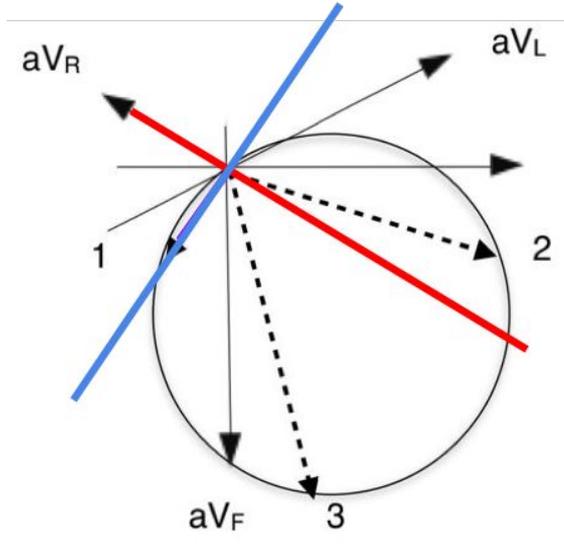
4. Applications



5ème étape : On regarde si la droite tracée et le moment dipolaire auquel on s'intéresse coïncident. Ici, le moment dipolaire 1 est aligné avec la droite de changement de signe. Ces deux éléments coïncident bien.



4. Applications

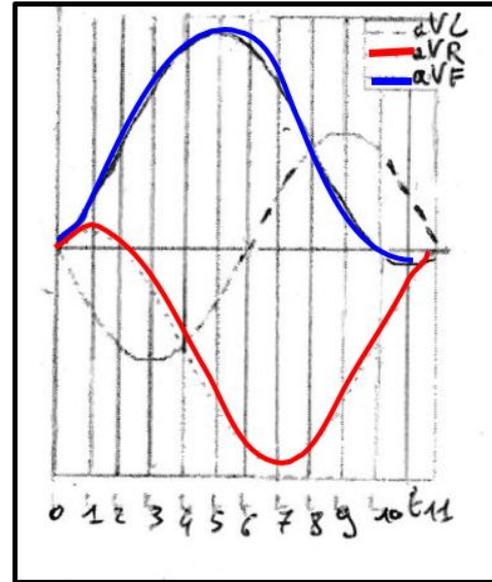
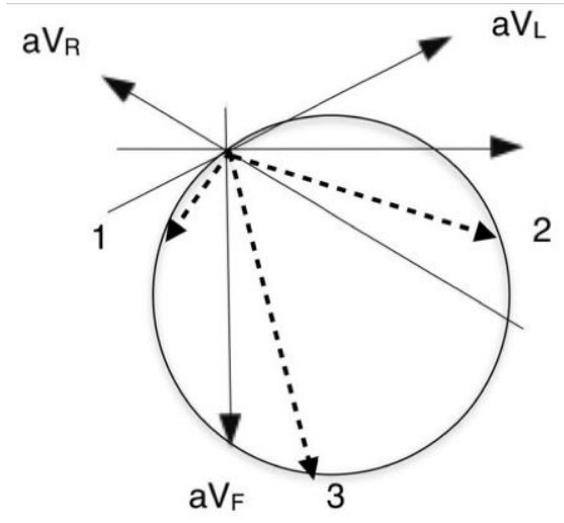


Conclusion : On se retrouve bien avec un moment dipolaire 1 perpendiculaire à aVR sur le double triaxe de Bailey, ce qui correspond à l'ordonnée nulle en aVR sur le graphique à t2.

Le moment dipolaire du coeur en 1 correspond à l'enregistrement d'aVR en t2 ⇒ Vrai !

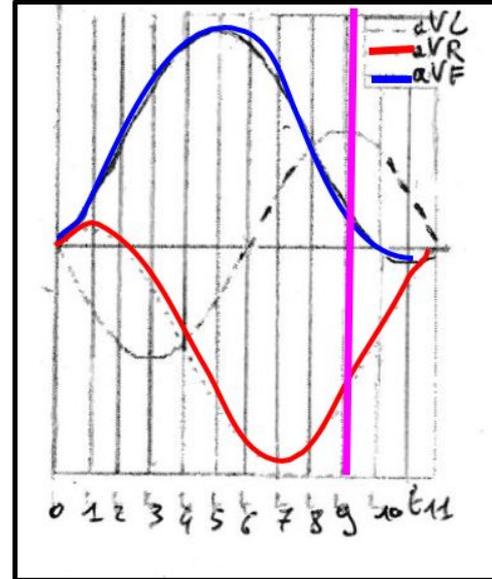
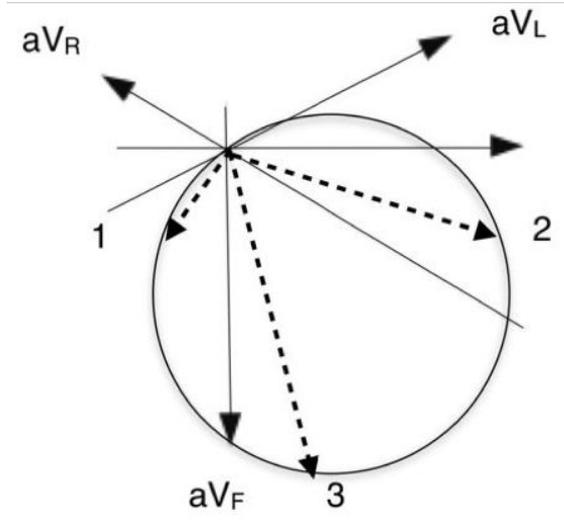


4. Applications



- A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aV_L en t_9 .
- B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aV_F en t_{10} .

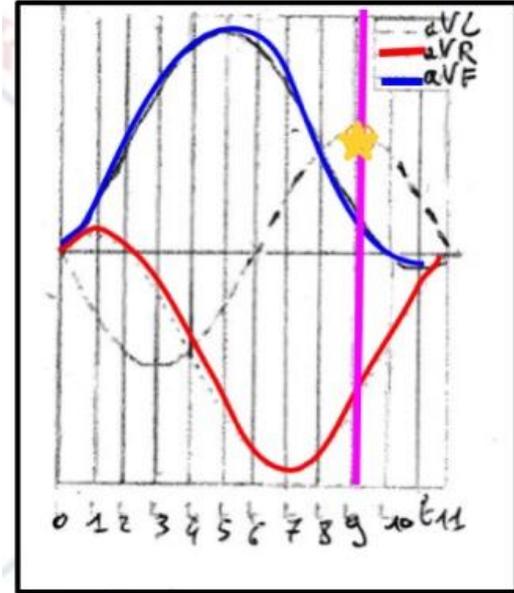
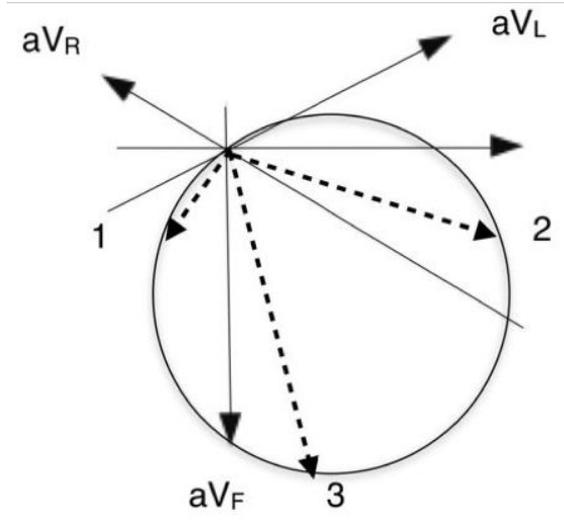
4. Applications



A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aV_L en t9.



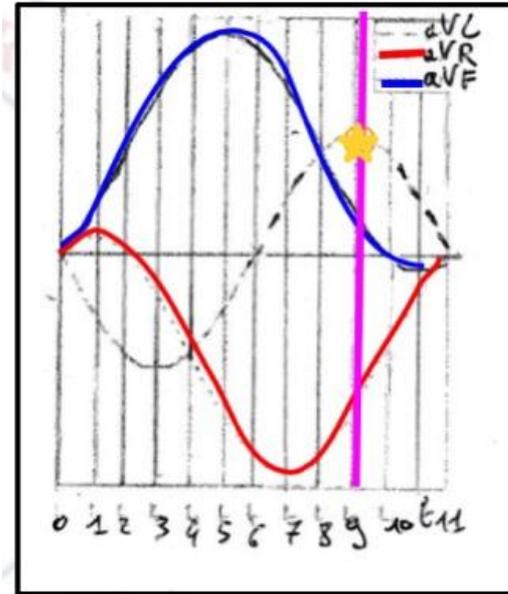
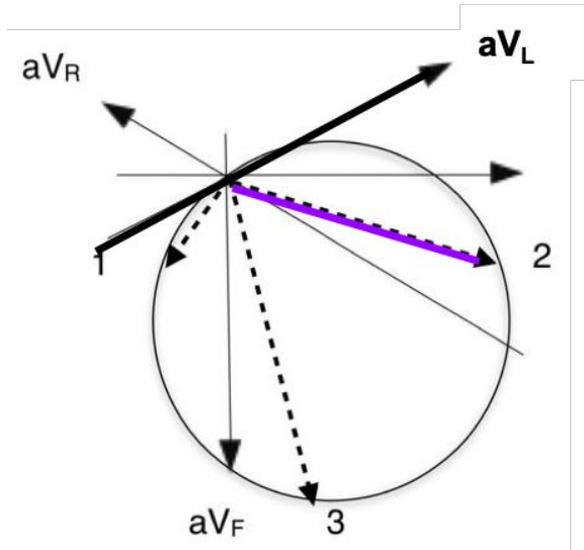
4. Applications



A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aV_L en t9.

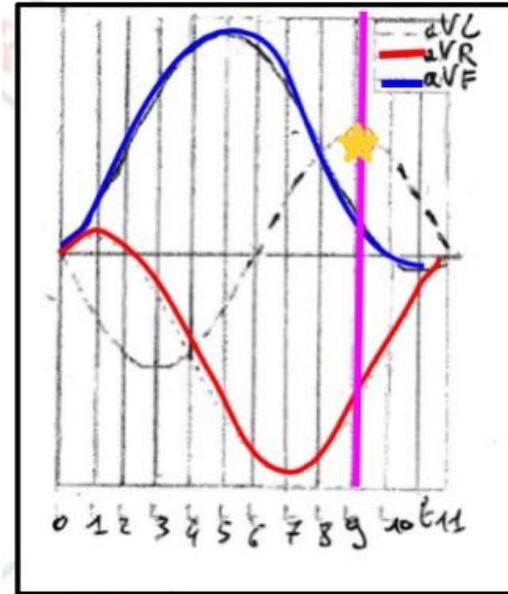
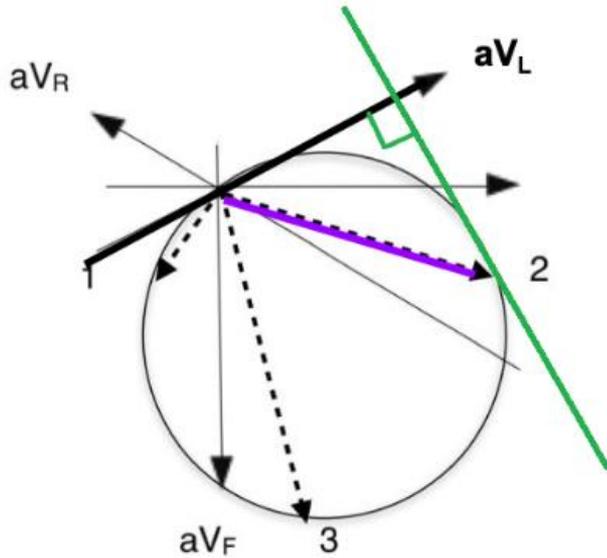


4. Applications



A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aV_L en t9.

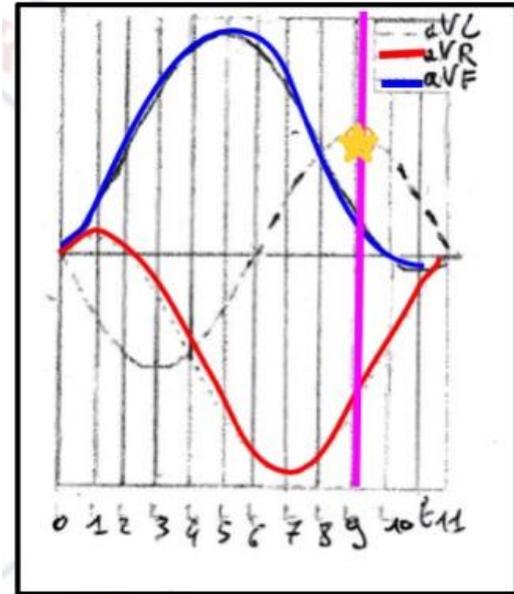
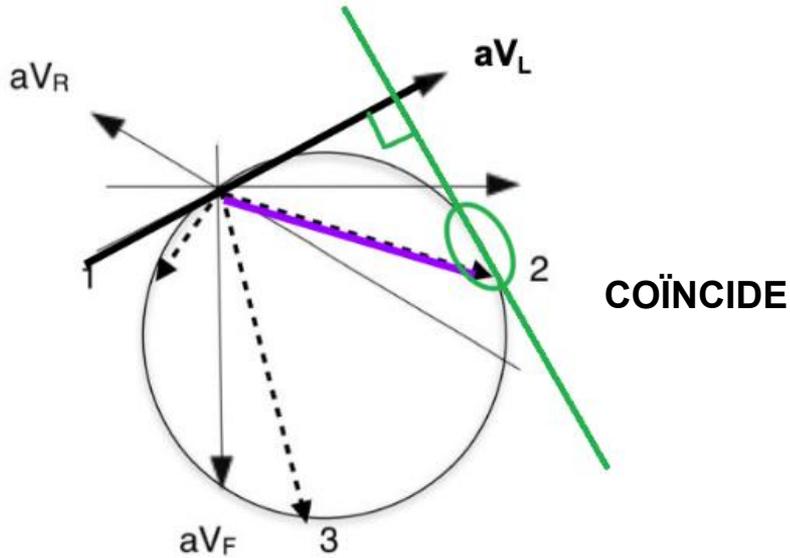
4. Applications



A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aV_L en t9.



4. Applications

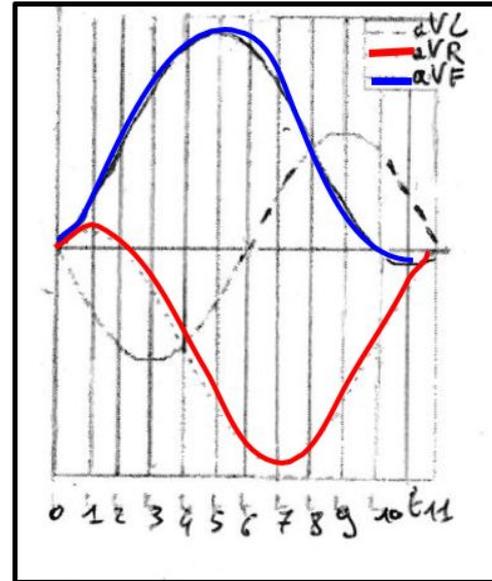
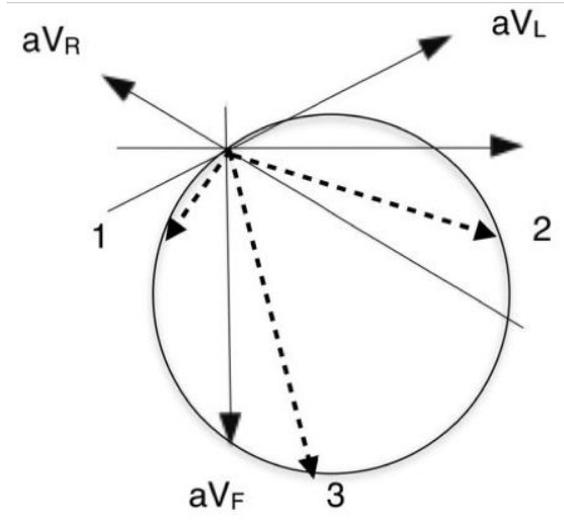


A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aV_L en t9.

VRAI



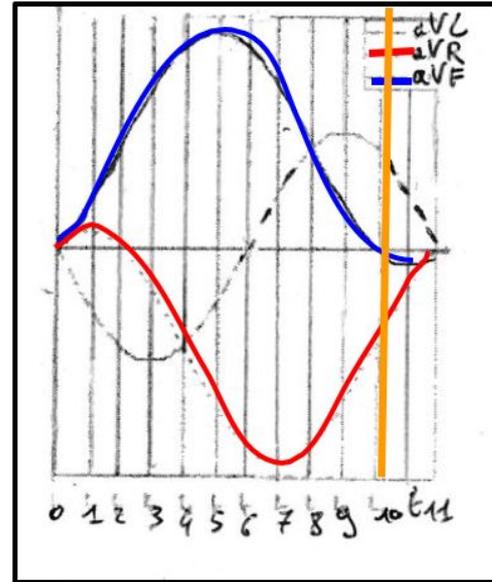
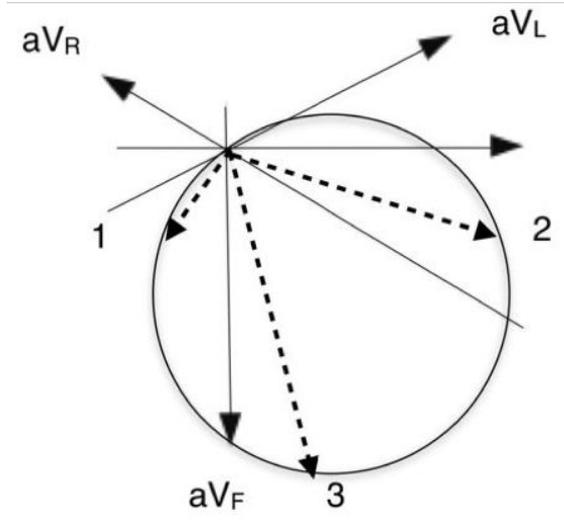
4. Applications



B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aV_F en t10.



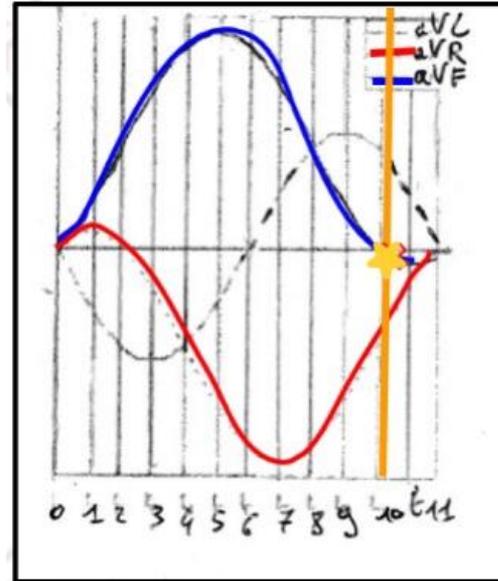
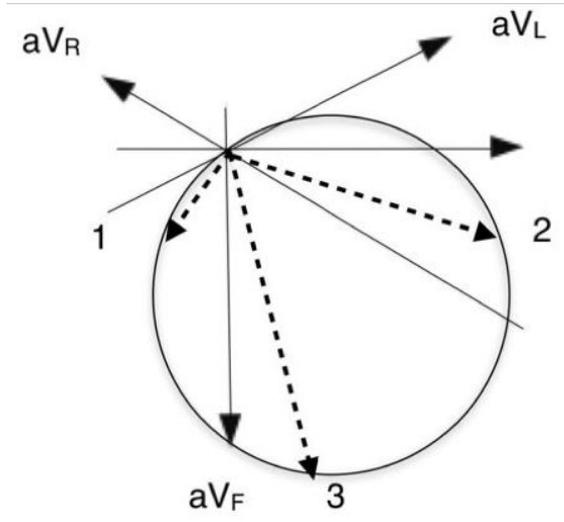
4. Applications



B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aVF en t10.



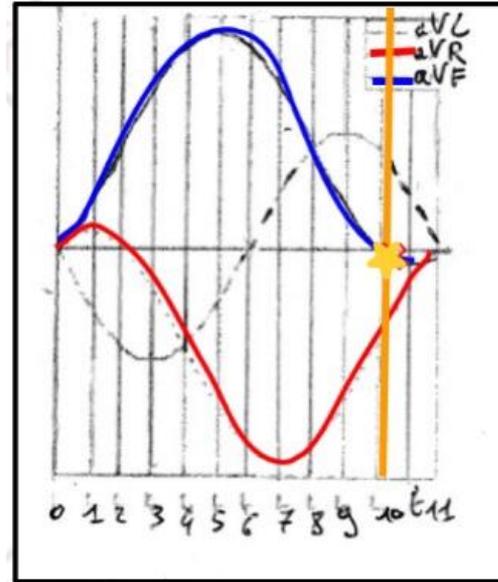
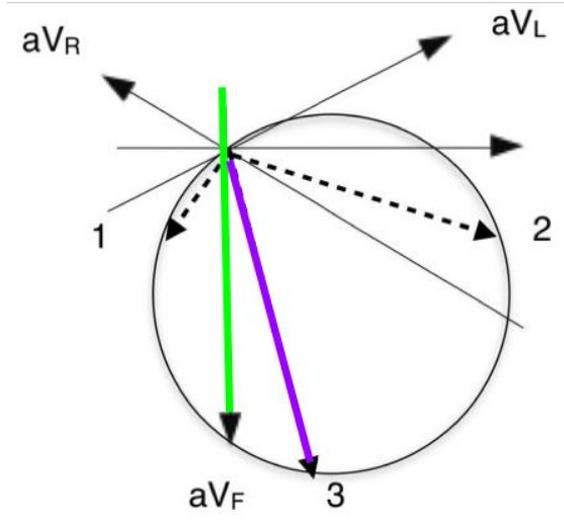
4. Applications



B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aVF en t10.



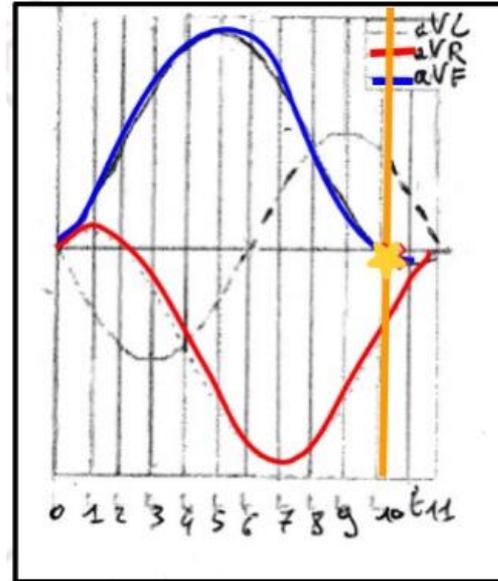
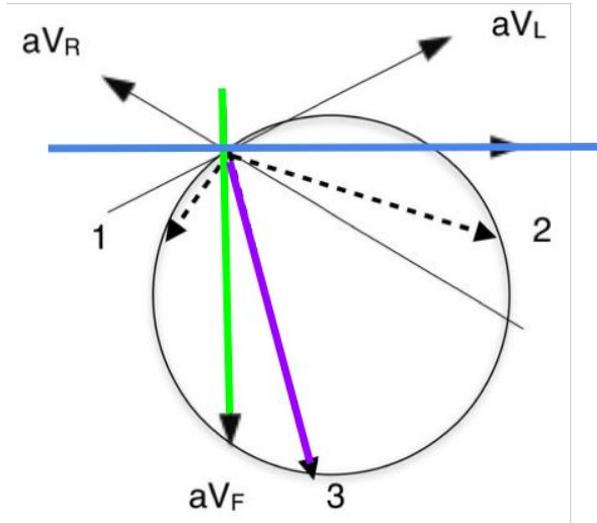
4. Applications



B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aVF en t10.



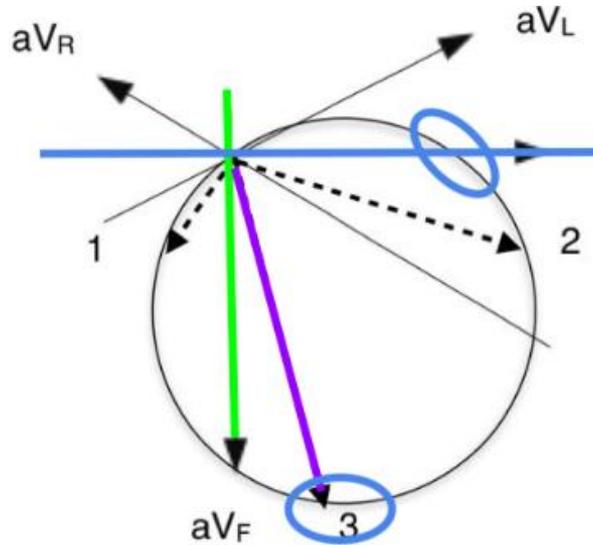
4. Applications



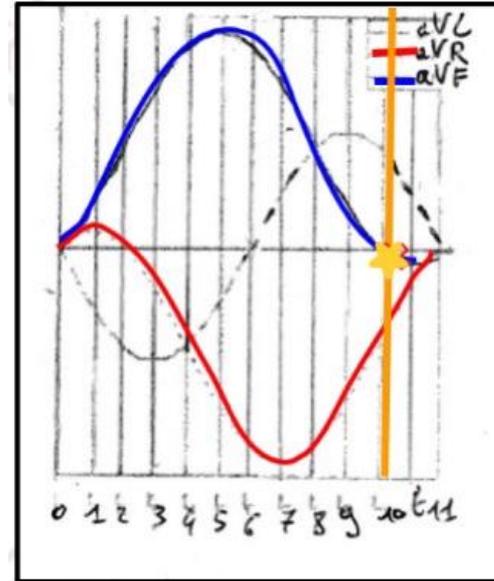
B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aV_F en t_{10} .



4. Applications



COÏNCIDE PAS

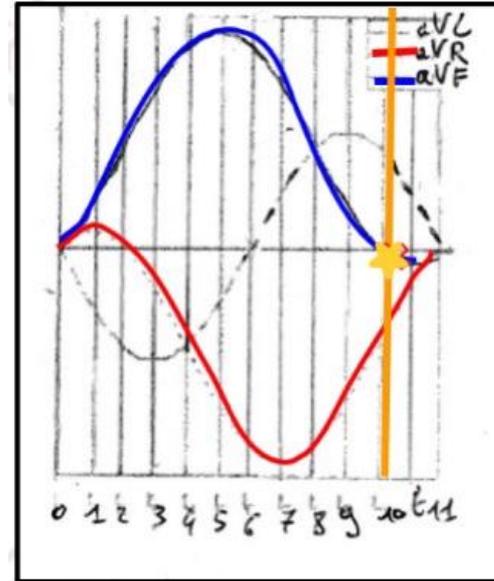
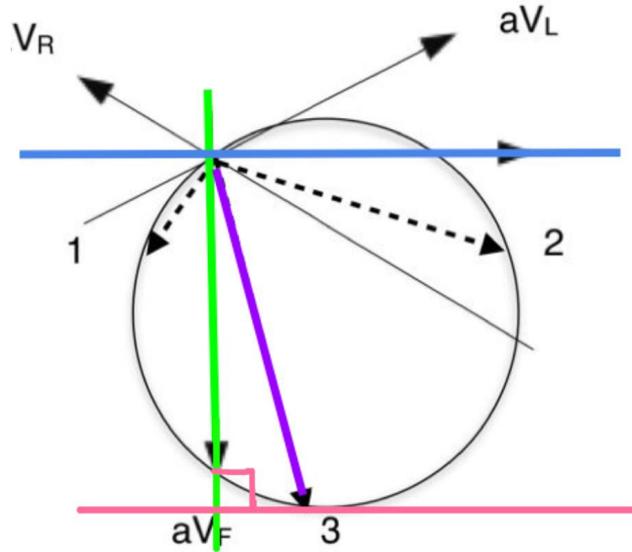


B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aV_F en t_{10} .

FAUX



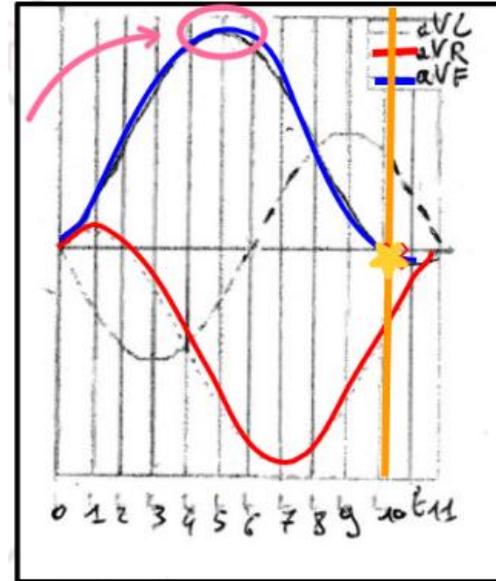
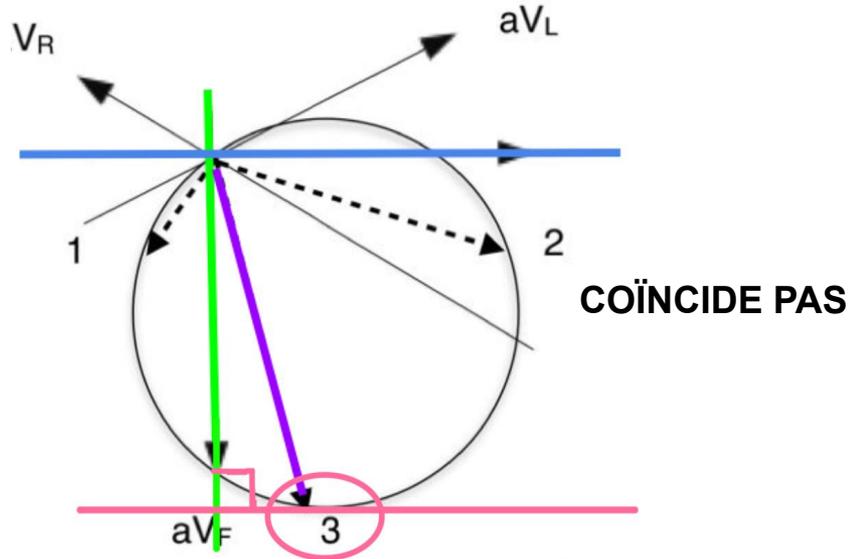
4. Applications



En revanche, si on trace une droite **perpendiculaire** à aVF, dans la zone **positive** de la courbe d'aVF sur le cercle (du côté de la flèche) ...



4. Applications



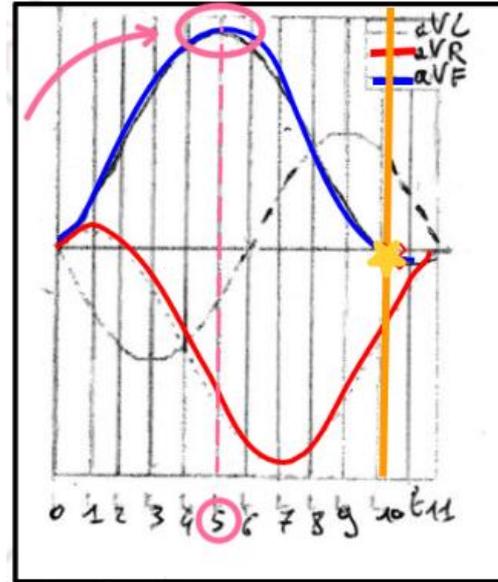
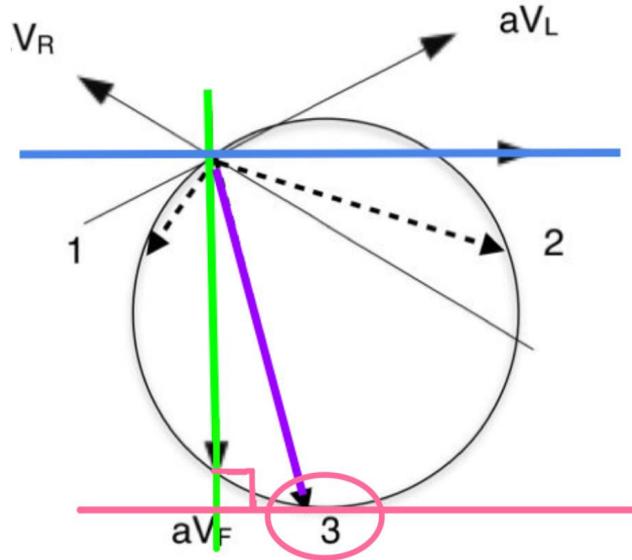
... on tombe sur le moment dipolaire 3 !

On a tracé une droite qui marque le moment dipolaire du **maximum positif** :

- perpendiculaire à aV_F et tangente au cercle
- du côté de la flèche \Rightarrow positif



4. Applications

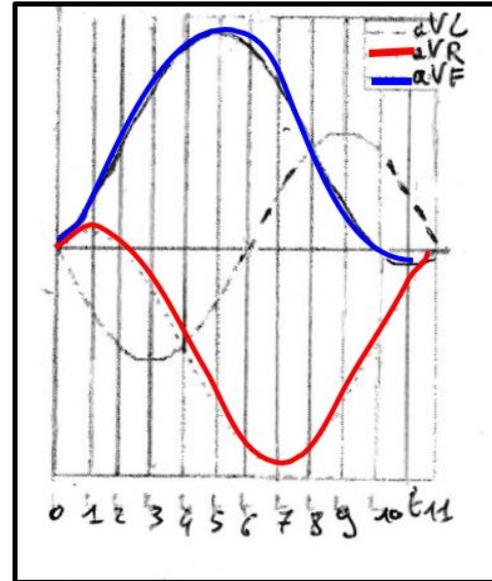
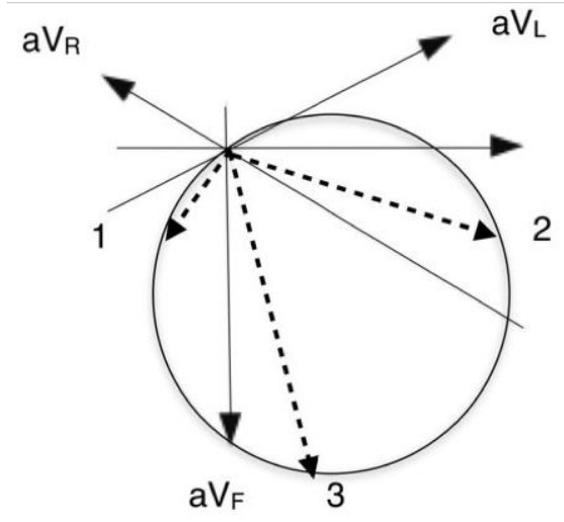


Si on reporte sur le graphique, le maximum positif de aVF est en **t5**.

Conclusion : le moment dipolaire **3** du coeur correspond à l'enregistrement en **aVF** en **t5**.



4. Applications



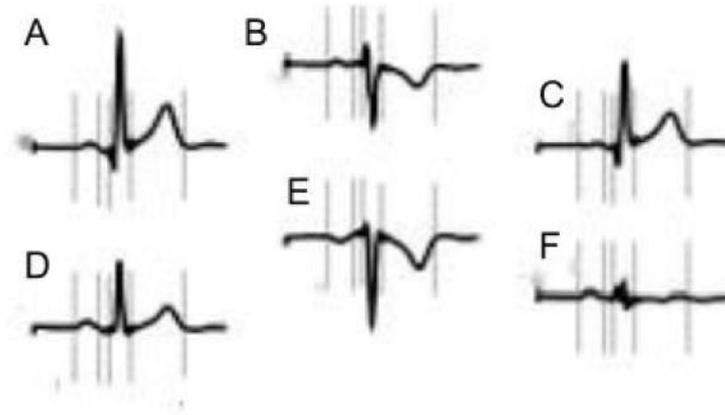
A) Le moment dipolaire du coeur en 2 correspond à l'enregistrement en aVL en t9 ⇒ **VRAI**.

B) Le moment dipolaire du coeur en 3 correspond à l'enregistrement en aVF en t10 ⇒

FAUX, c'est en t5.



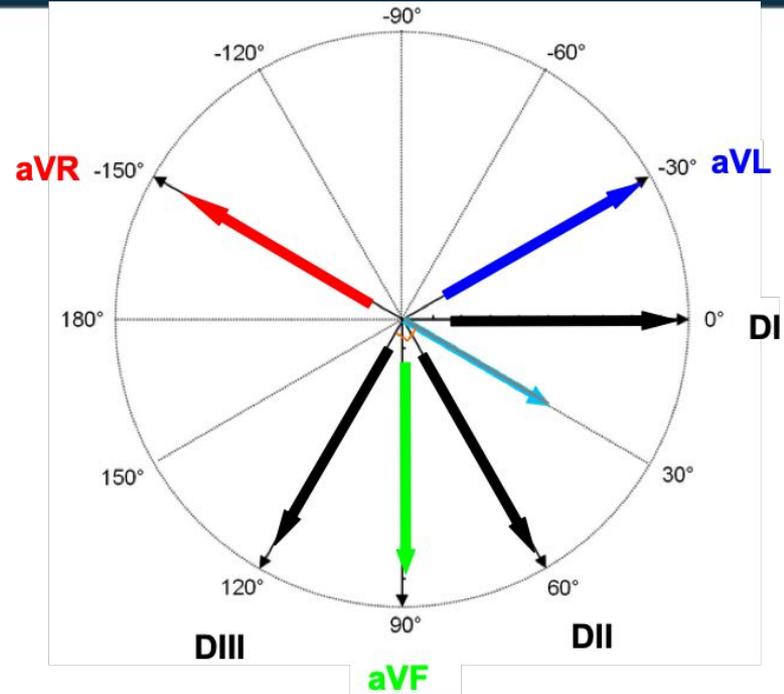
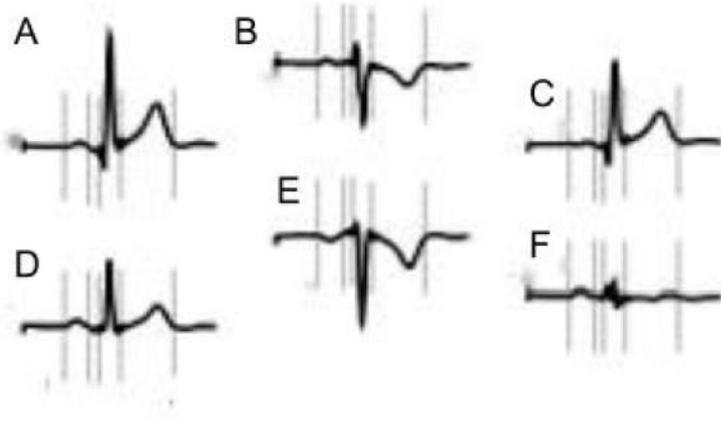
4. Applications



- A) Si le graphique E correspond à DI, le graphique A peut-il correspondre à DII ?
- B) Si le graphique A correspond à DII, le graphique F peut-il correspondre à aVL ?
- C) Si le graphique C correspond à aVF, le graphique A peut-il correspondre à DIII ?
- D) Si le graphique A correspond à DIII, le graphique E peut-il correspondre à un signal orienté en -60° ?



4. Applications



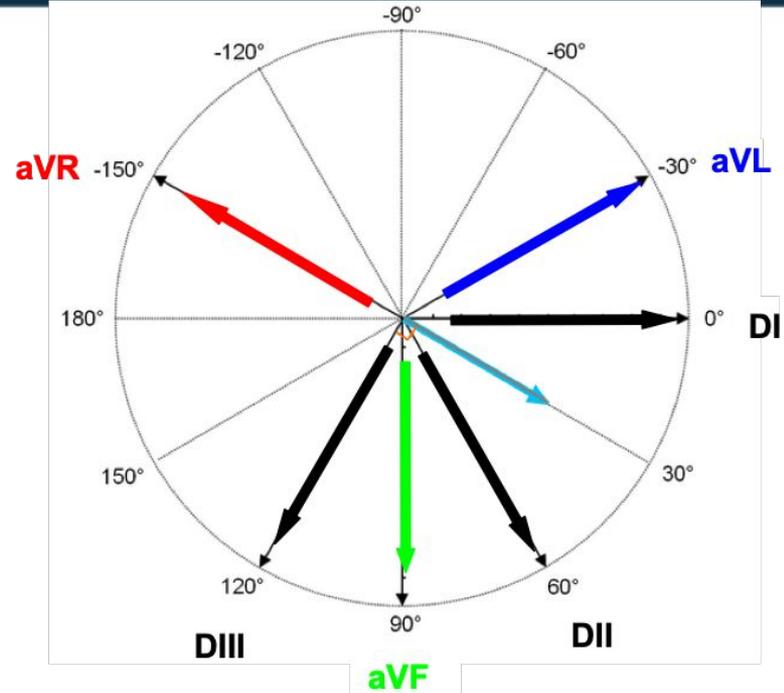
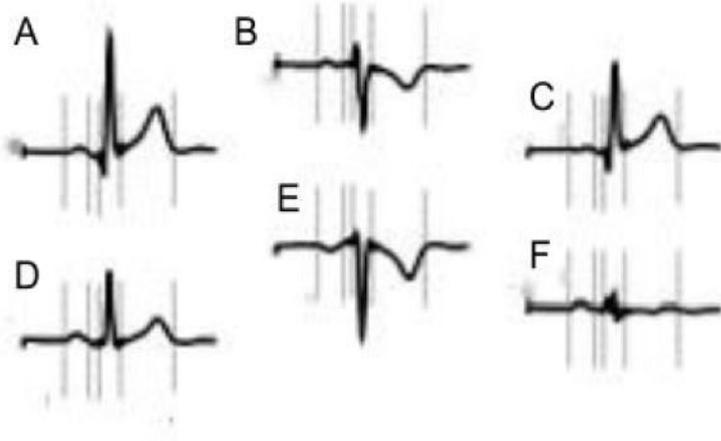
Méthode : on va s'aider du double triaxe de Bailey.

On prend une dérivation x .

- Les dérivations **proches** de la dérivation x ont un signal semblable
- Les dérivations à l'**opposé** de la dérivation x ont un signal opposé
- Les dérivations au vecteur **perpendiculaire** à la dérivation x ont un signal "plat".



4. Applications



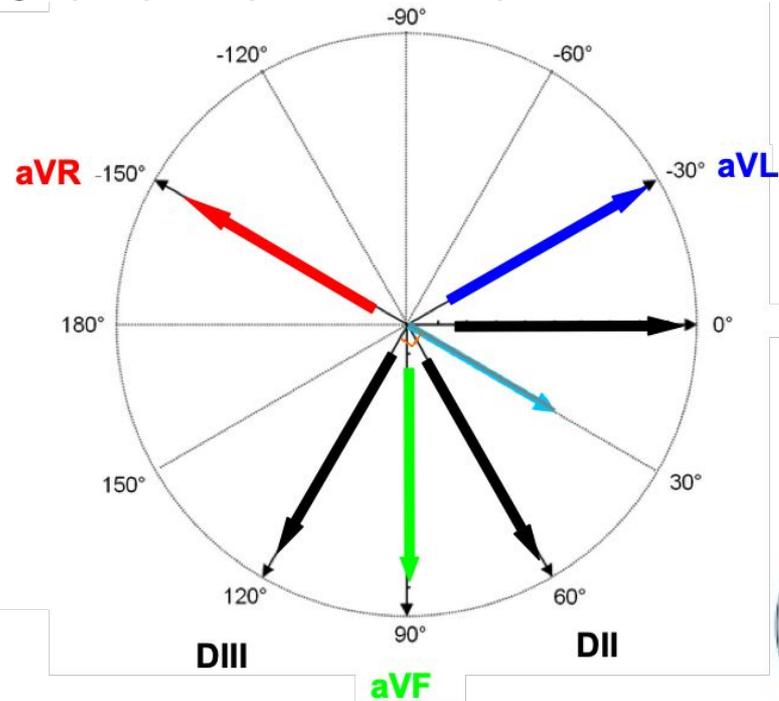
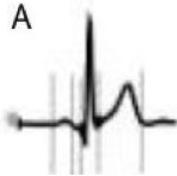
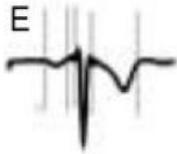
Exemple: On prend la dérivation **aVL**, et on lui associe le graphique **A**.

- **DI** qui est proche de **aVL** va recueillir un signal semblable, comme le graphique **C** ou **D**.
- **DIII** qui est à l'opposé de **aVL** va avoir pour graphique **B** ou **E**.
- **DII** qui est à peu près perpendiculaire à **aVL** va recueillir un signal "plat", comme sur le graphique **F**.



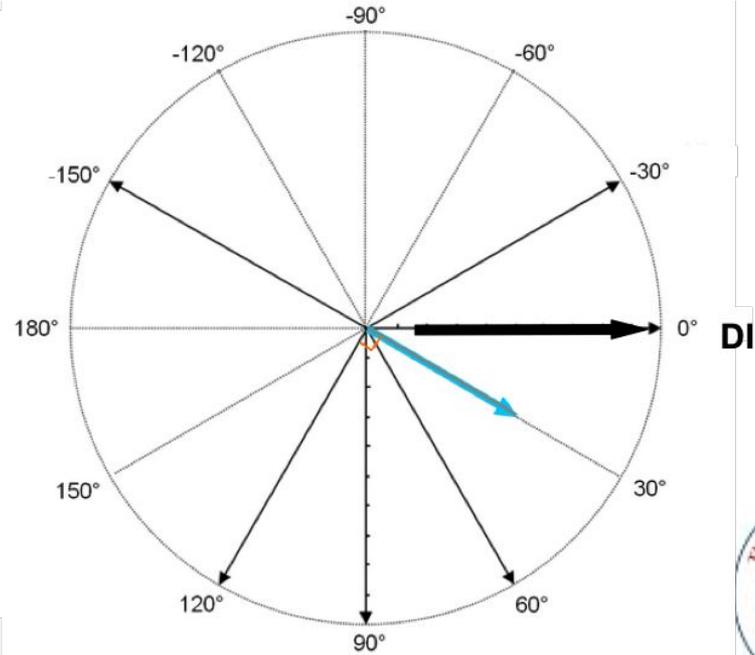
4. Applications

A) Si le graphique E correspond à DI, le graphique A peut-il correspondre à DII ?



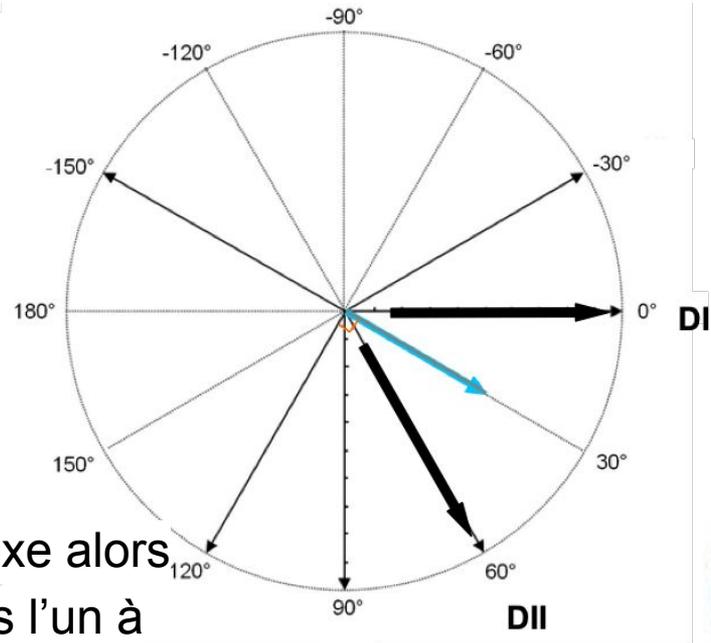
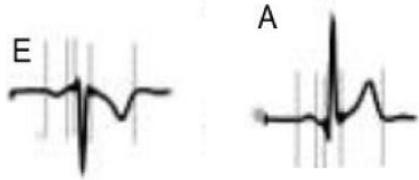
4. Applications

A) Si le graphique E correspond à DI, le graphique A peut-il correspondre à DII ?



4. Applications

A) Si le graphique E correspond à DI, le graphique A peut-il correspondre à DII ?

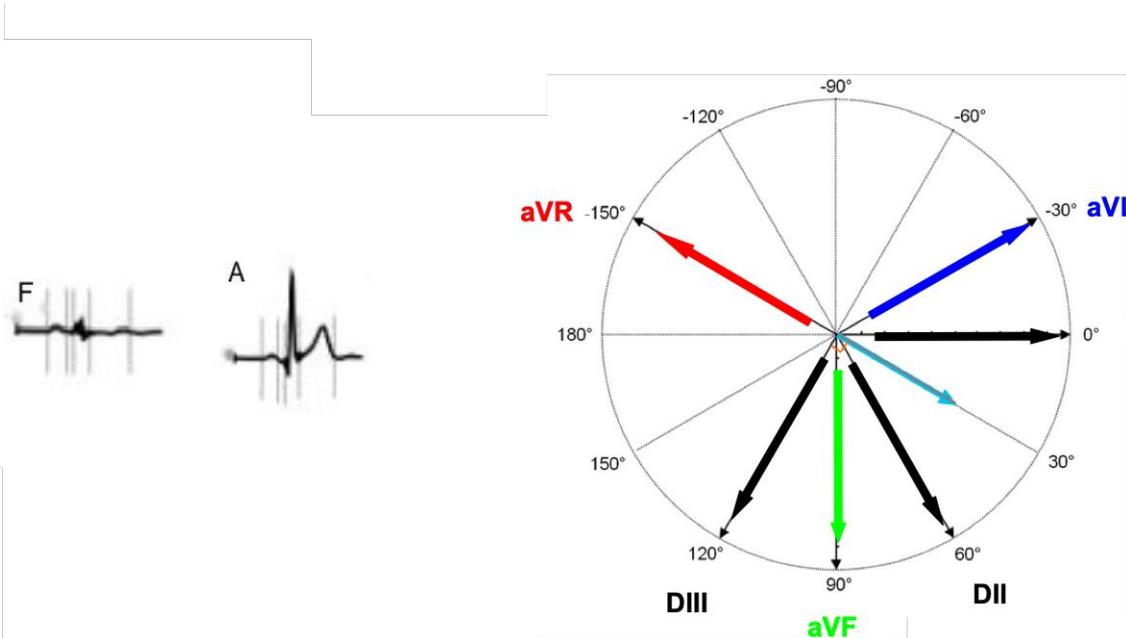


Faux, DI et DII sont **proches** sur le triaxe alors que les graphiques E et A sont opposés l'un à l'autre.



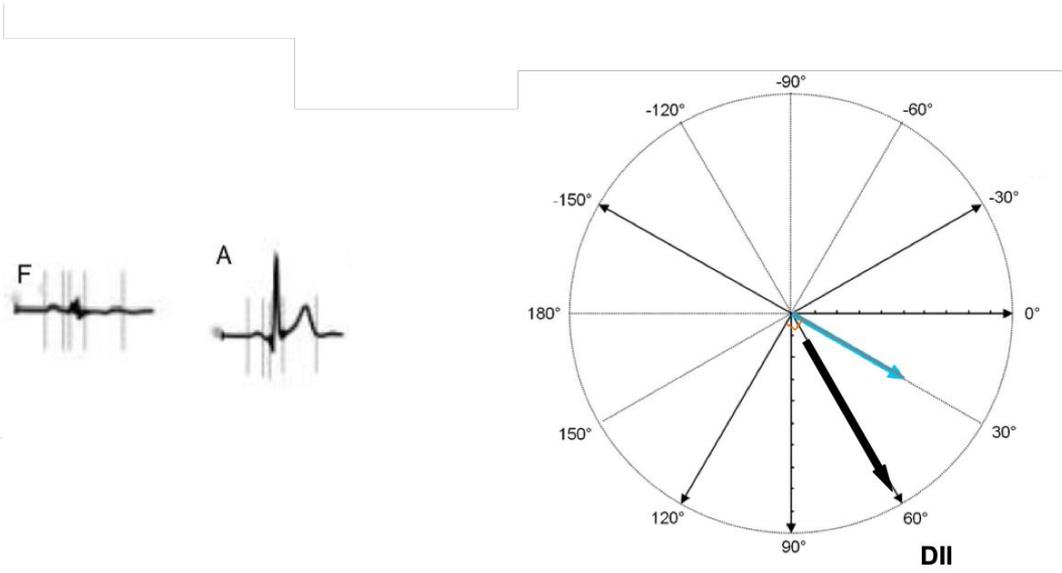
4. Applications

B) Si le graphique A correspond à DII, le graphique F peut-il correspondre à aVL ?



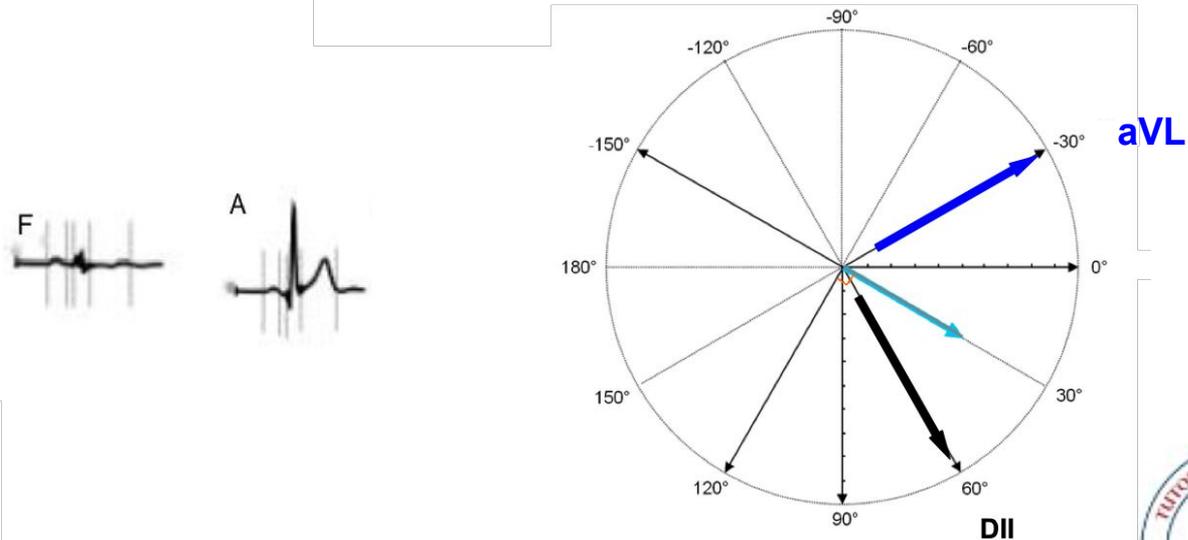
4. Applications

B) Si le graphique A correspond à DII, le graphique F peut-il correspondre à aVL ?



4. Applications

B) Si le graphique A correspond à DII, le graphique F peut-il correspondre à aVL ?

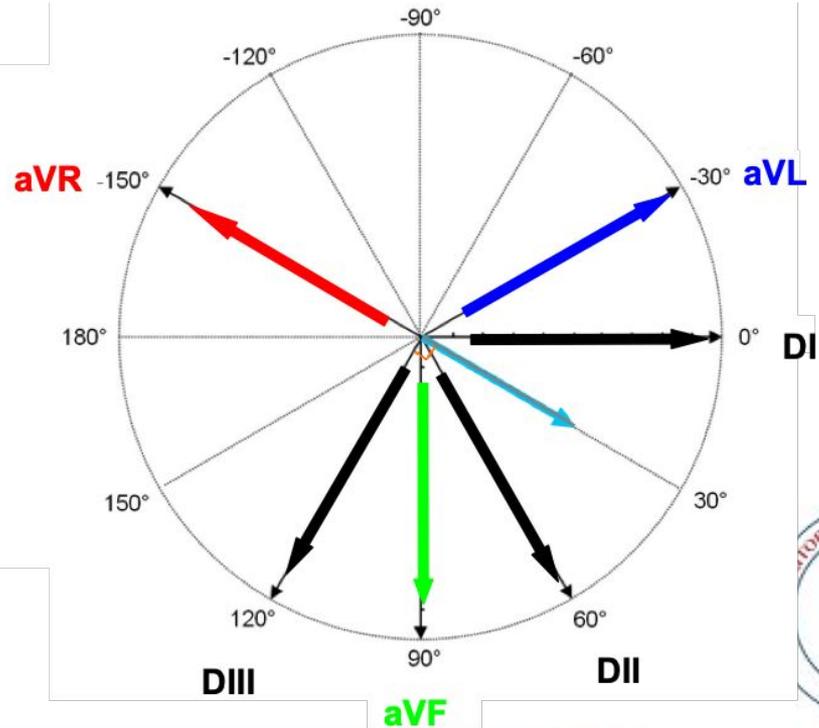


Vrai, si A correspond à DII, alors aVL qui est à **90°** de DII peut correspondre au tracé F car celui-ci est plus ou moins nul.



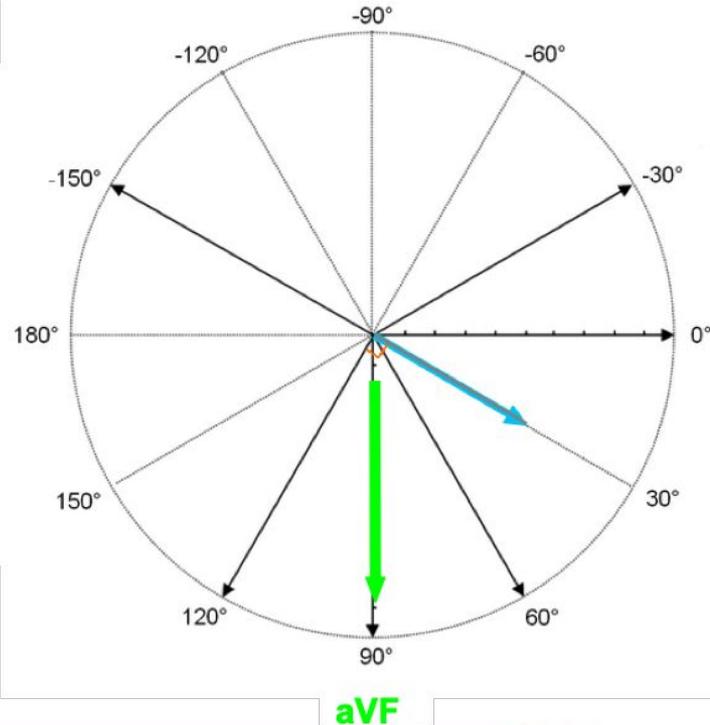
4. Applications

C) Si le graphique C correspond à aVF, le graphique A peut-il correspondre à DIII ?



4. Applications

C) Si le graphique C correspond à aVF, le graphique A peut-il correspondre à DIII ?

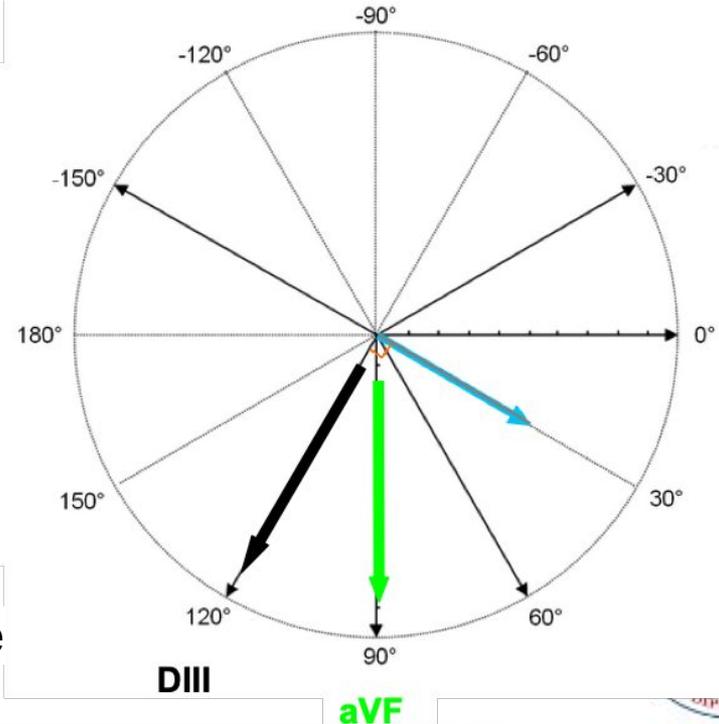


4. Applications

C) Si le graphique C correspond à aVF, le graphique A peut-il correspondre à DIII ?

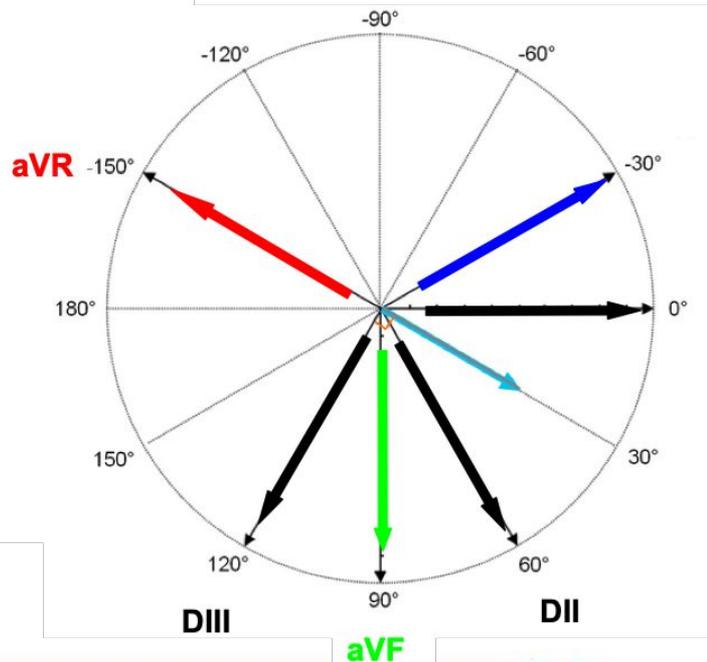
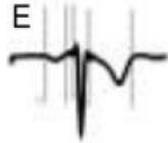


Vrai, si C correspond à aVF, sachant que aVF et DIII sont **proches** et que A et C le sont également alors on peut supposer que A correspond à DIII.



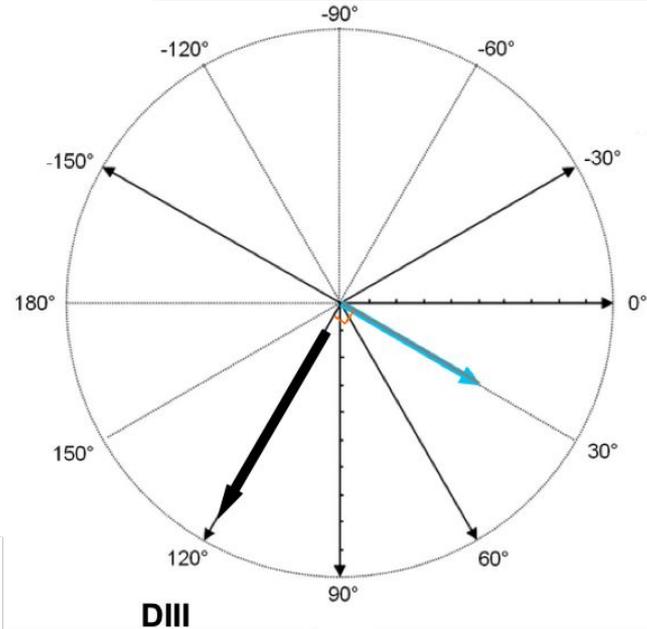
4. Applications

D) Si le graphique A correspond à DIII, le graphique E peut-il correspondre à un signal orienté en -60° ?



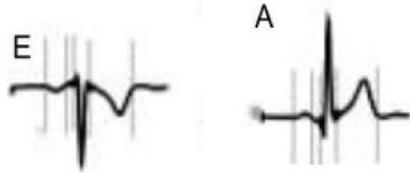
4. Applications

D) Si le graphique A correspond à DIII, le graphique E peut-il correspondre à un signal orienté en -60° ?

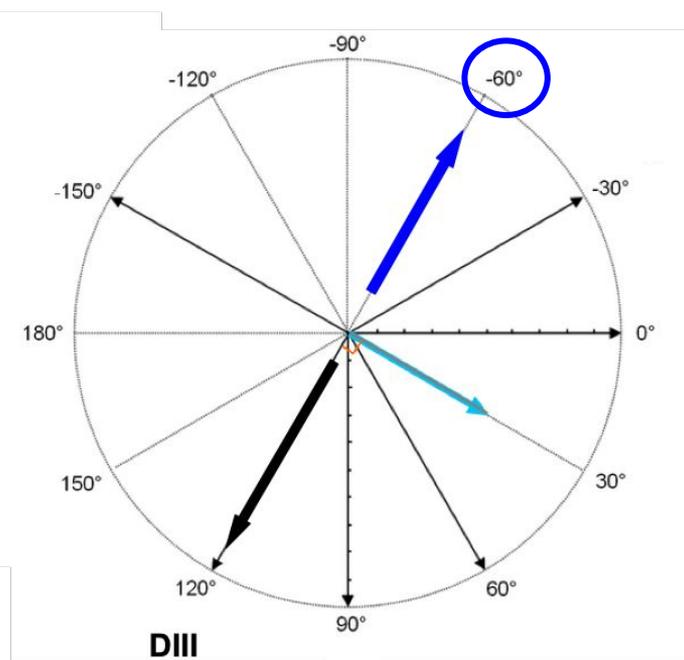


4. Applications

D) Si le graphique A correspond à DIII, le graphique E peut-il correspondre à un signal orienté en -60° ?



Vrai, DIII est à l'opposé de -60° et les graphiques A et E sont eux aussi opposés.



VRAI ou FAUX

La loi de Coulomb s'exprime par la formule suivante:

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1q_2}{R^2} \times \vec{u}_{12}$$

VRAI ou FAUX

La loi de Coulomb s'exprime par la formule $\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \times \frac{q_1q_2}{R^2} \times \vec{u}_{12}$

VRAI

Bien apprendre ce que veulent dire les lettres dans les formules car les profs peuvent changer les lettres.

VRAI ou FAUX

Le travail W est une énergie qui dépend seulement de la trajectoire.

VRAI ou FAUX

Le travail W est une énergie qui dépend seulement de la trajectoire.

FAUX

Le travail W est une énergie qui dépend seulement de la **distance entre les charges** (et non pas de la trajectoire).

VRAI ou FAUX

Une électrode qui voit venir une dépolarisation captera une onde positive.

VRAI ou FAUX

Une électrode qui voit venir une dépolarisation captera une onde positive.

VRAI

À l'inverse, quand une électrode voit partir une dépolarisation, elle capte une onde négative. Moyen mnémo : quand on voit venir quelqu'un, c'est positif (signal positif).
Quand on voit partir quelqu'un, c'est négatif (signal négatif).

C'est fini !

BON COURAGE A TOUS

