

Année Universitaire 2011-2012
SYSTÈME CARDIO-CIRCULATOIRE

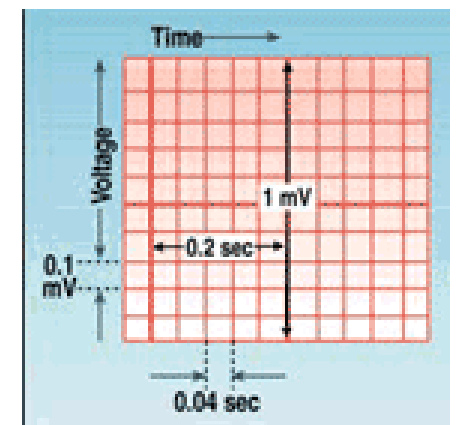
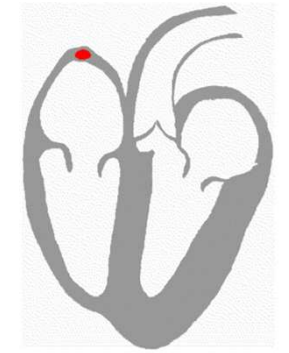
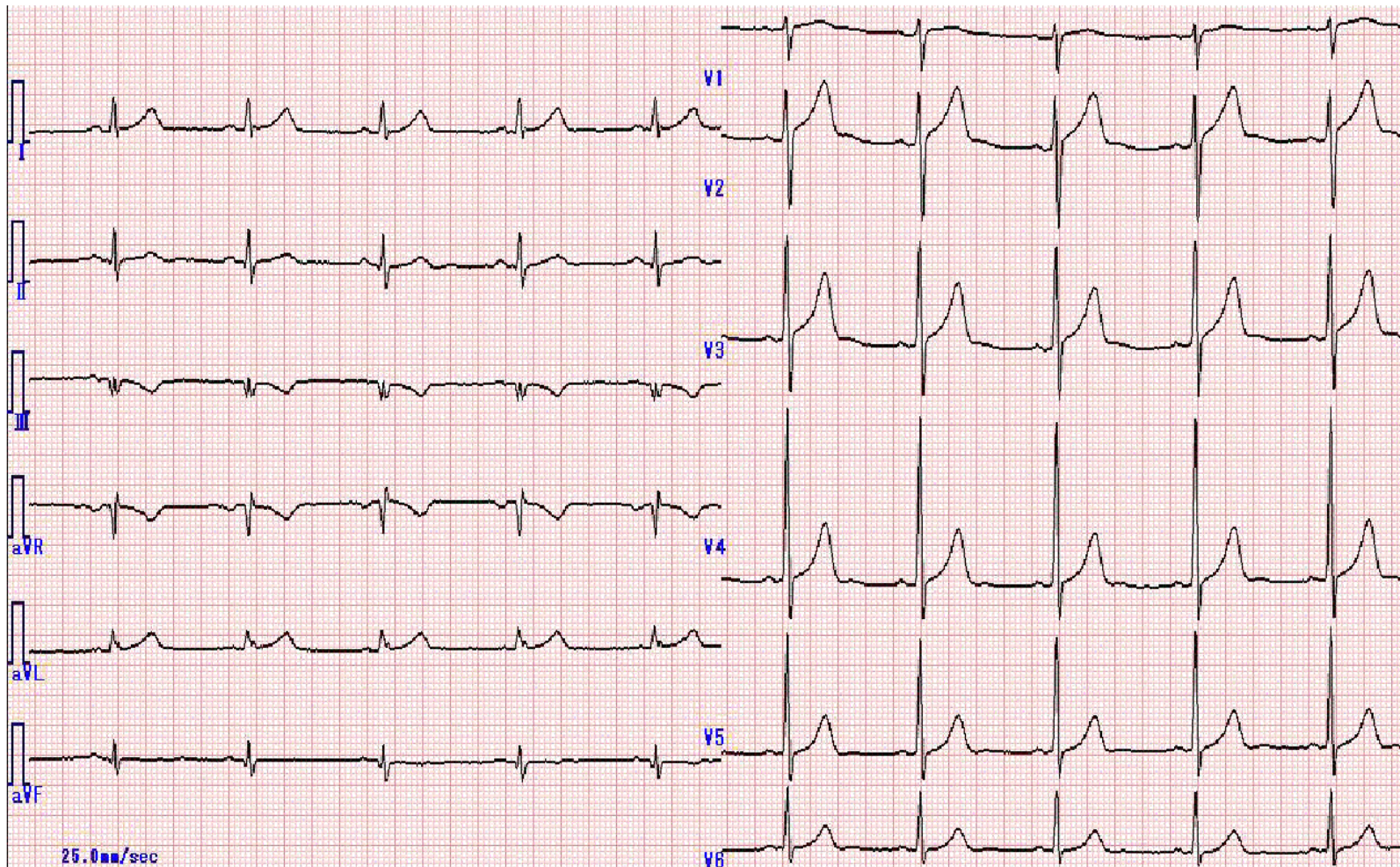
BIOPHYSIQUE
BASES DE L'ECG

Philippe FRANKEN

UNIVERSITÉ DE NICE - SOPHIA ANTIPOLIS

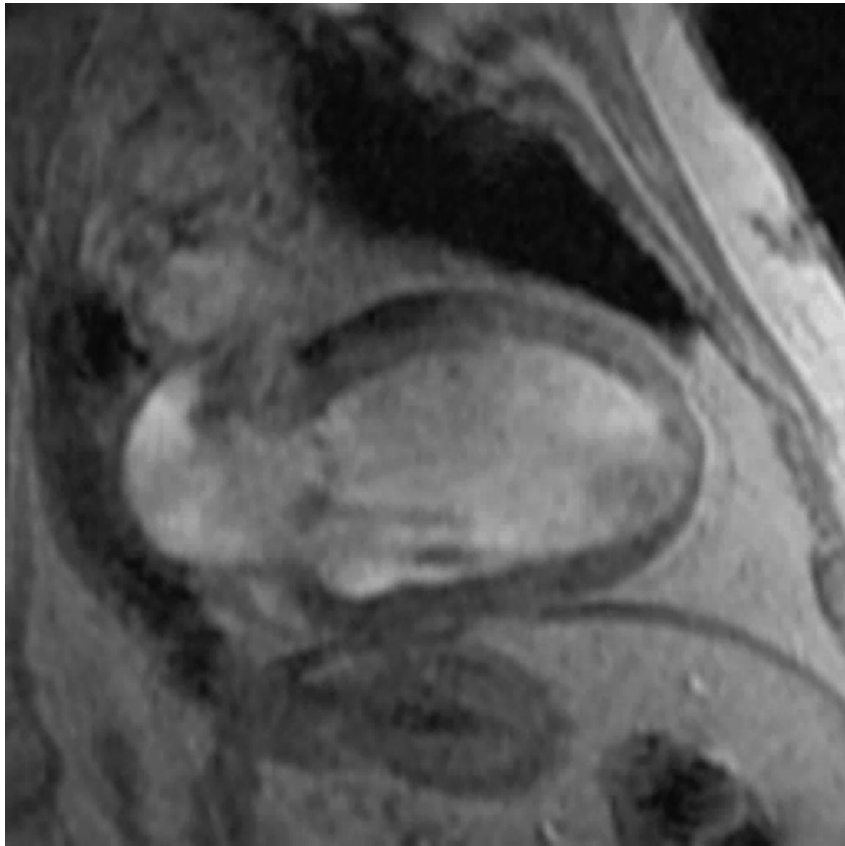
L'électrocardiogramme

enregistrement depuis la surface du corps de l'activité électrique du coeur



Propriétés de l'activité électrique

- **Automatisme** : 72 contractions / minute
- **Synchronisation** : - entre oreillettes et ventricules ;
- entre les ventricules.



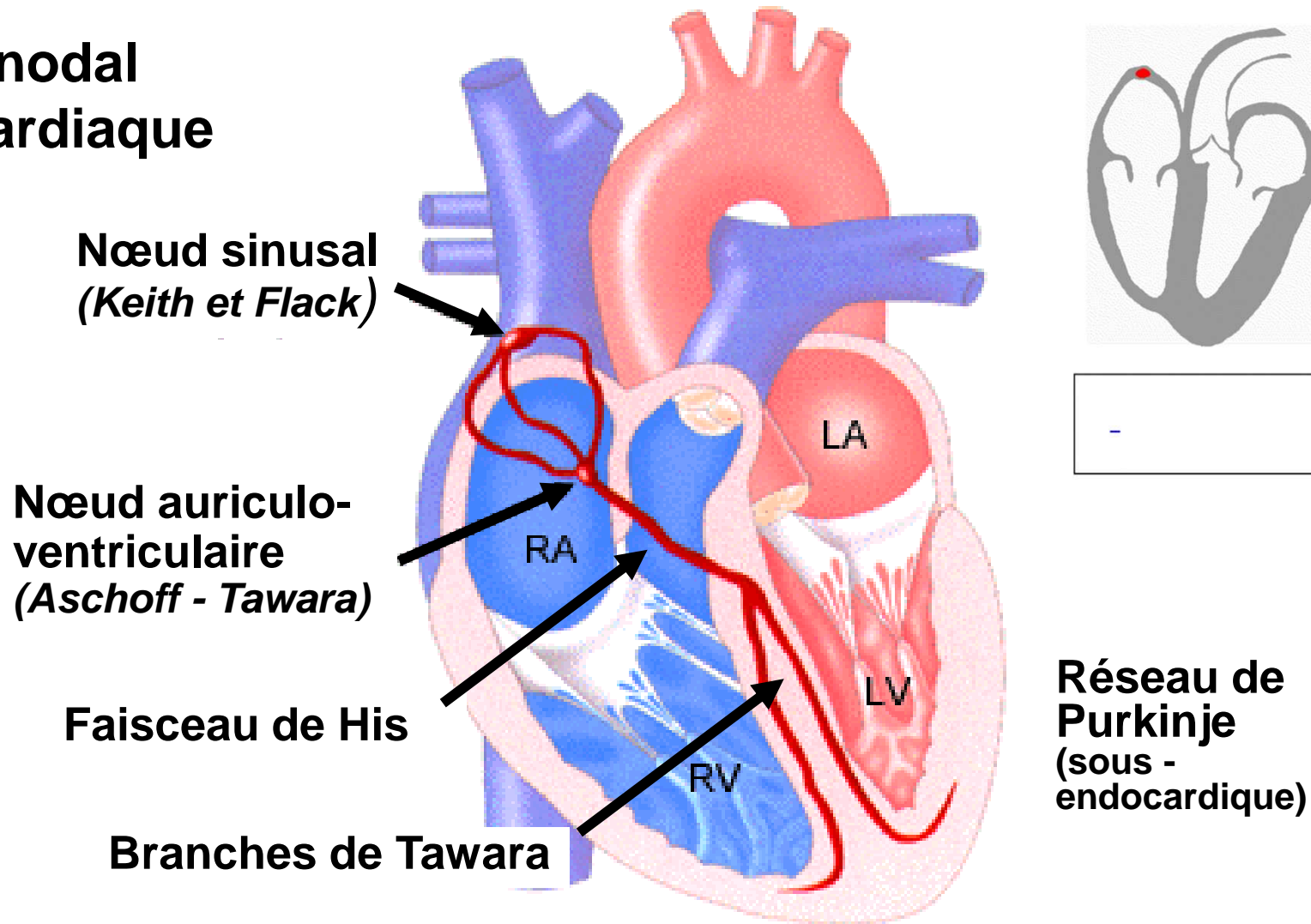
Propriétés de l'activité électrique

1. L'automatisme

Les cellules du tissu nodal se dépolarisent périodiquement sans excitation extrinsèque. C'est le nœud sinusal (dont l'automatisme est le plus rapide) qui impose son rythme à l'ensemble du système.

Propriétés de l'activité électrique

Tissu nodal intracardiaque



Propriétés de l'activité électrique

1. L'automatisme

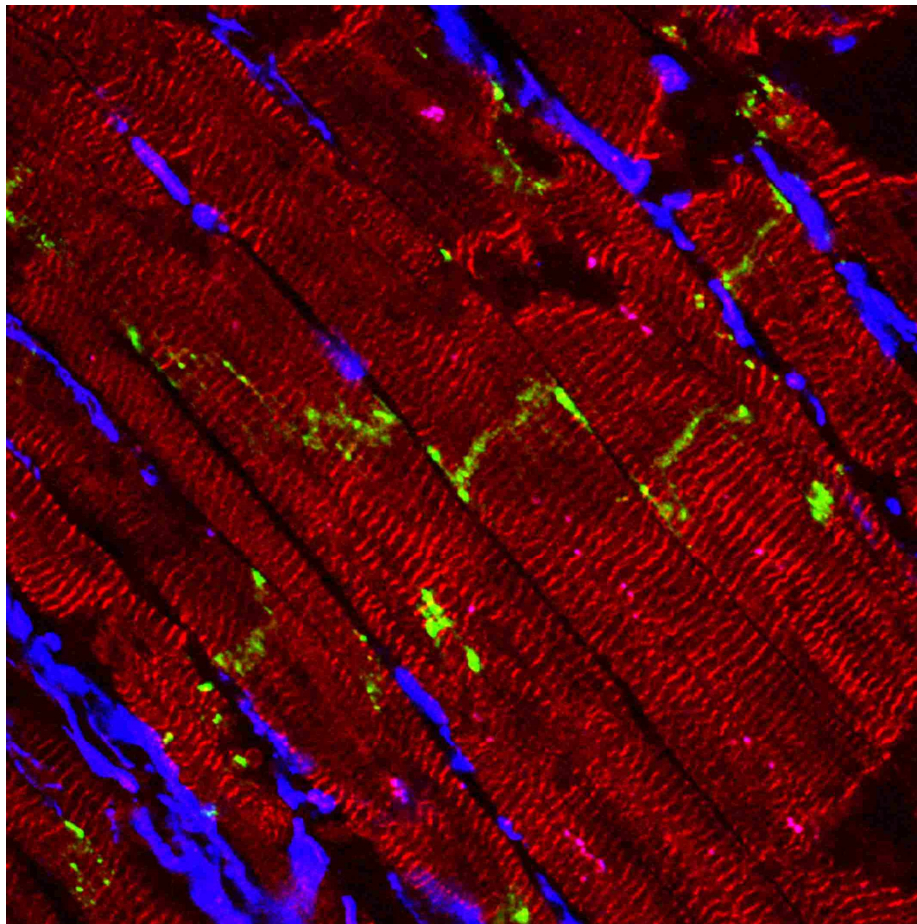
Les cellules du tissu nodal se dépolarisent périodiquement sans excitation extrinsèque. C'est le nœud sinusal (dont l'automatisme est le plus rapide) qui impose son rythme à l'ensemble du système.

2. La synchronisation

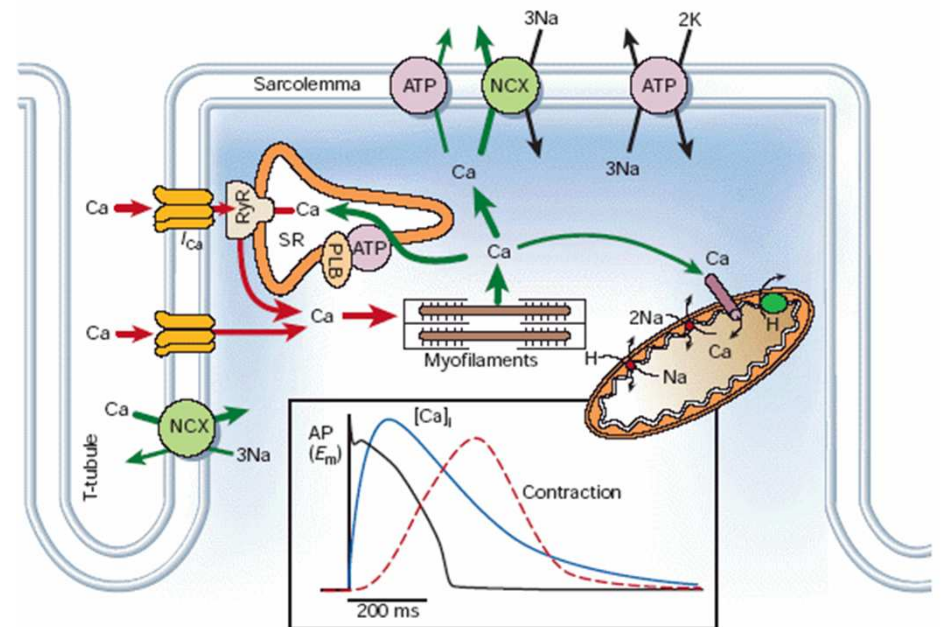
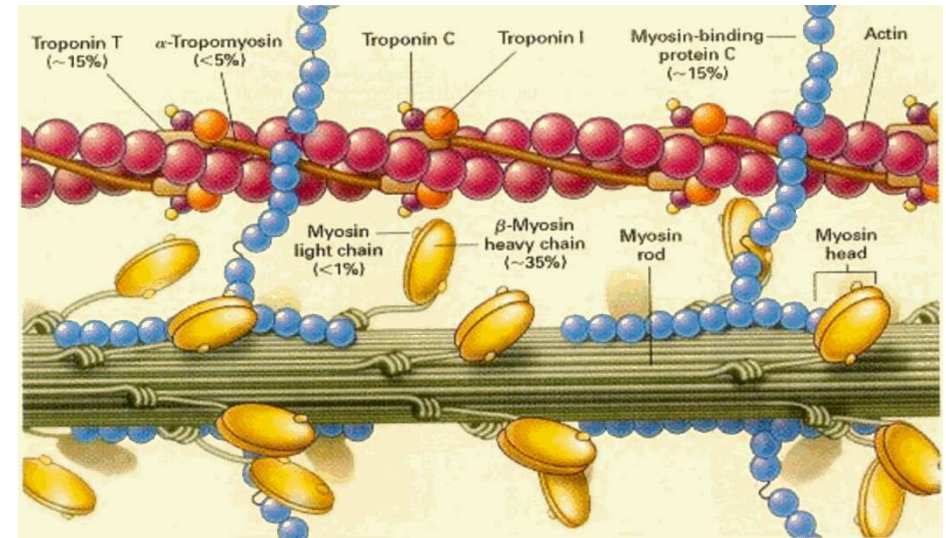
La propagation de la dépolarisation se fait selon des directions privilégiées :

- les voies de conduction du tissu nodal ;
- le grand axe des cellules myocardiques ("*gap junctions*" qui facilitent la transmission).

Cellules myocardiques

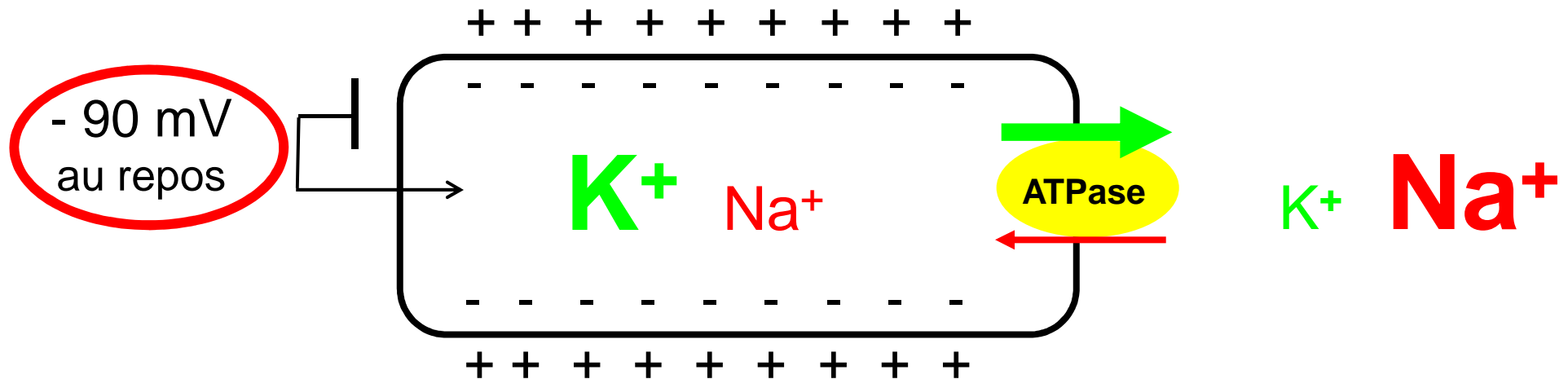


myocytes fibroblastes 'gap junction'



Electrophysiologie de la cellule cardiaque

Potentiel de membrane

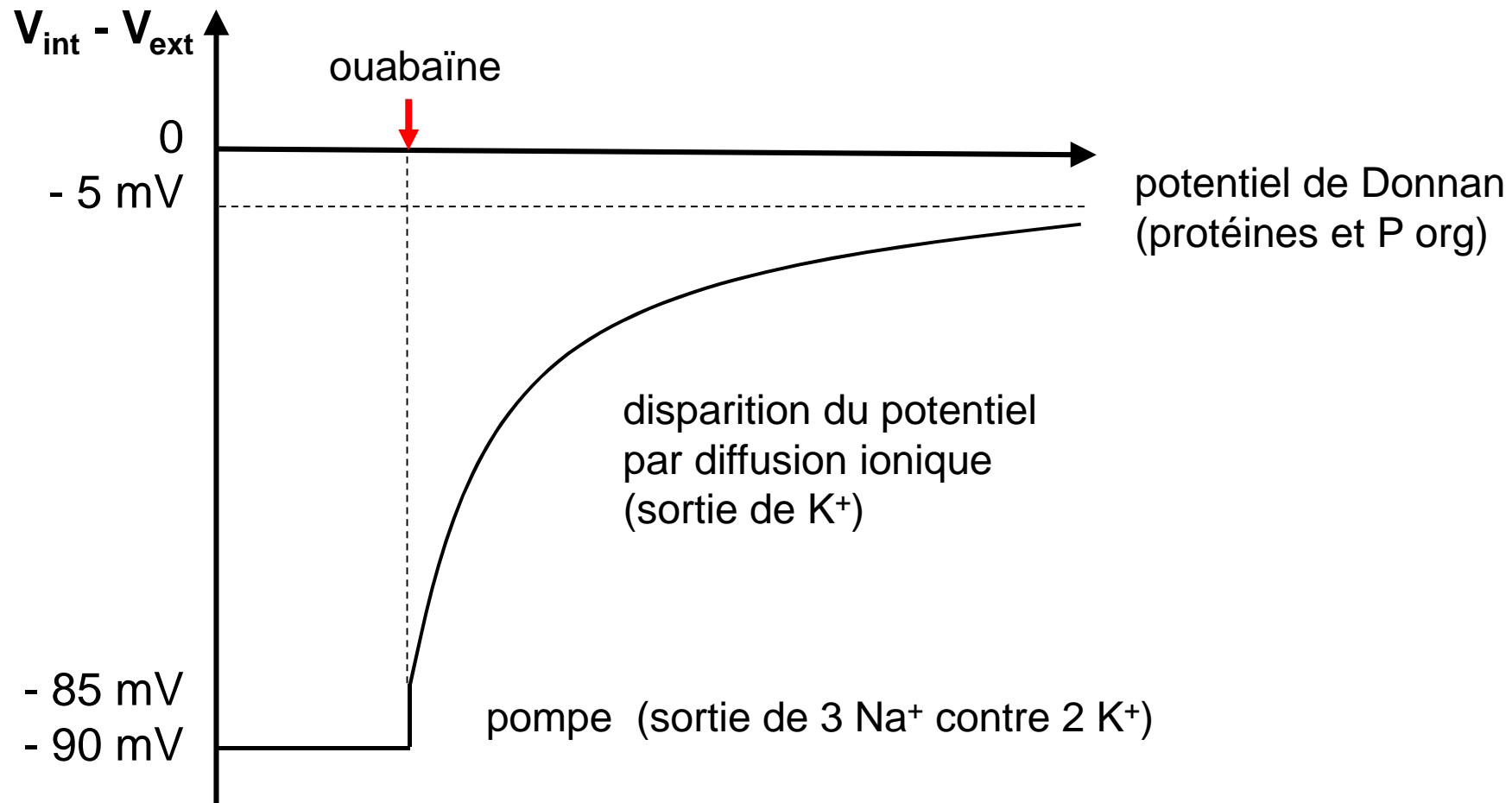


Le potentiel de membrane est dû :

- 1) à la pompe Na⁺ / K⁺ qui fait sortir 3 Na⁺ contre 2 K⁺ ;
- 2) à la perméabilité membranaire au K⁺ >>> Na⁺ ;
- 3) aux protéines et phosphates organiques (potentiel de Donnan).

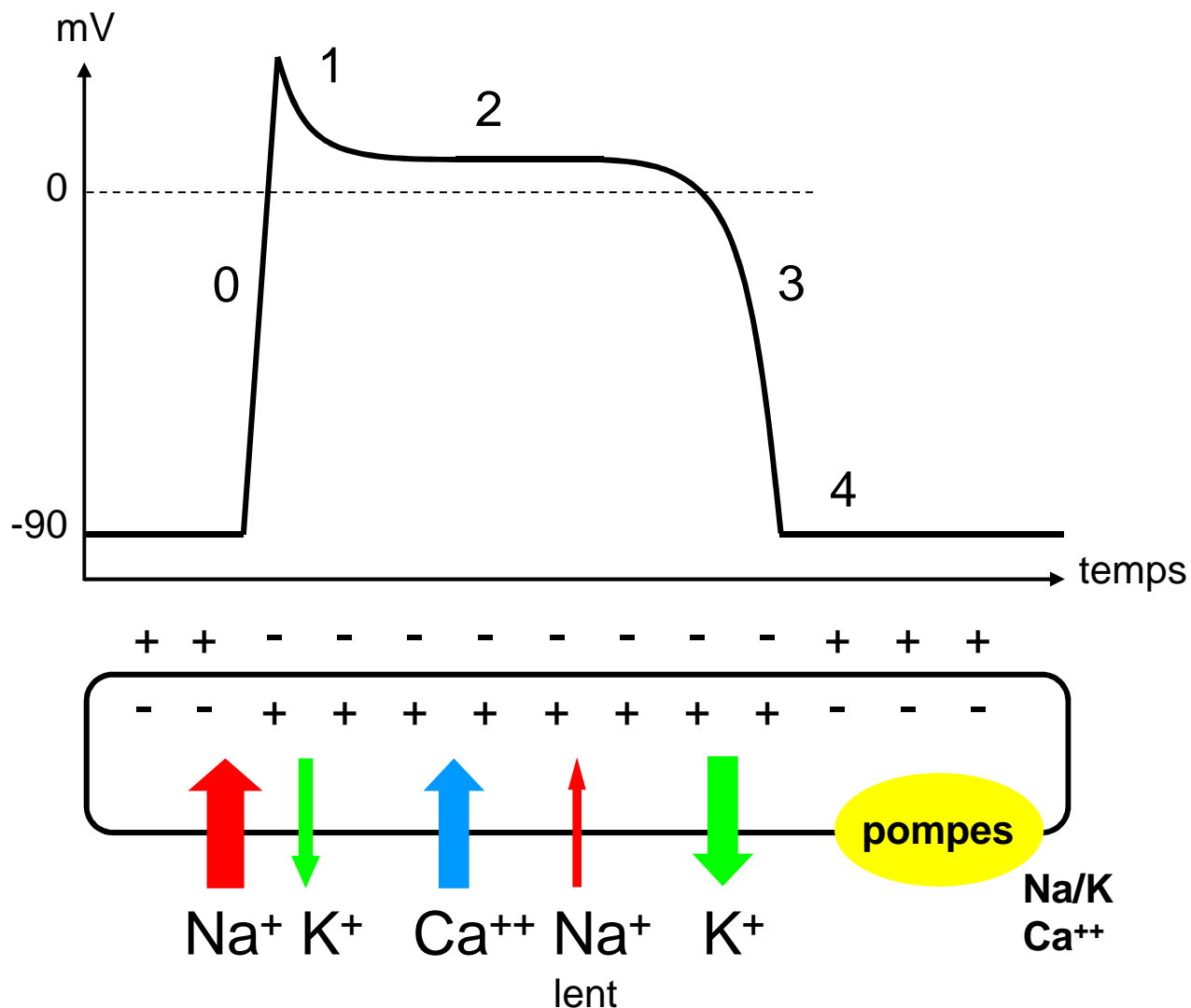
Electrophysiologie de la cellule cardiaque

Potentiel de membrane



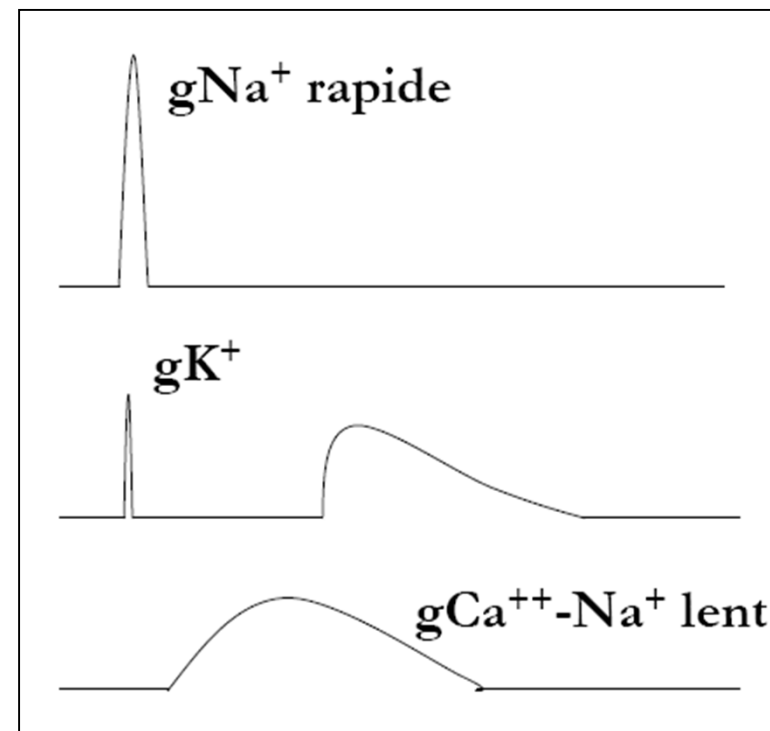
Electrophysiologie de la cellule cardiaque

Potentiel d'action (*myocyte*)



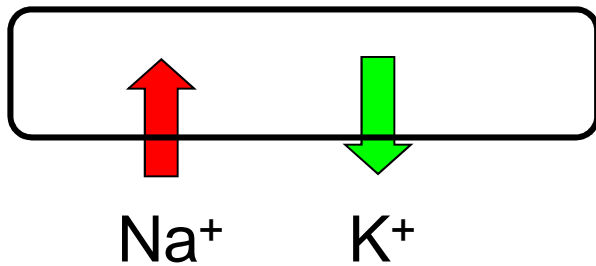
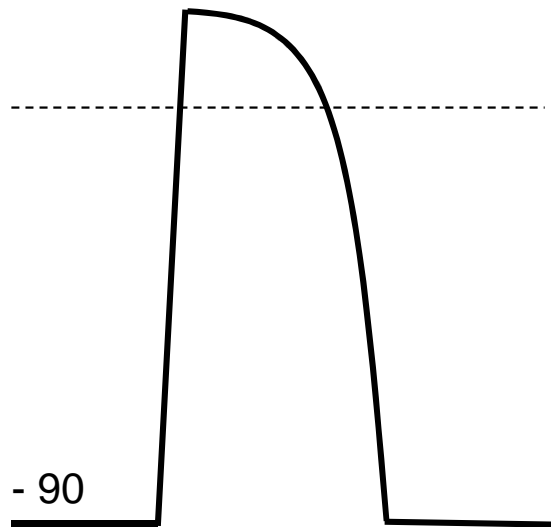
- phase 0 : dépolarisation
- phase 1 : repolarisation initiale
- phase 2 : plateau
- phase 3 : repolarisation
- phase 4 : potentiel de repos

Conductances (g)

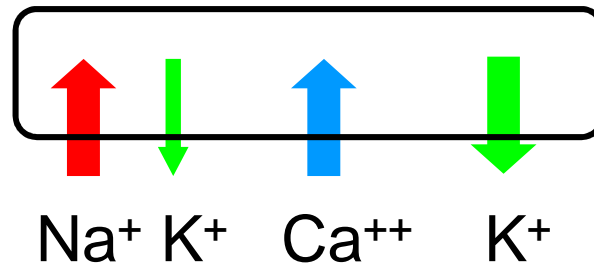
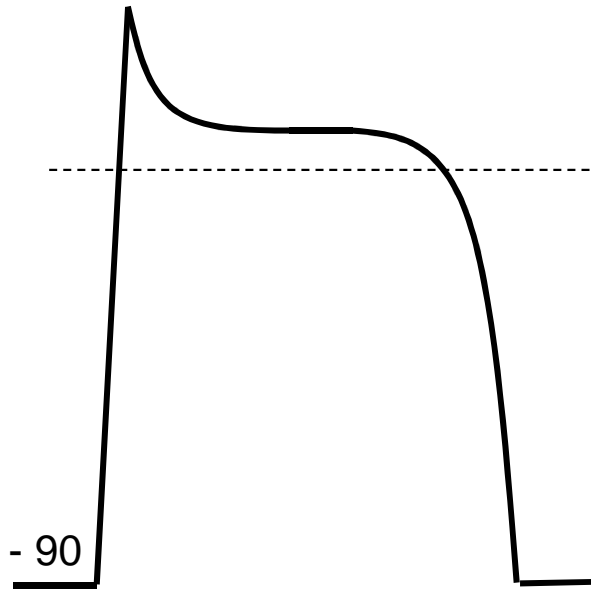


Potentiels d'actions

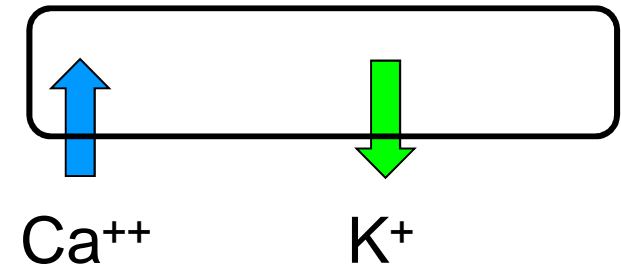
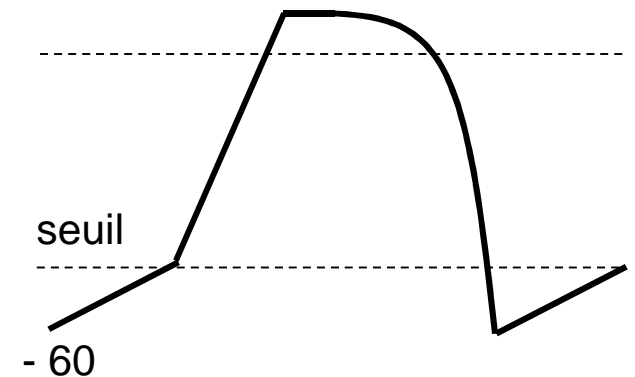
muscle strié
(squelette)



muscle cardiaque
(contraction)

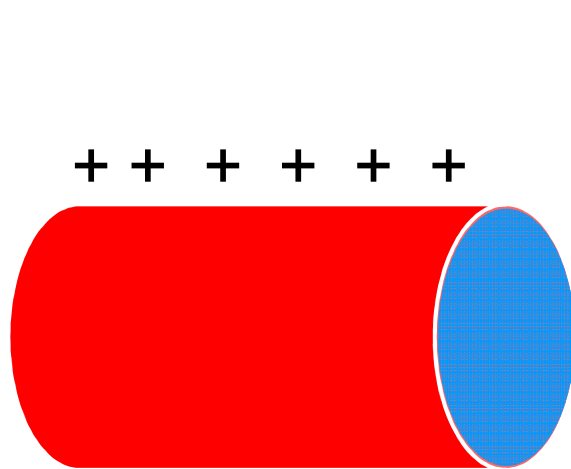


cellule nodale
(automatisme)



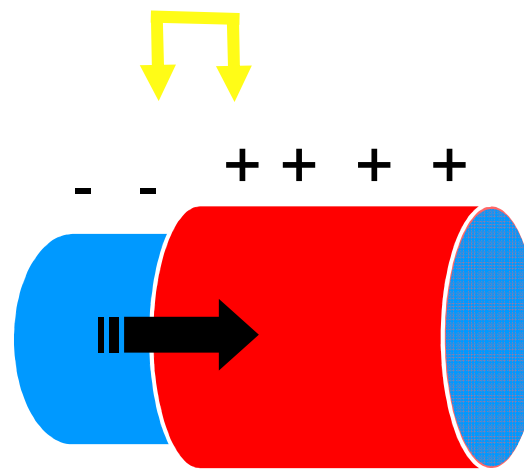
Electrophysiologie de la cellule cardiaque

Progression du front de dépolarisation dans une cellule myocardique



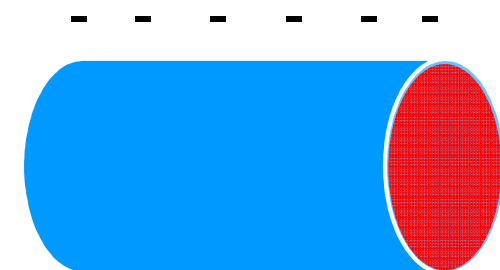
cellule au repos

pas de variation locale
du champ électrique
entourant la cellule



début de la dépolarisation
et contraction musculaire

variation locale du
champ électrique
(dipôles)



dépolarisation complète

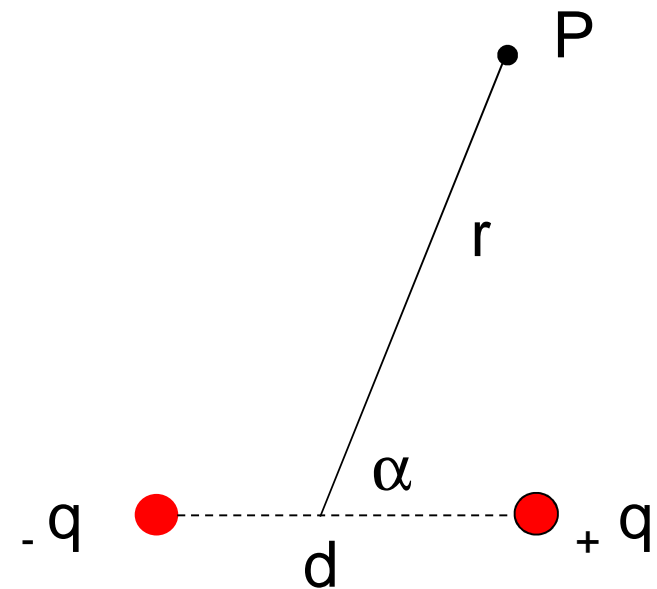
pas de variation locale
du champ électrique
entourant la cellule

Bases physiques de l' ECG

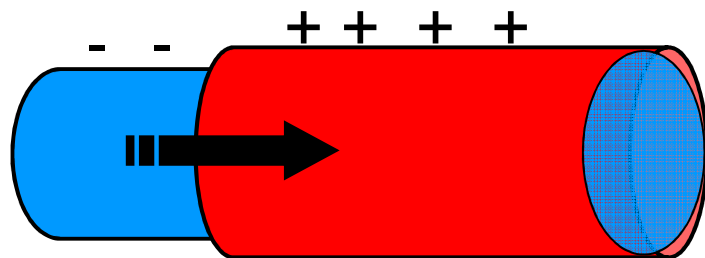
Notion de dipôle électrique

2 charges ponctuelles opposées crée un potentiel qui peut être mesuré à distance

$$V_p = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0} \frac{d \cos \alpha}{r^2}$$

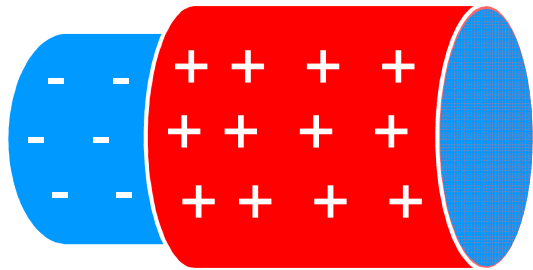


Comme la dépolarisation se propage d'un point à un autre on assimile cette variation du champ électrique à un vecteur électrique instantané élémentaire dirigé du \ominus vers le \oplus



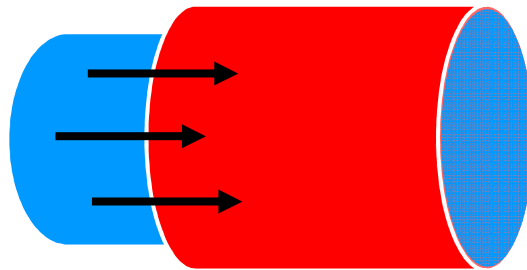
Electrophysiologie de la cellule cardiaque

dipôles



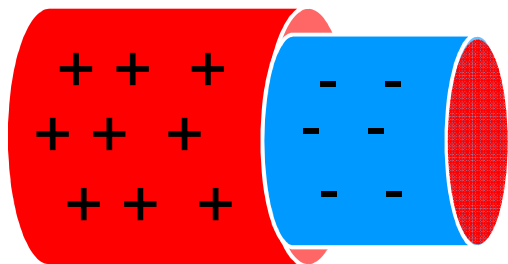
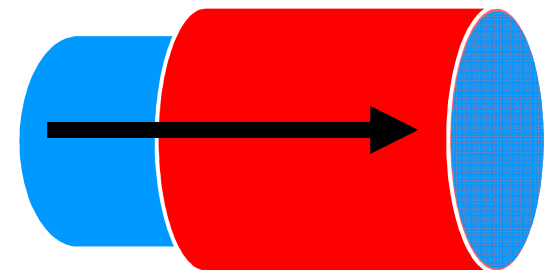
sens de la
dépolariation

vecteurs élémentaires

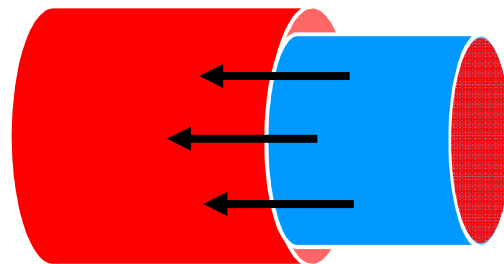


la vecteur résultant de dépolariation est de même sens que celui de la dépolariation

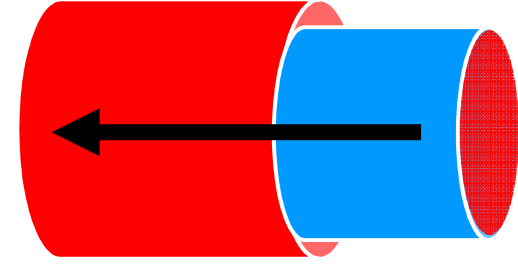
vecteur résultant instantané



sens de la
repolarisation



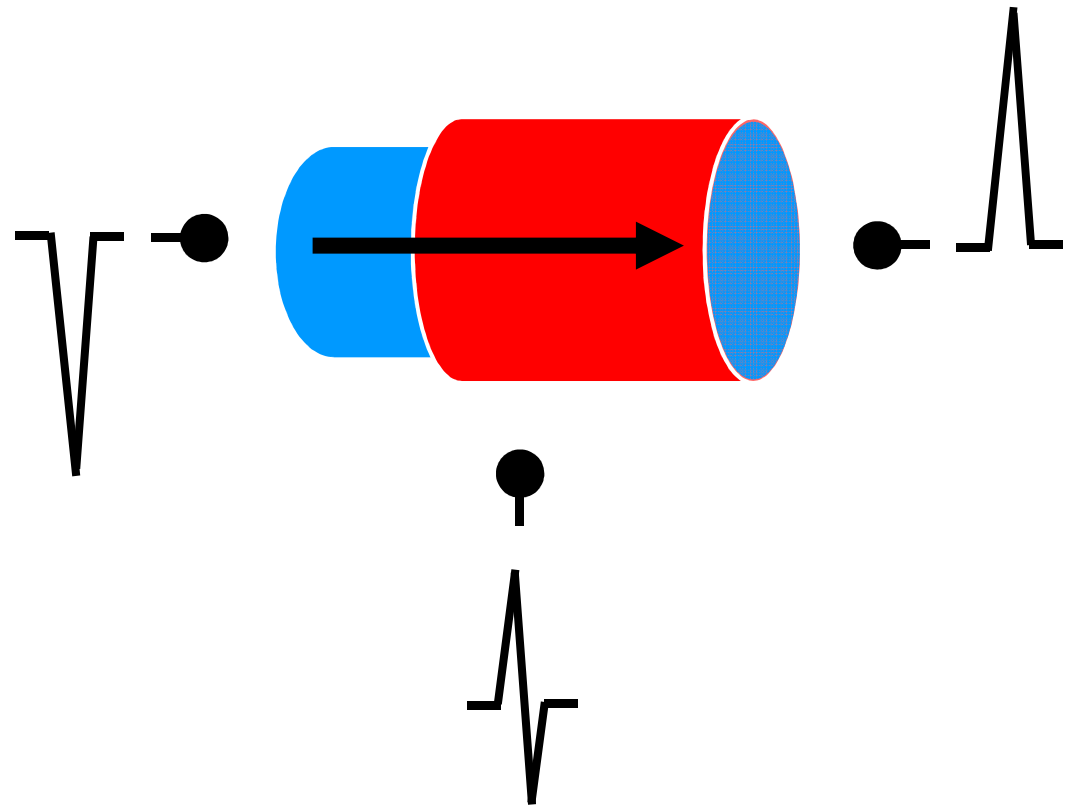
Le vecteur résultant de la repolarisation est de sens contraire à celui de la repolarisation



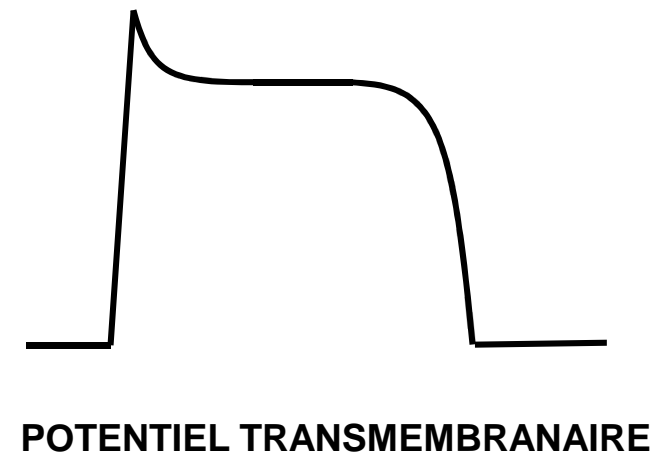
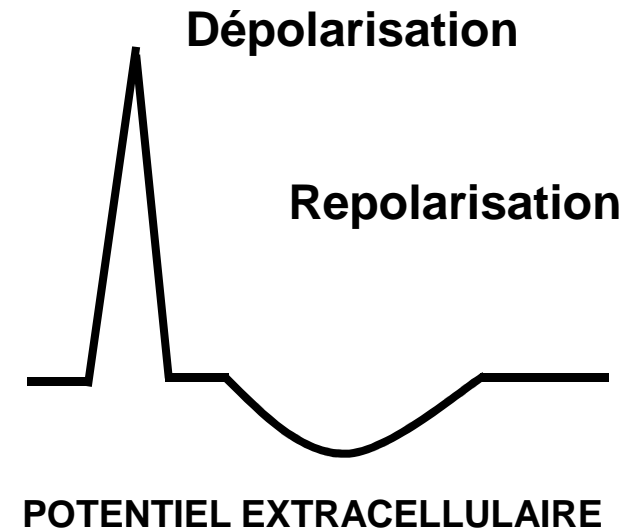
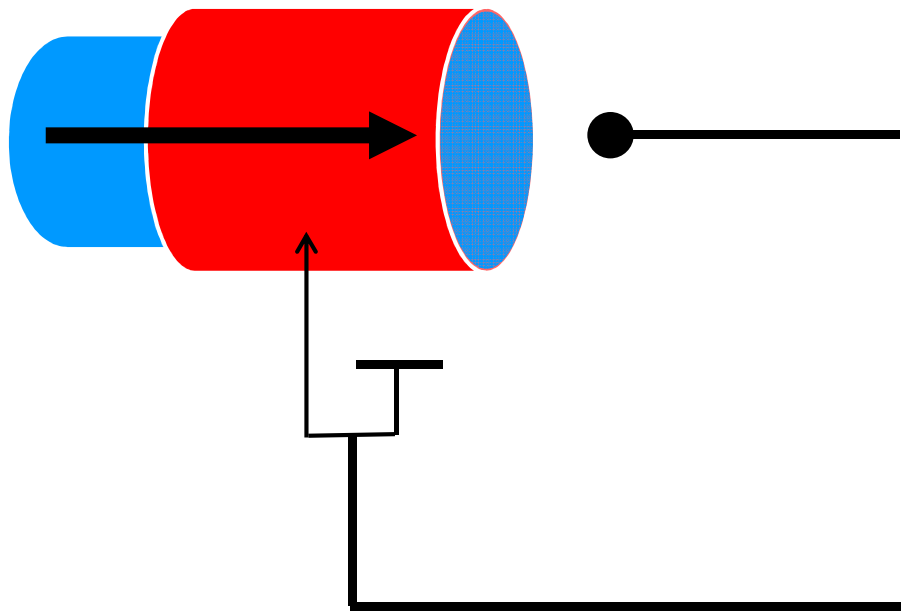
Enregistrement graphique

■ Lorsque le vecteur se dirige vers l'électrode exploratrice, une déflexion positive est enregistrée.

■ Lorsque le vecteur s'éloigne de l'électrode exploratrice, une déflexion négative s'inscrit.



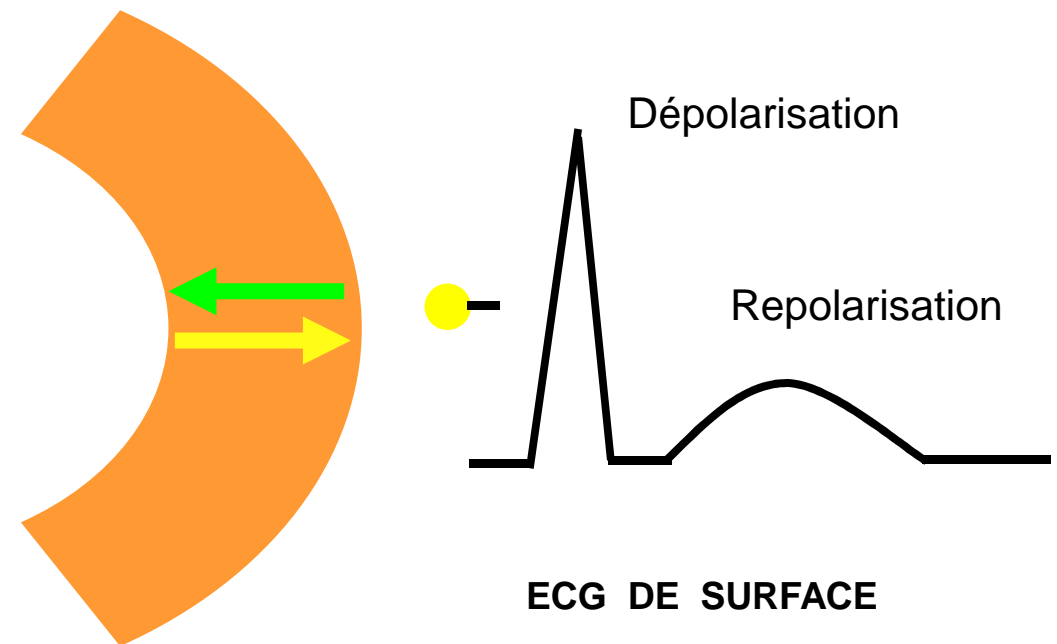
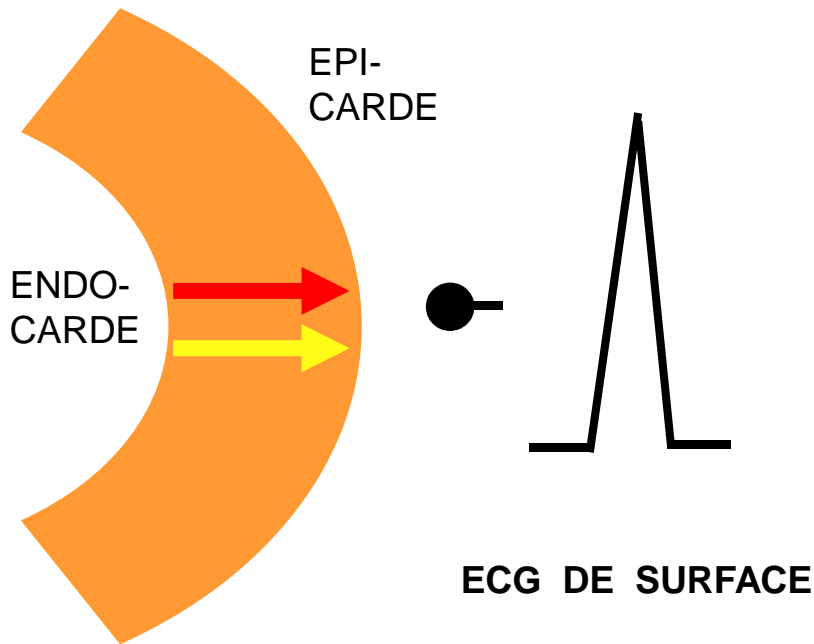
Enregistrement graphique







Electrocardiogramme de surface

DEPOLARISATION

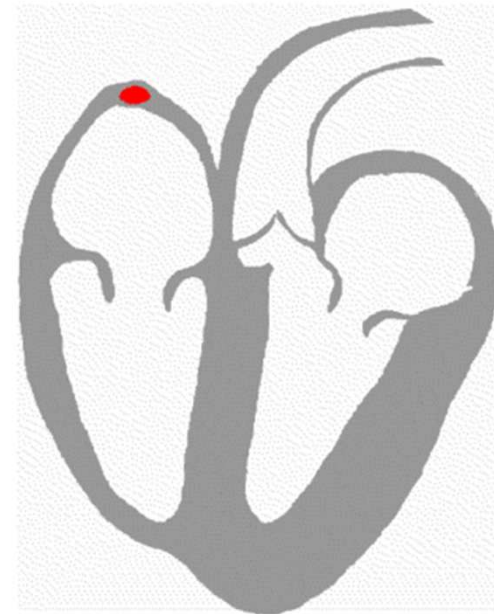
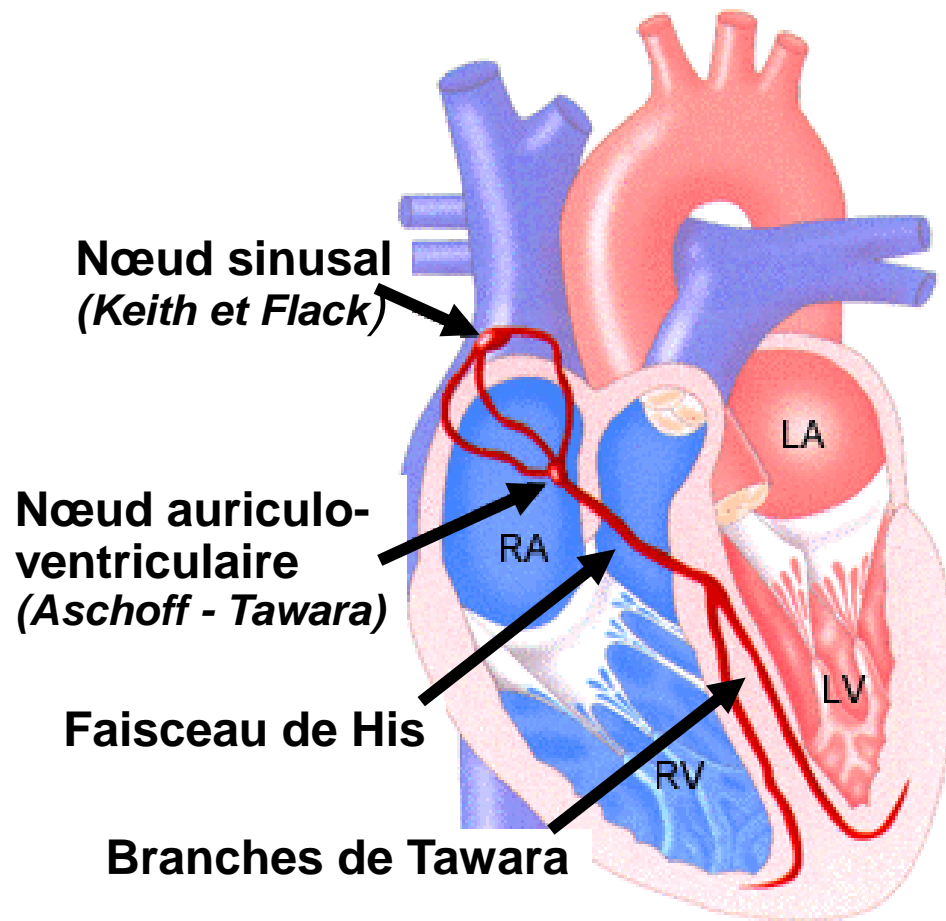
REPOLARISATION



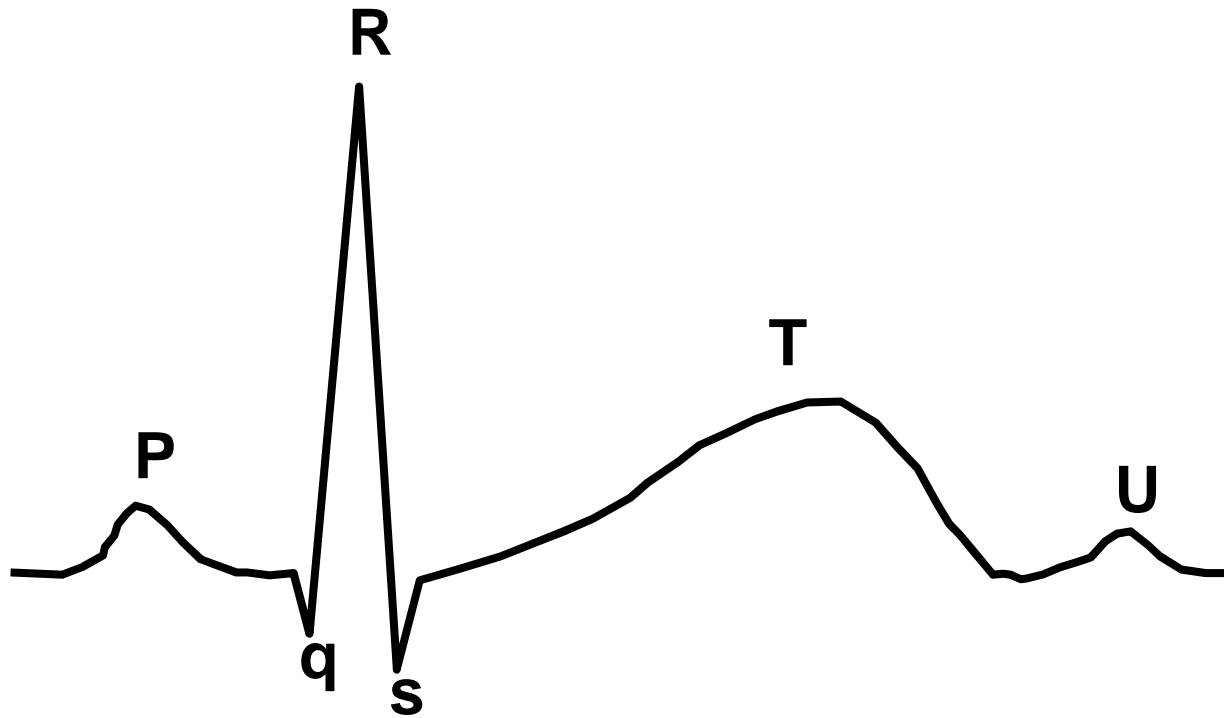
La dépolarisation se fait de l'endocarde vers l'épicarde 
Rappel : le vecteur résultant instantané est de même sens que la dépolarisation 

La repolarisation se fait de l'épicarde vers l'endocarde 
Rappel : le vecteur résultant est de sens contraire au sens de la repolarisation 

L'électrocardiogramme



Le complexe P QRS T U

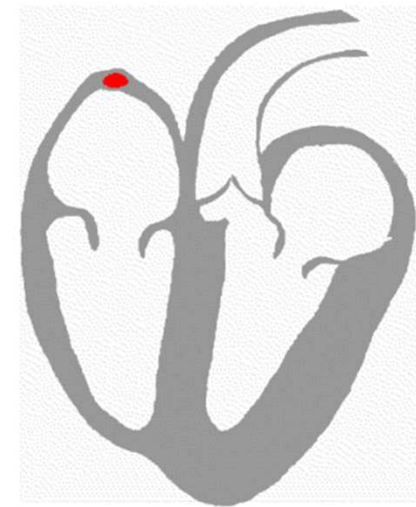
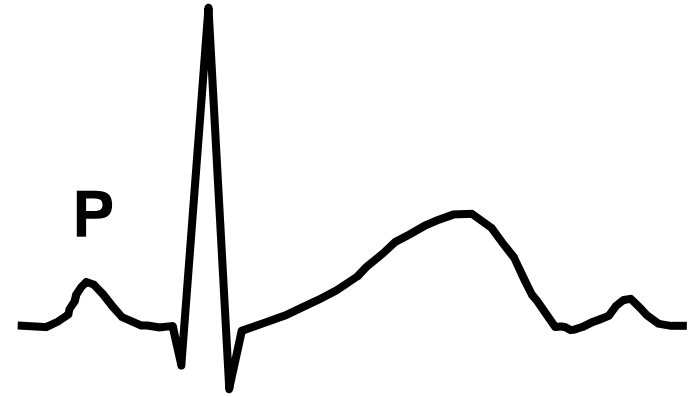


Onde P

dépolarisation des oreillettes

durée : max 8 / 100 seconde

amplitude : max 2 mm

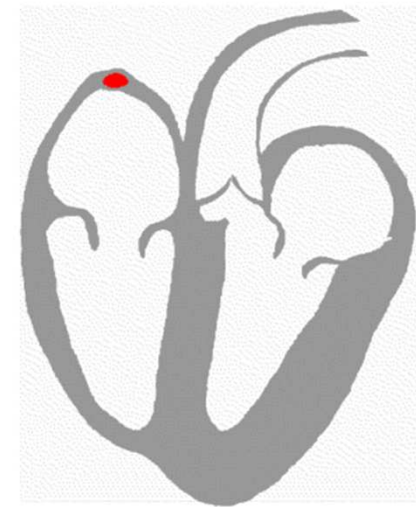
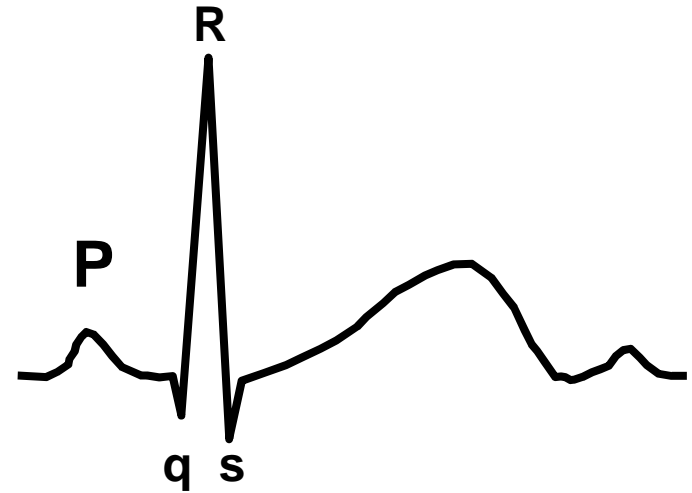


Intervalle PR

temps de conduction auriculo-ventriculaire

durée : 12 à 20 / 100 seconde

se mesure depuis le début de P jusqu'au début de QRS



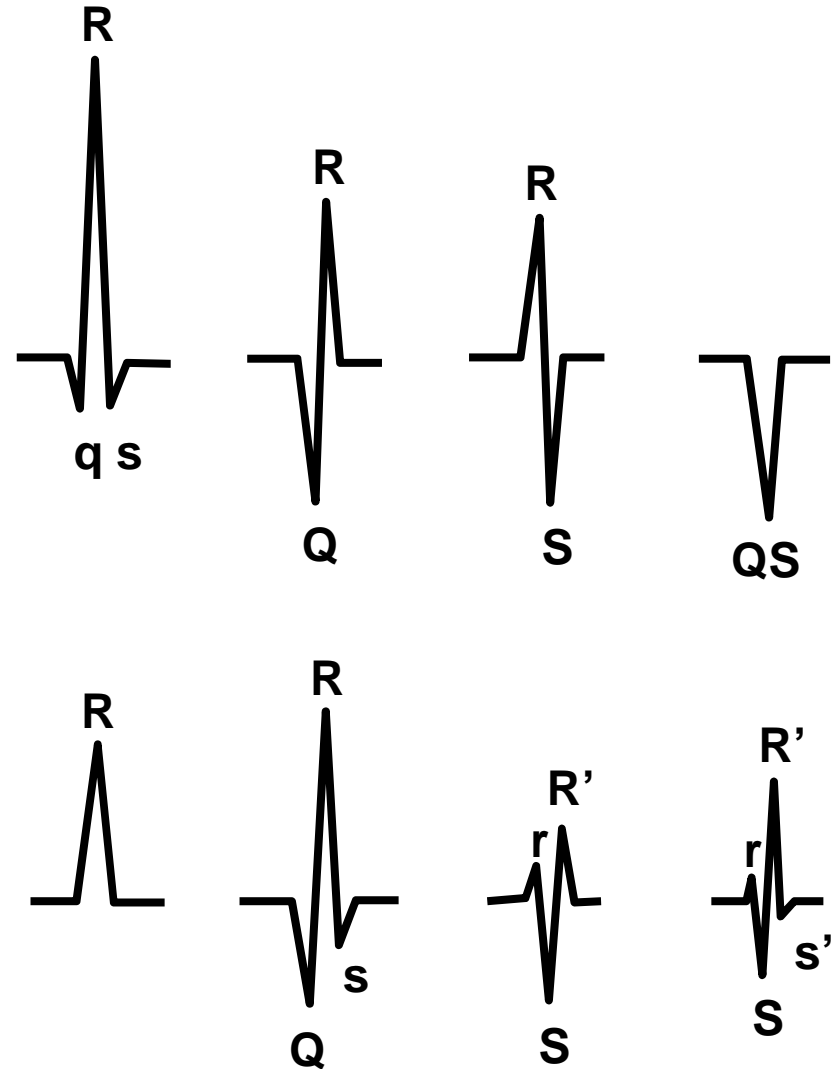
Complexe QRS

dépolarisation des ventricules

durée : max 8 / 100 seconde

les ondes de grande amplitude sont désignées par une lettre majuscule, les autres par une minuscule :

onde **Q** première déflexion négative
onde **R** première déflexion positive
onde **S** déflexion négative qui suit R
onde **R'** deuxième déflexion positive qui suit S, ...

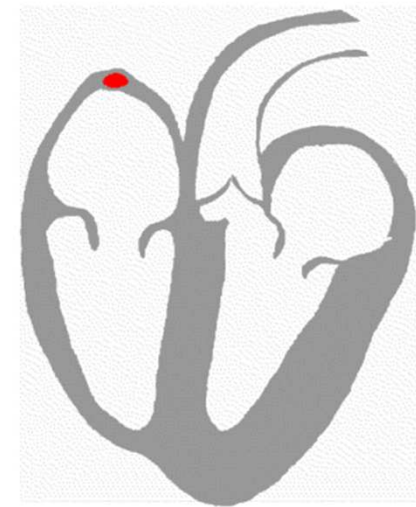
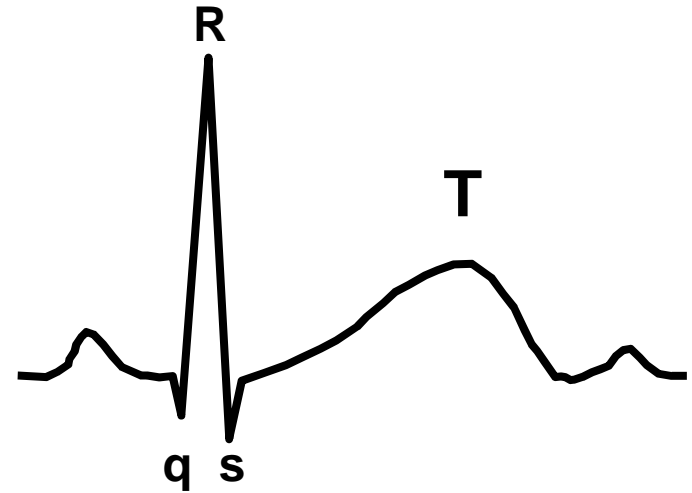


Segment ST et onde T

Repolarisation des ventricules

durée QT : 36 / 100 sec pour un
rythme de 75 / min

onde T : asymétrique,
même sens que QRS sauf en V1

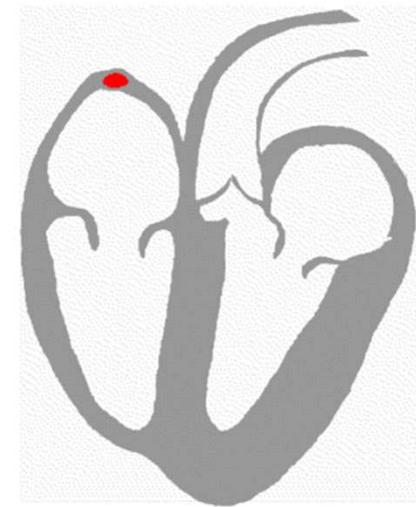
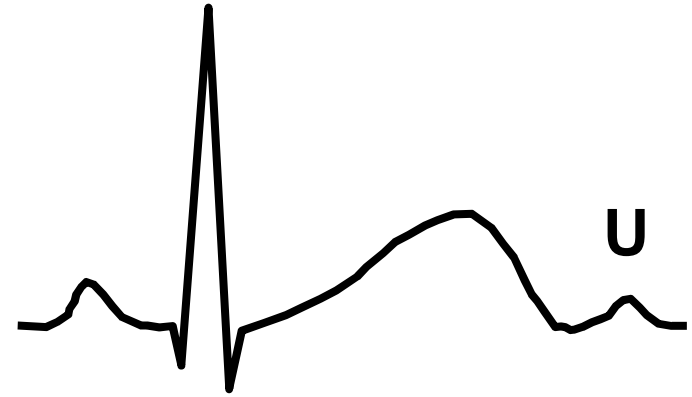


Onde U

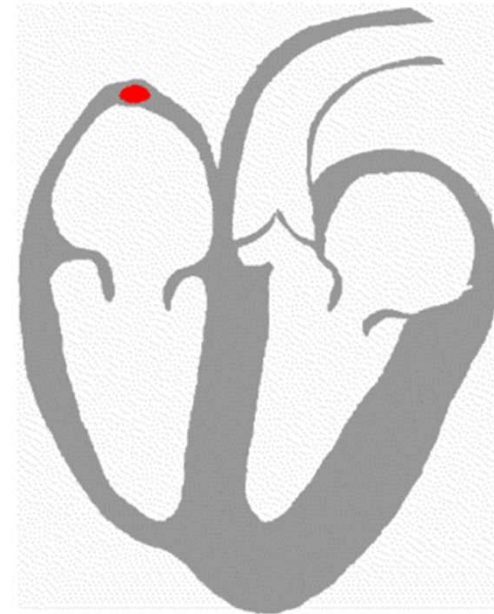
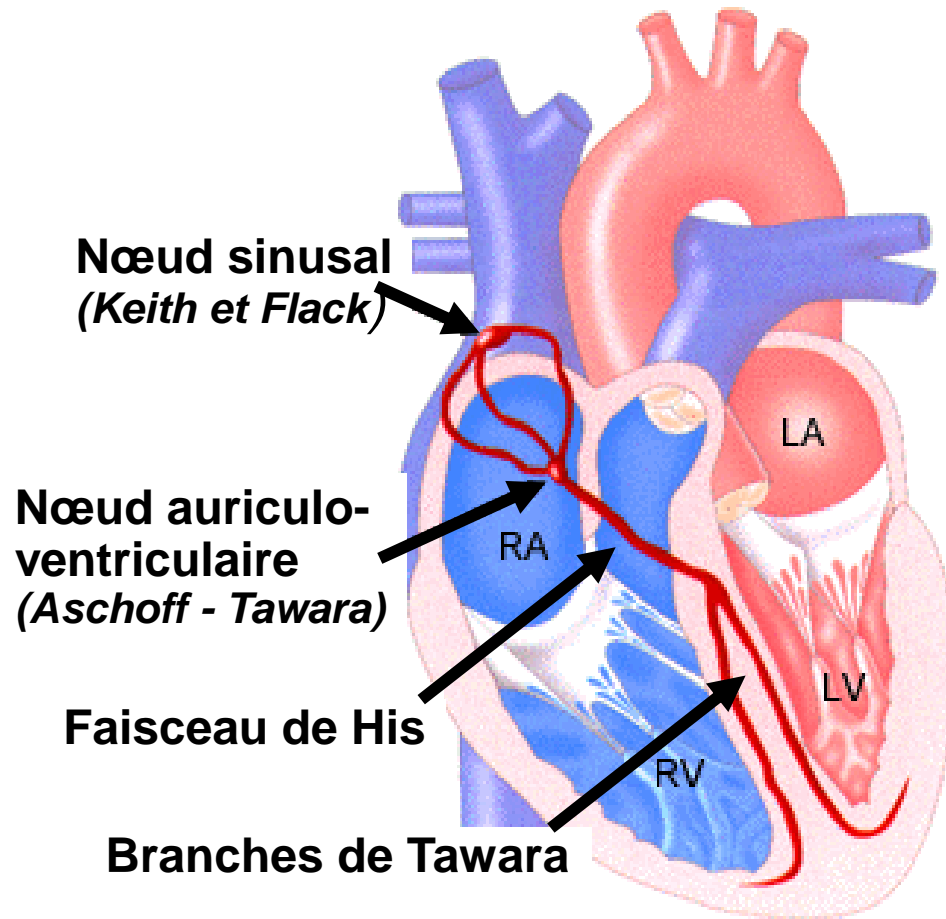
signification ?

suit l'onde T

durée : environ 20 / 100 sec

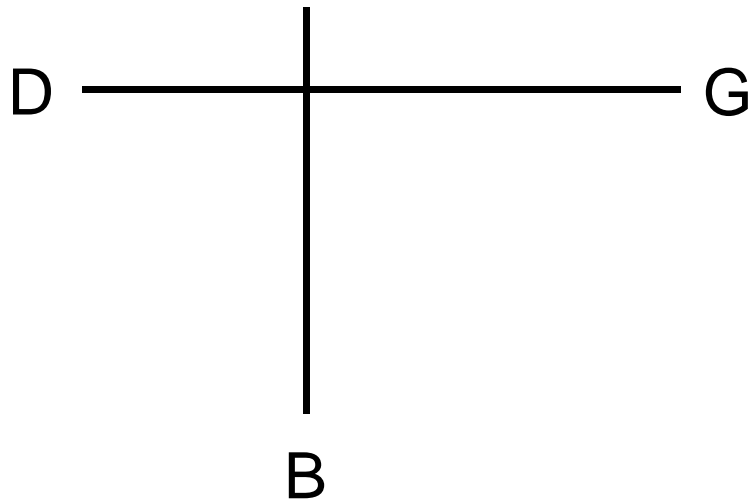
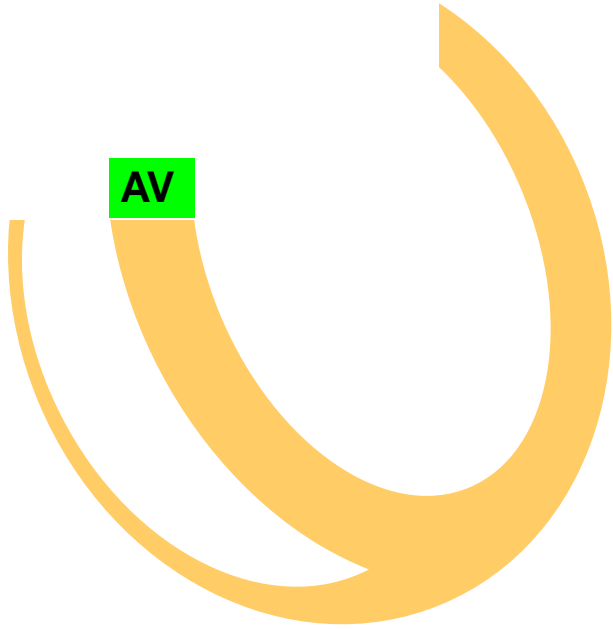


L'électrocardiogramme

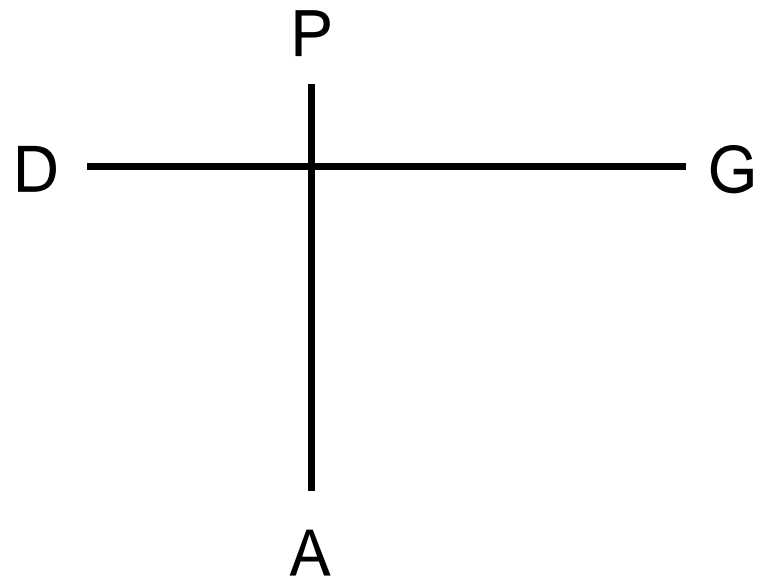


PLAN FRONTAL

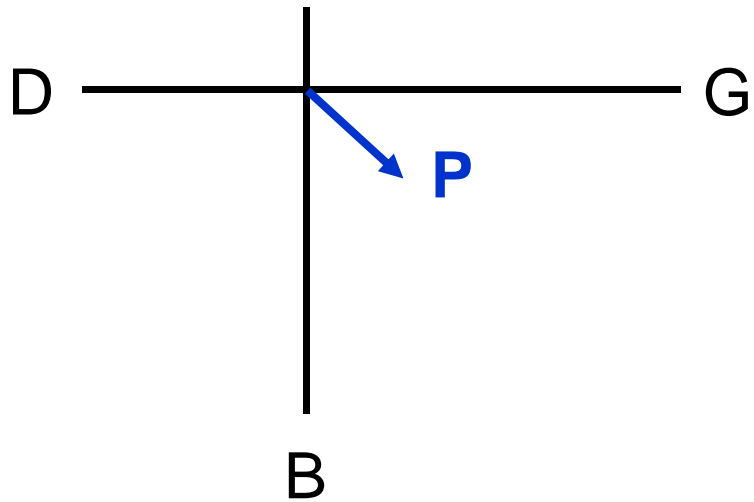
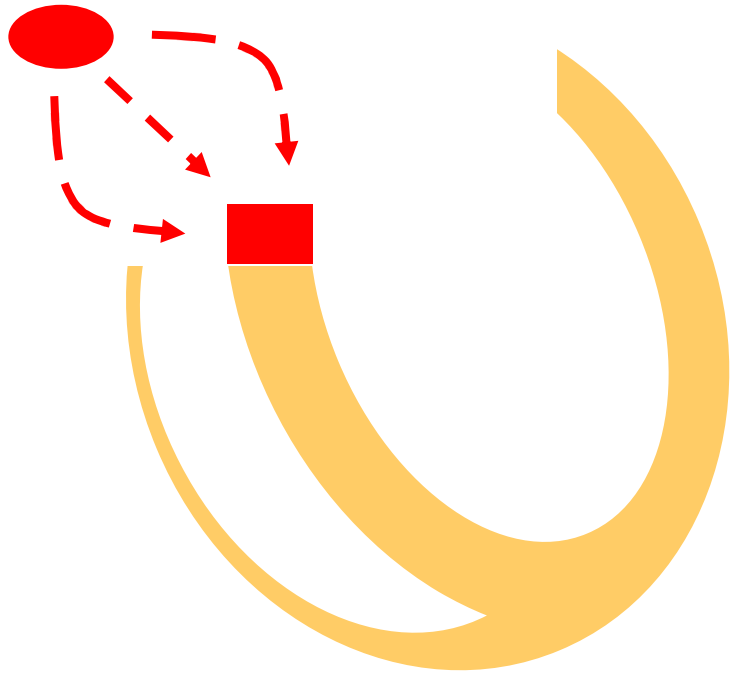
NS



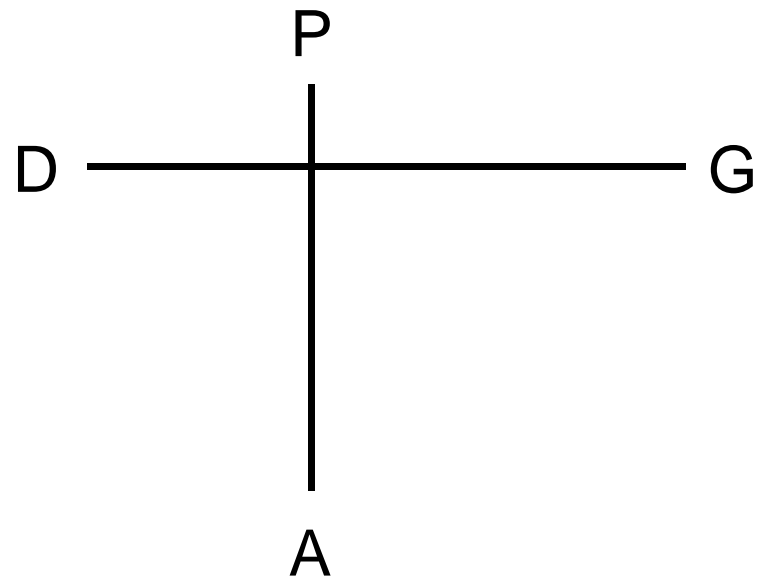
PLAN HORIZONTAL



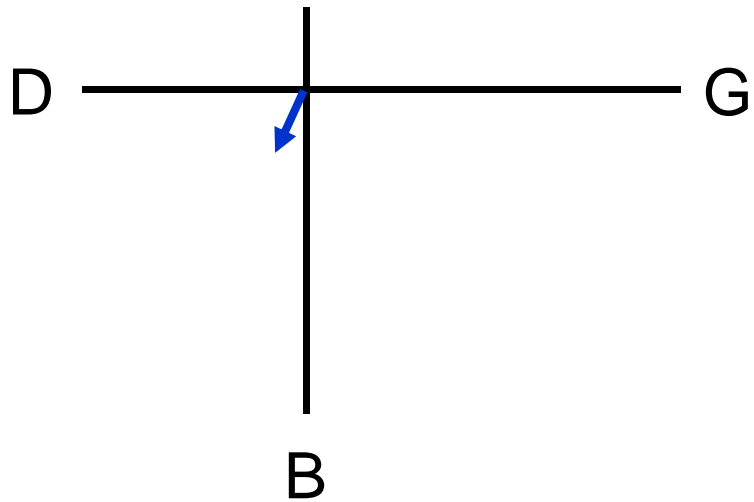
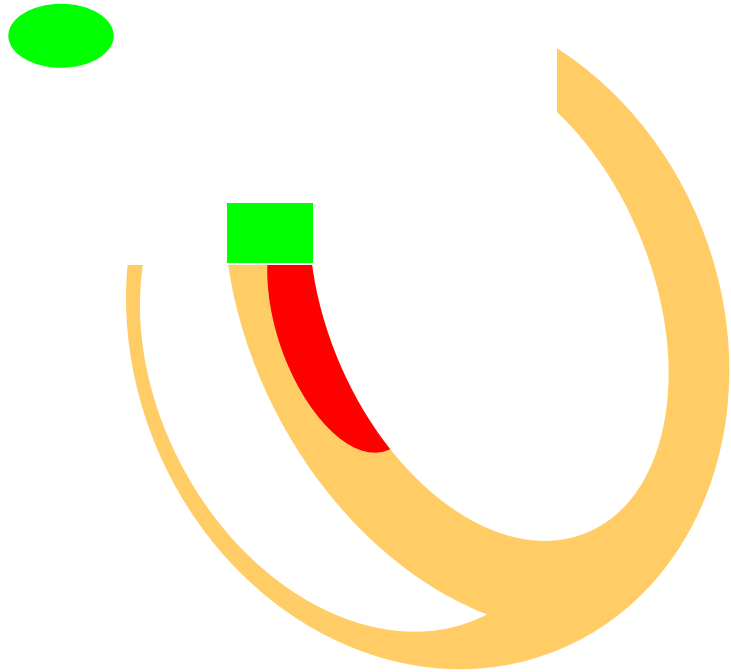
PLAN FRONTAL



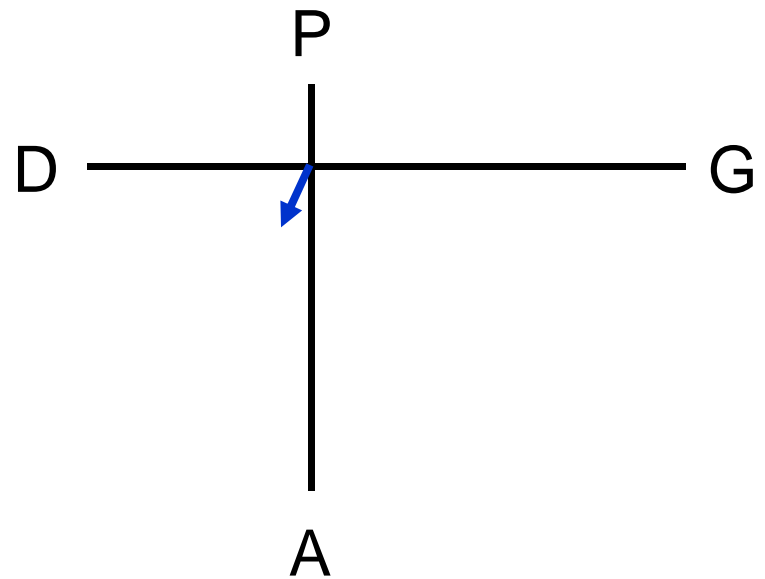
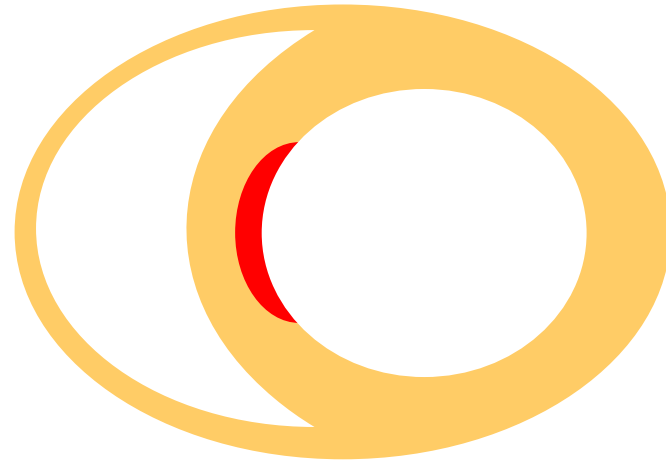
PLAN HORIZONTAL



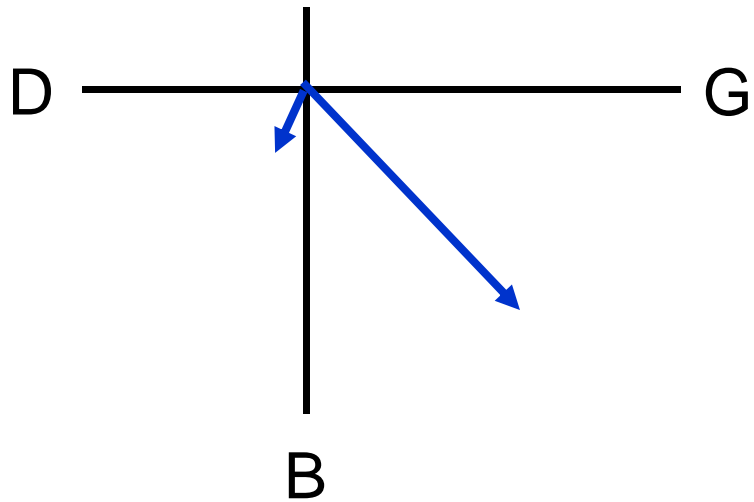
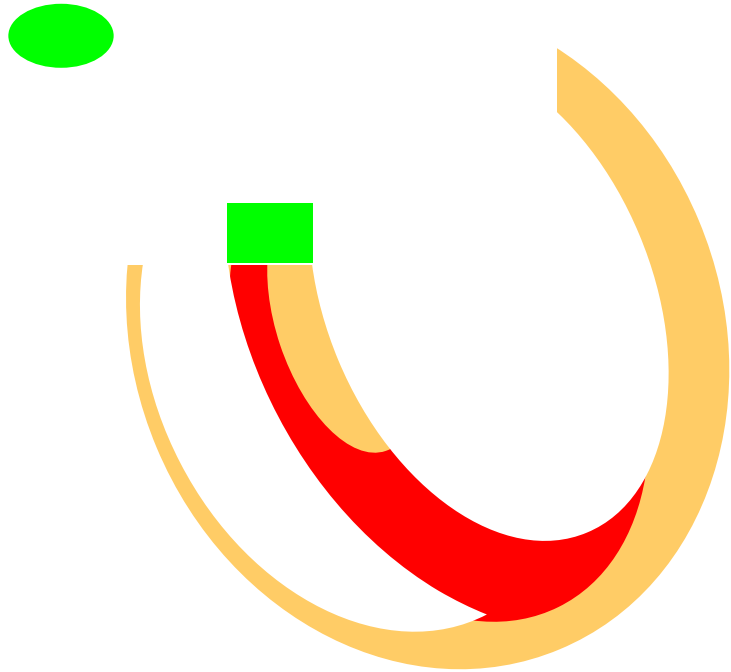
PLAN FRONTAL



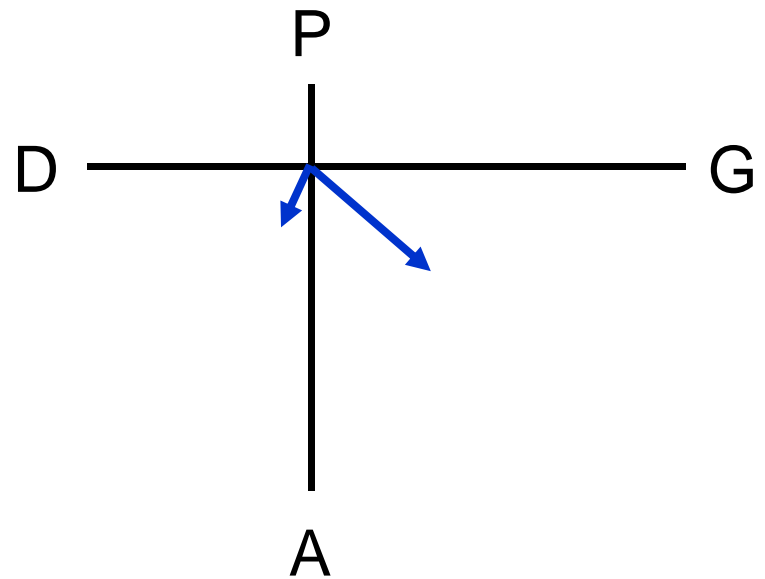
PLAN HORIZONTAL



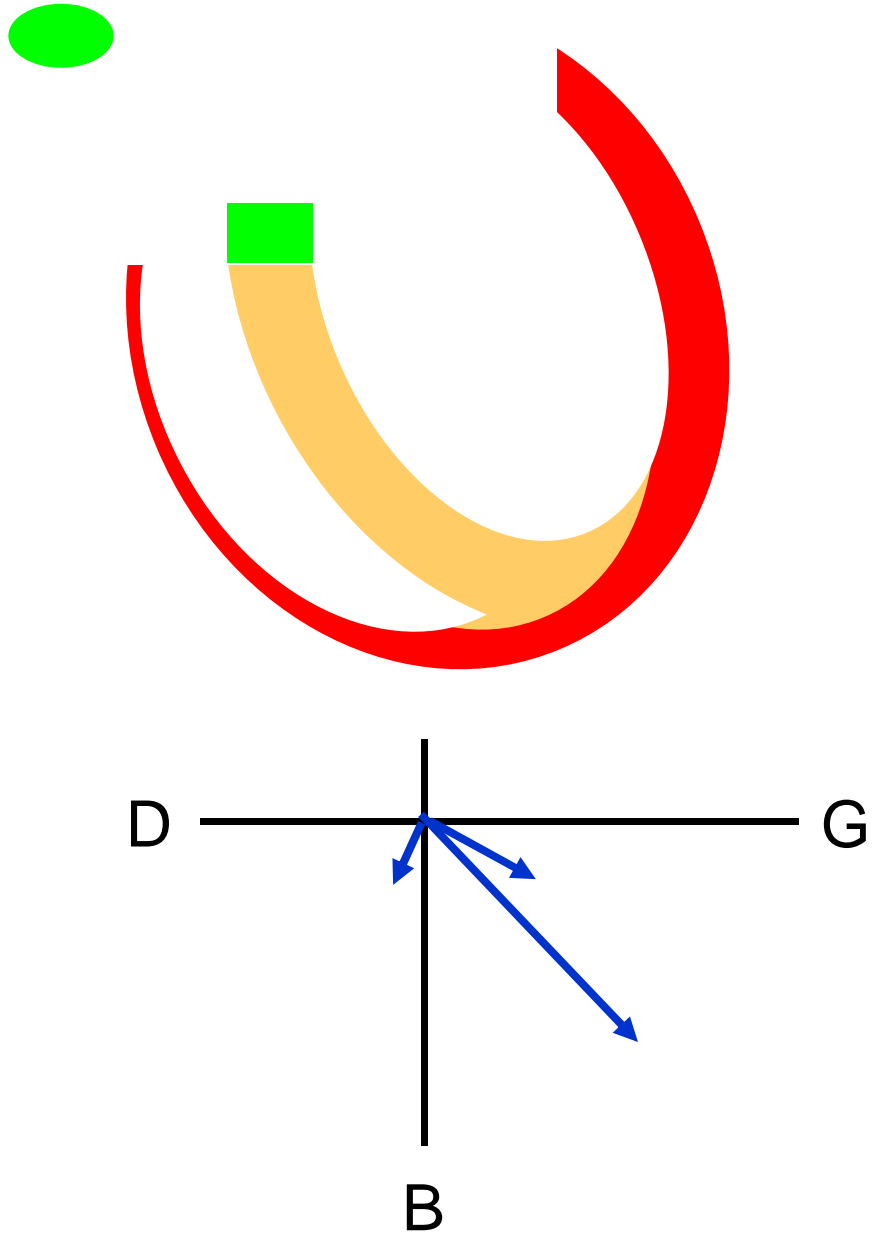
PLAN FRONTAL



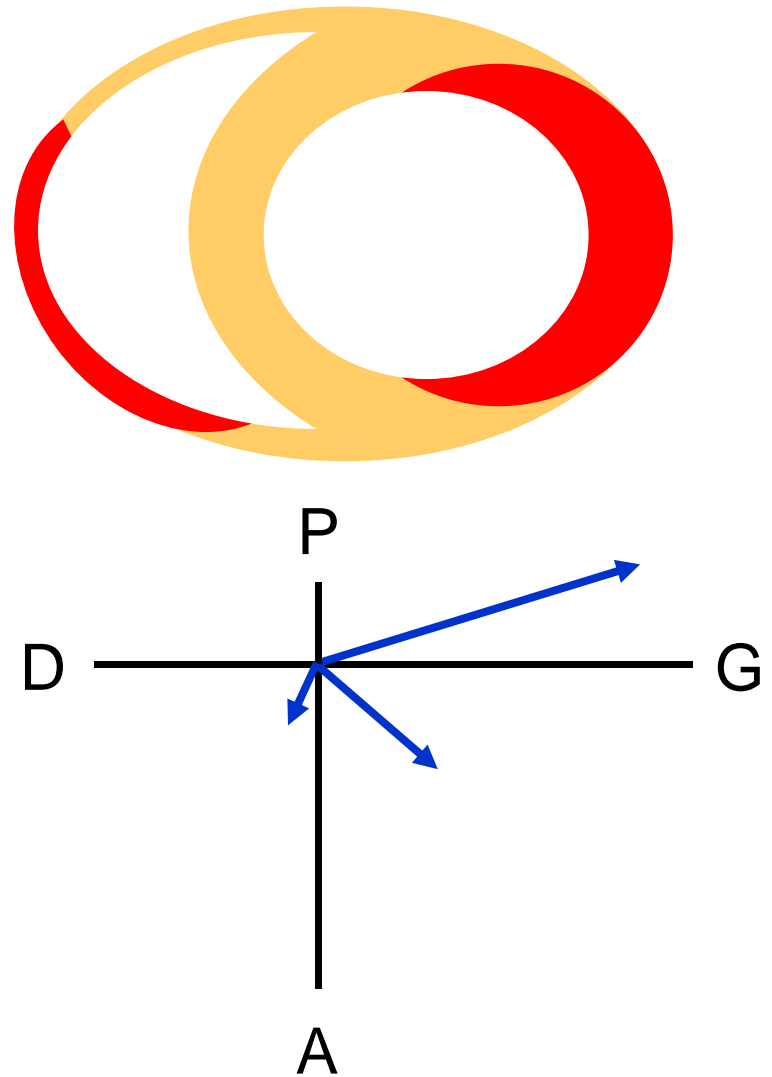
PLAN HORIZONTAL



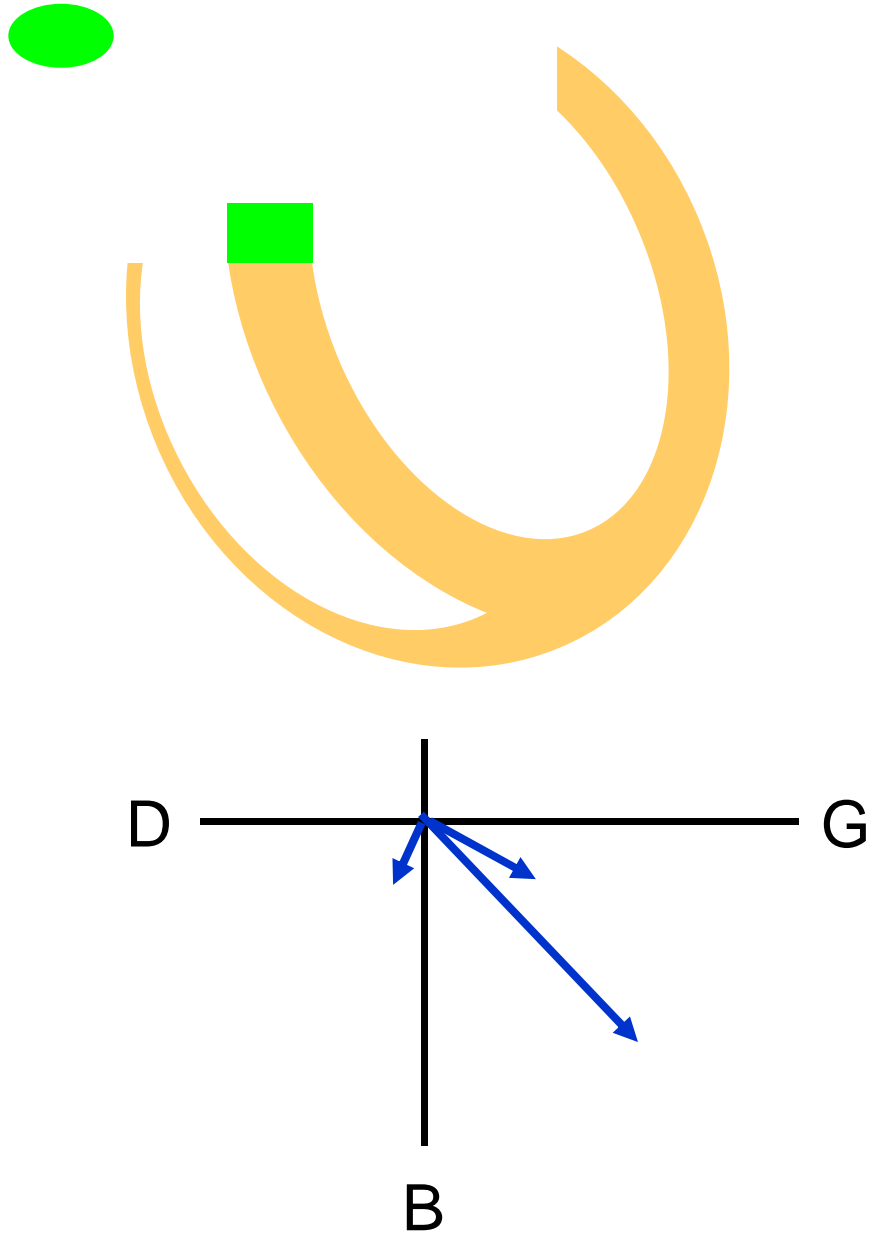
PLAN FRONTAL



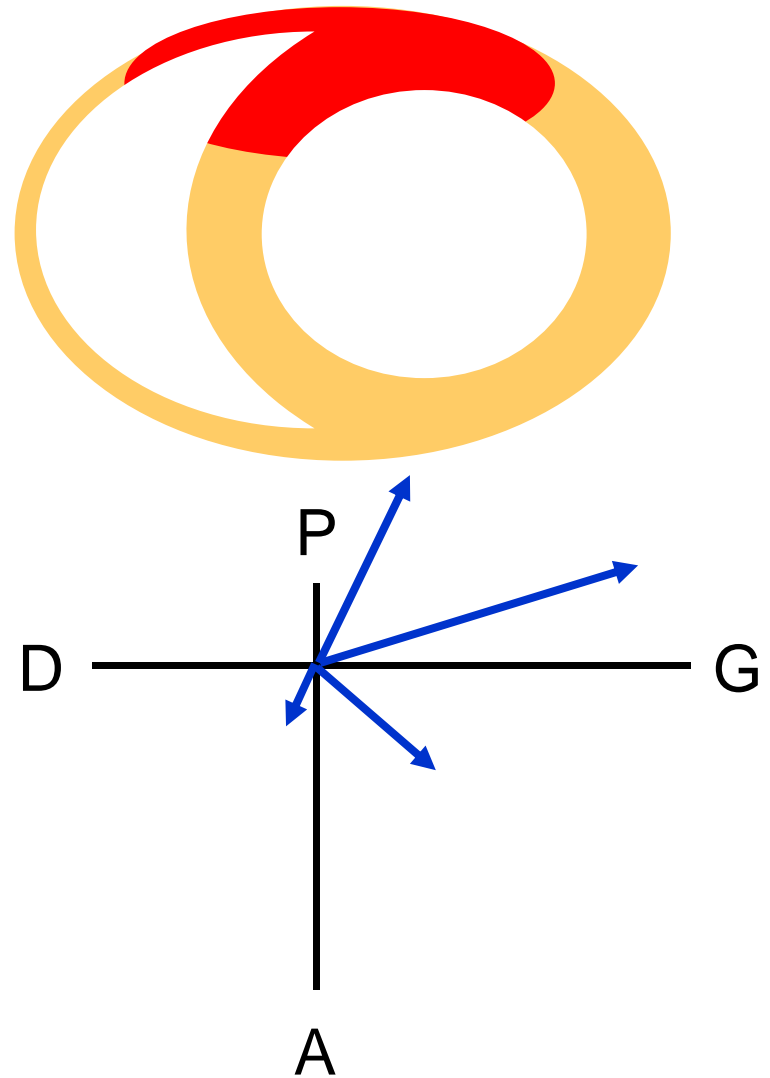
PLAN HORIZONTAL



PLAN FRONTAL

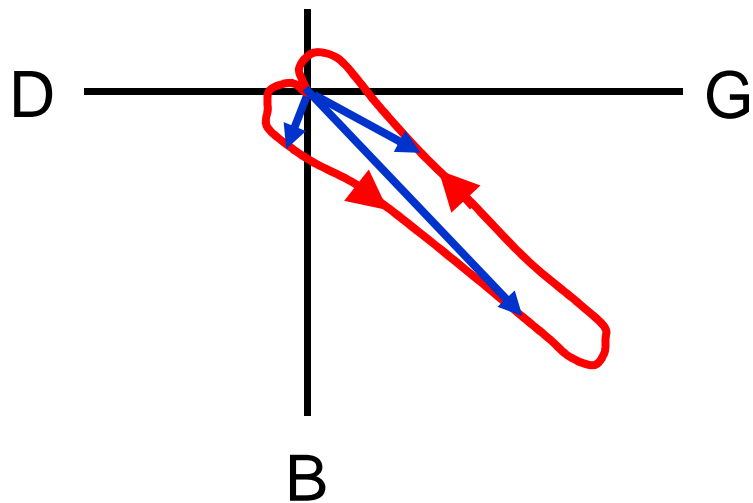


PLAN HORIZONTAL

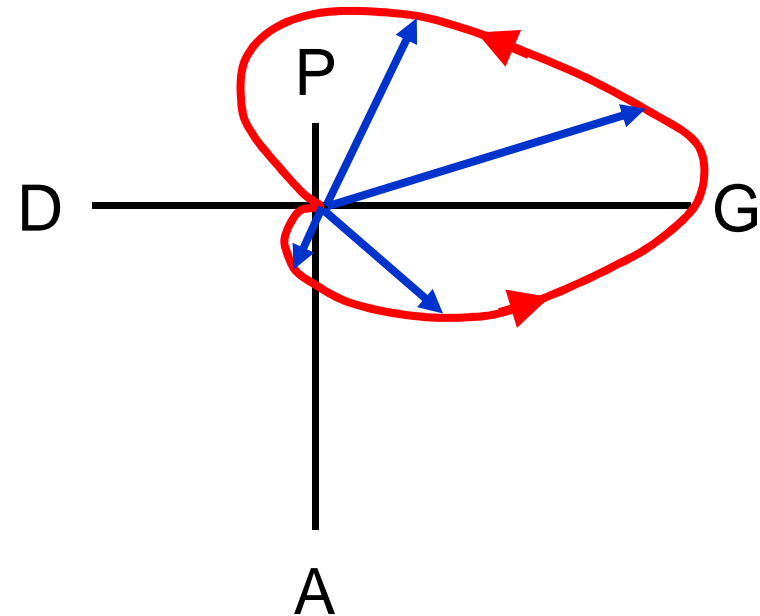


Boucles vectorielles de la dépolarisation ventriculaire chez l'homme

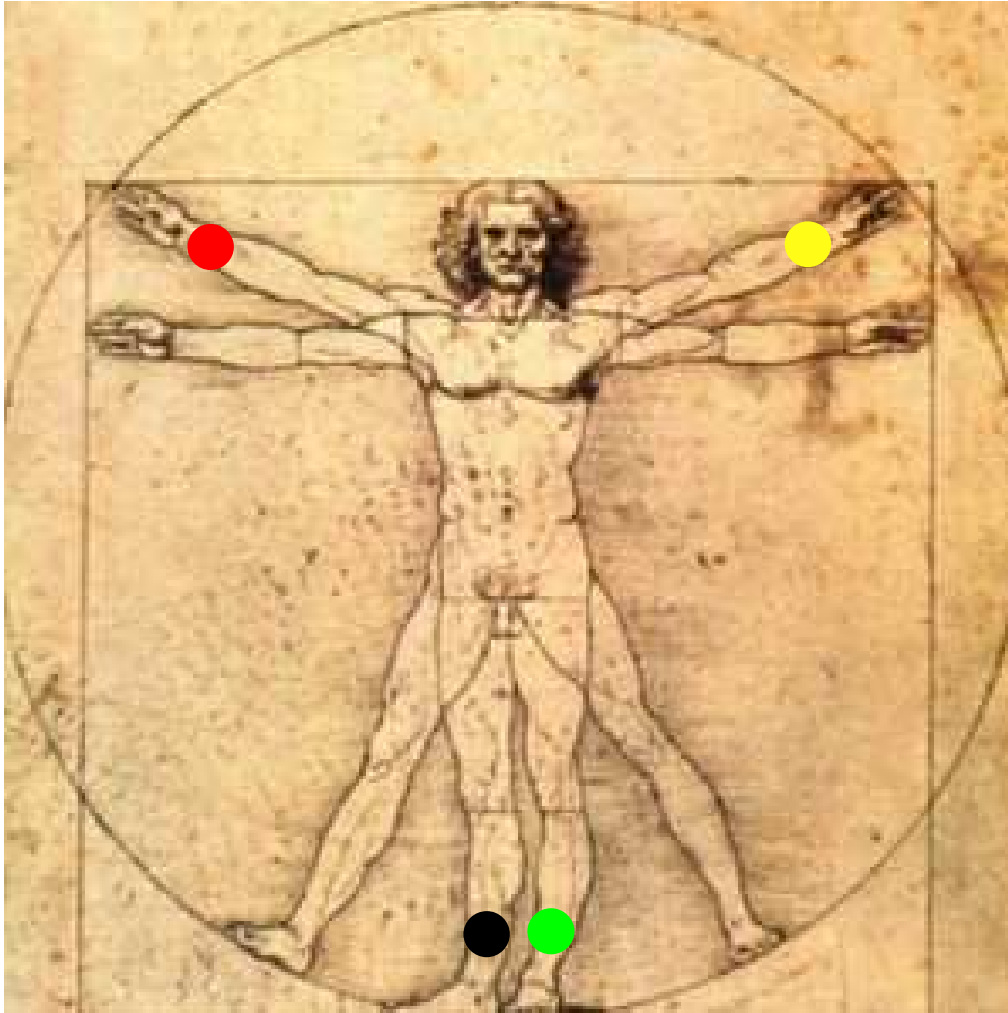
PLAN FRONTAL



PLAN HORIZONTAL



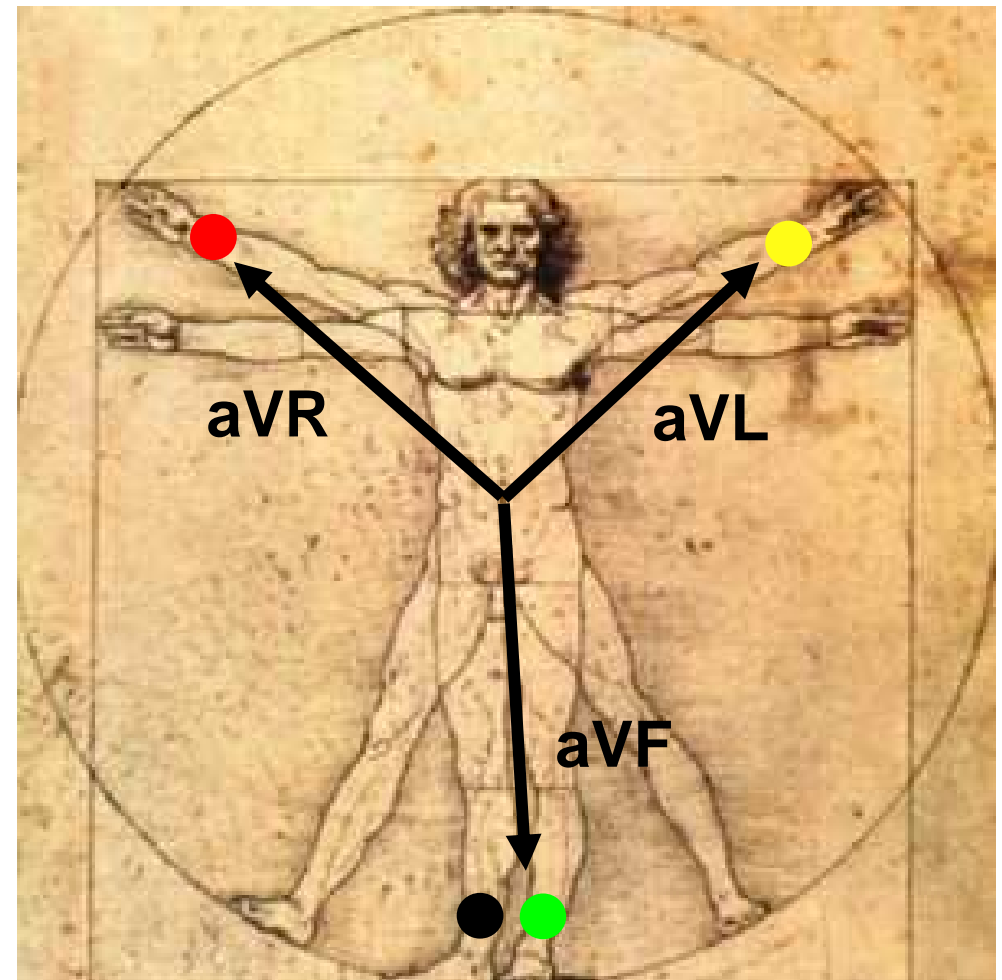
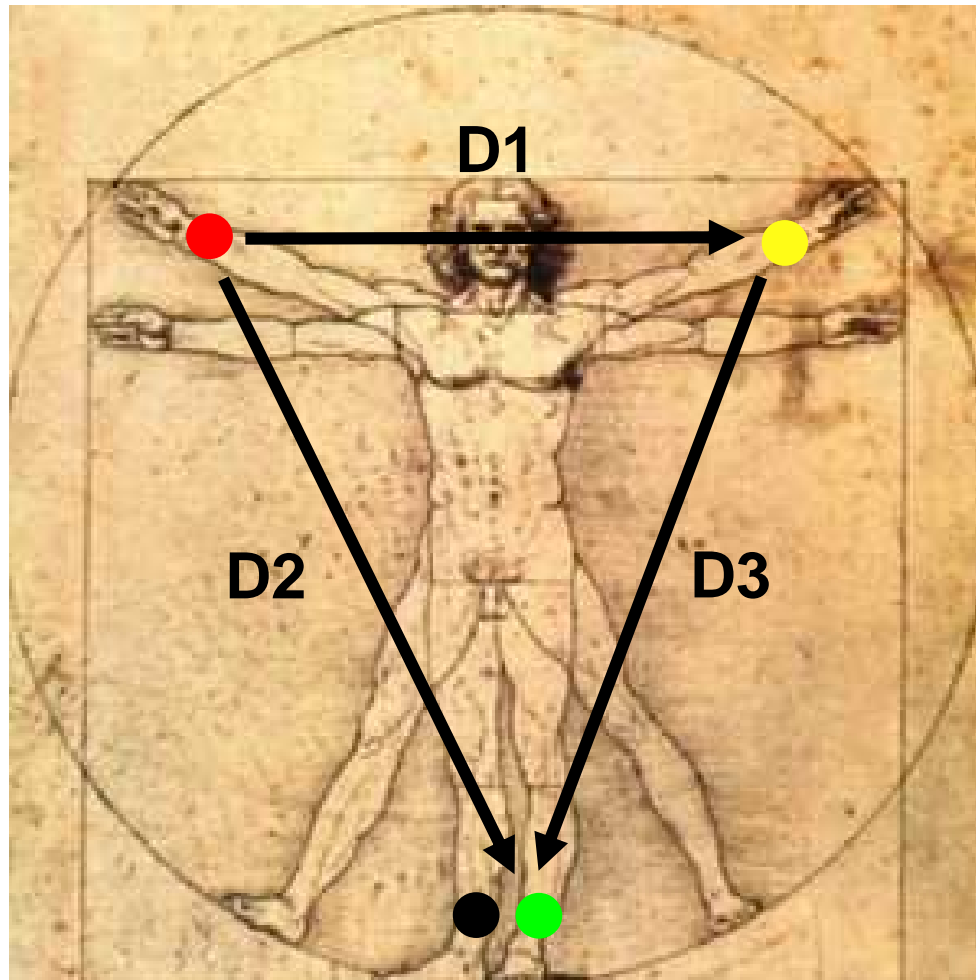
Les dérivations électrocardiographiques périphériques = plan frontal



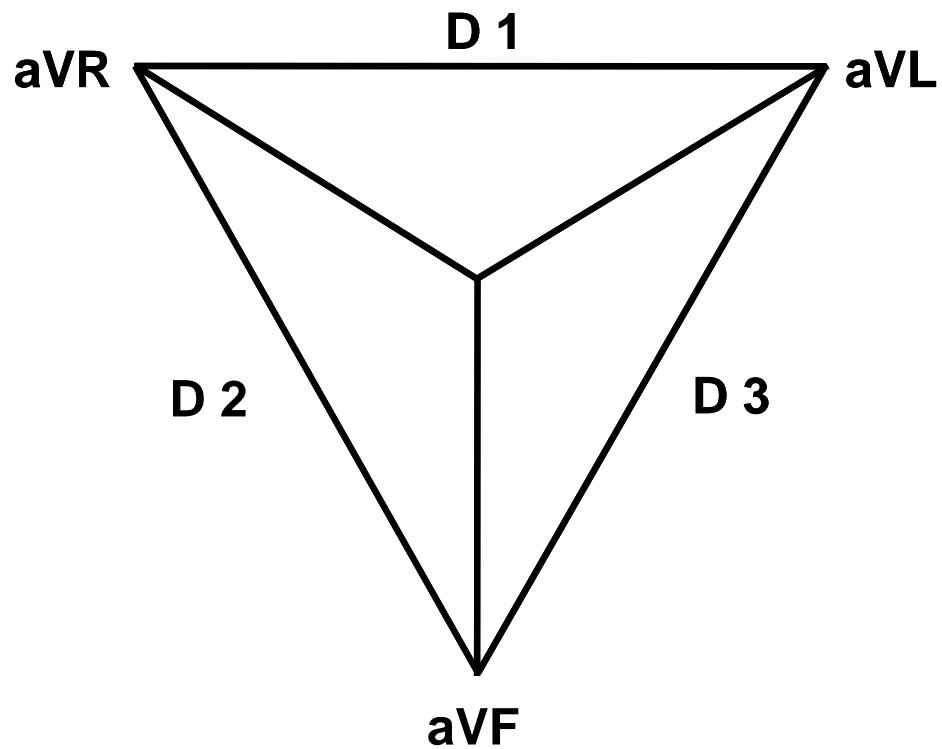
- bras droit
- bras gauche
- jambe gauche
- jambe droite

Le Sang sur le Bitume,
Le Soleil sur la Prairie.

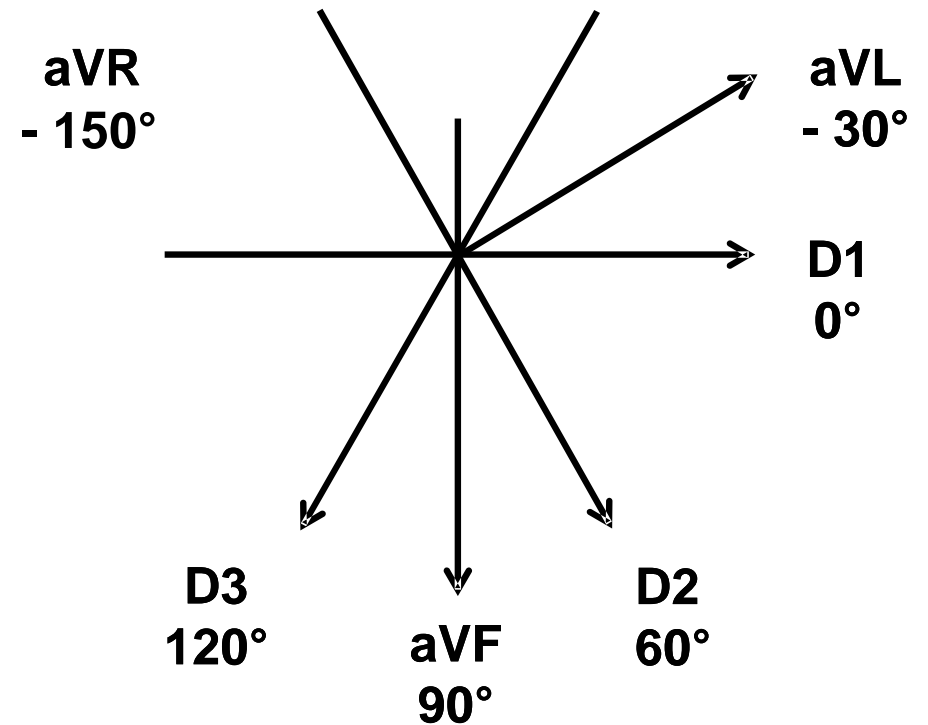
Les dérivations électrocardiographiques périphériques = plan frontal

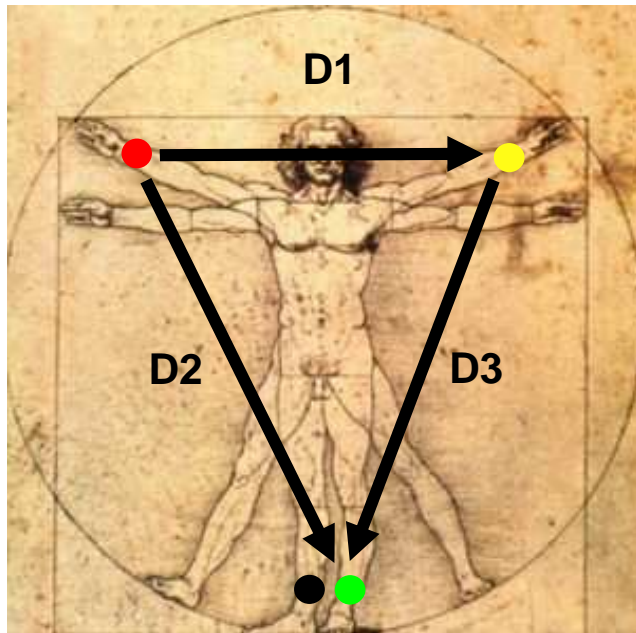


Triangle d'Einthoven

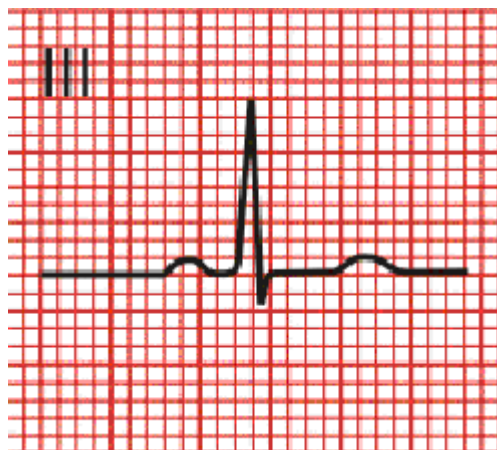
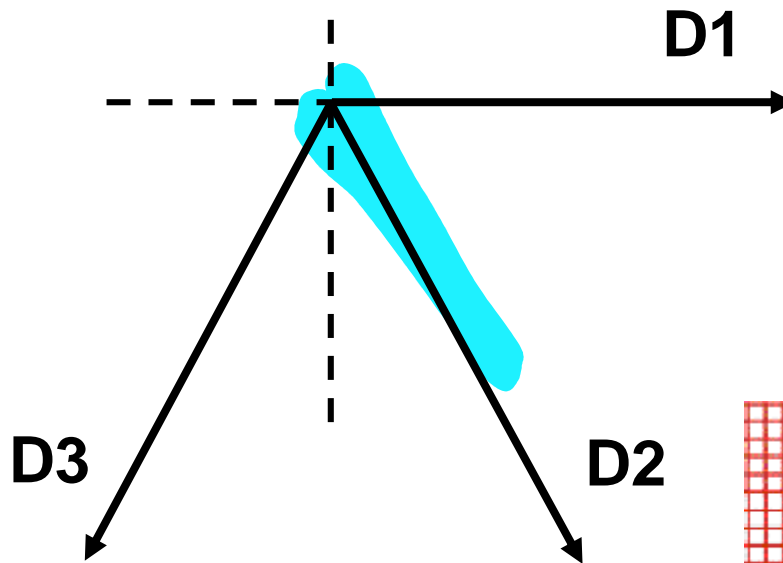
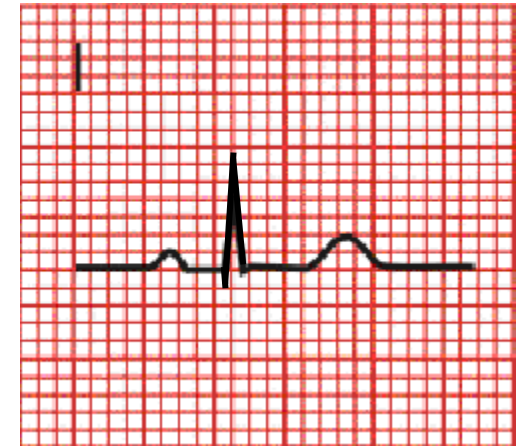


Triaxe de Bailey

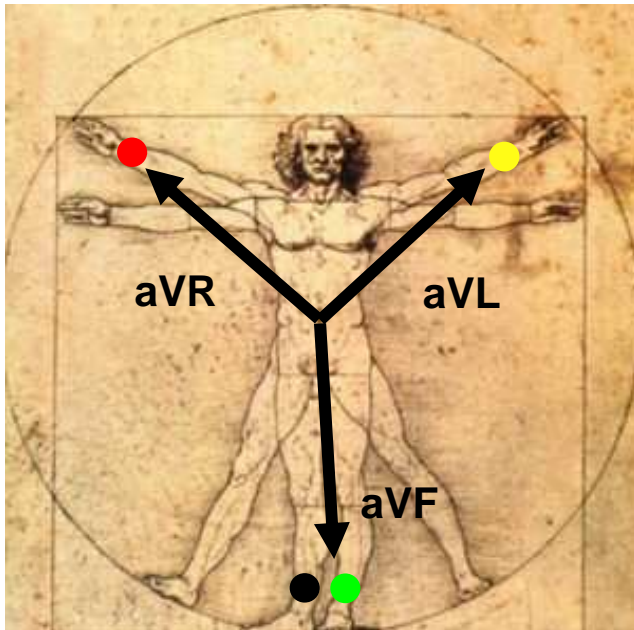
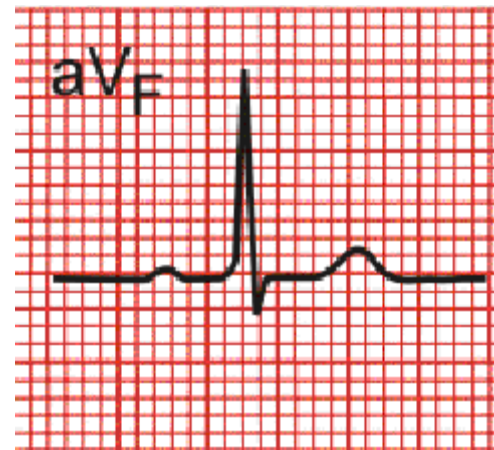
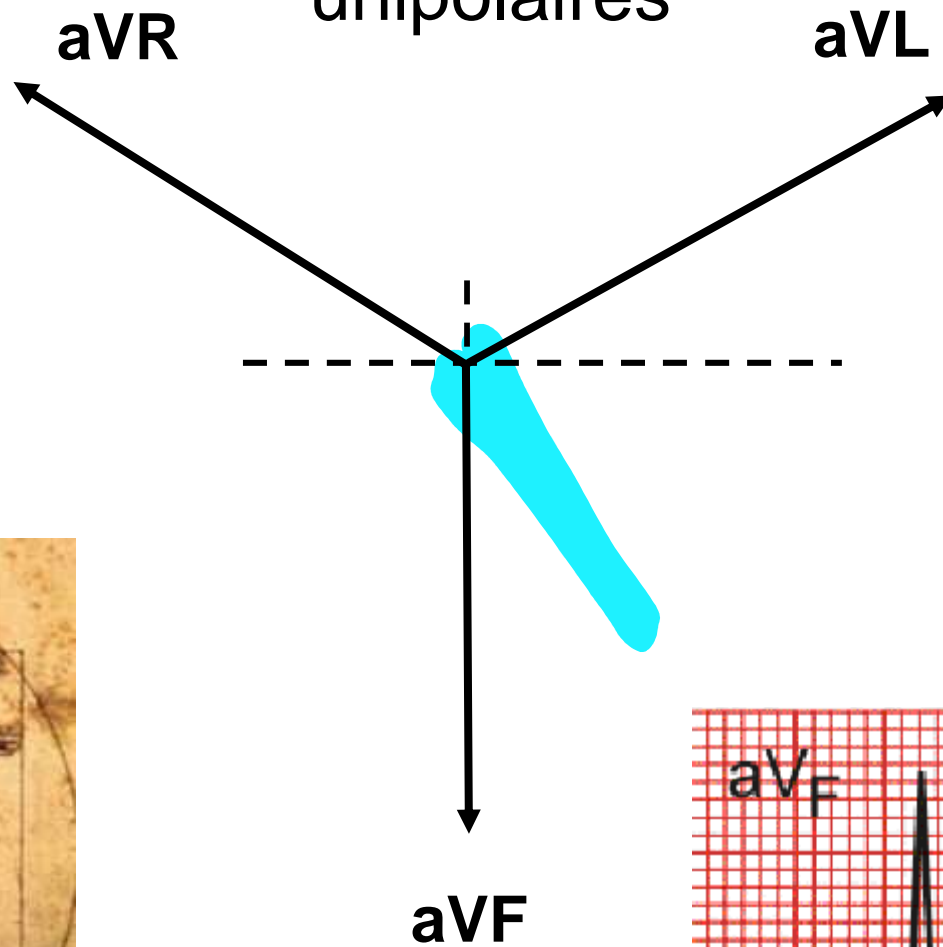
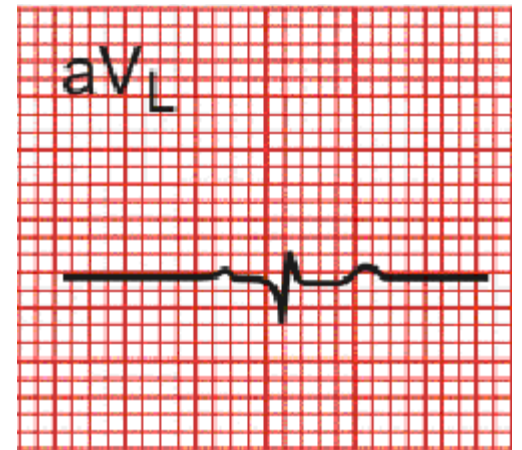
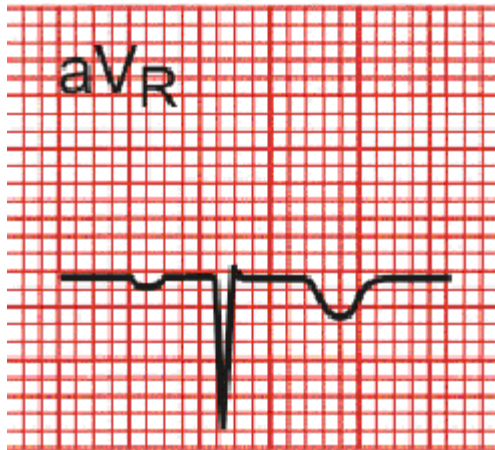




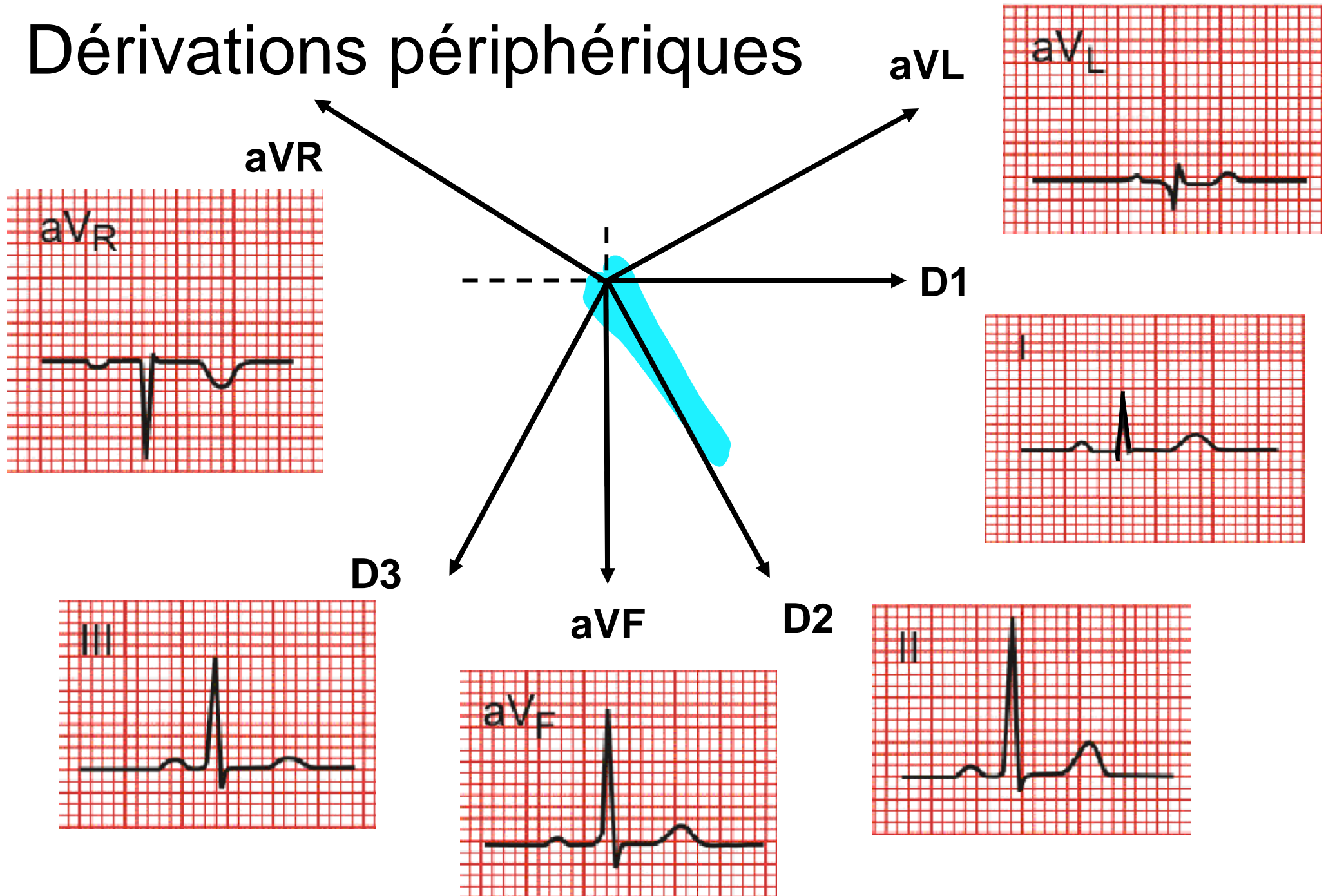
Dérivations périphériques bipolaires



Dérivations périphériques unipolaires

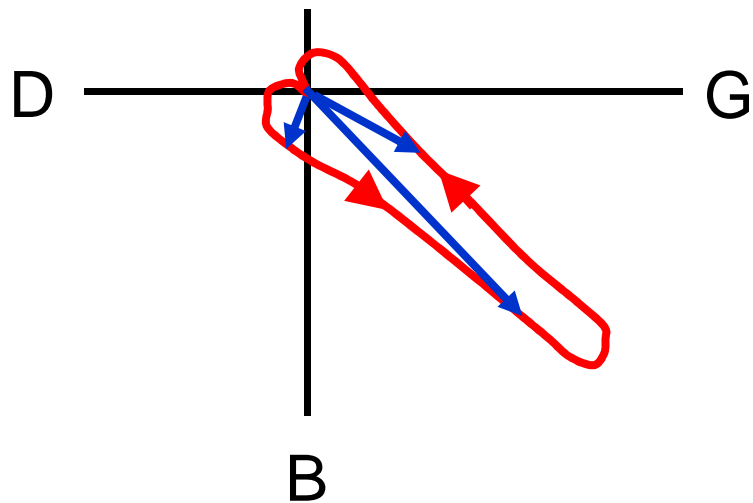


Dérivations périphériques

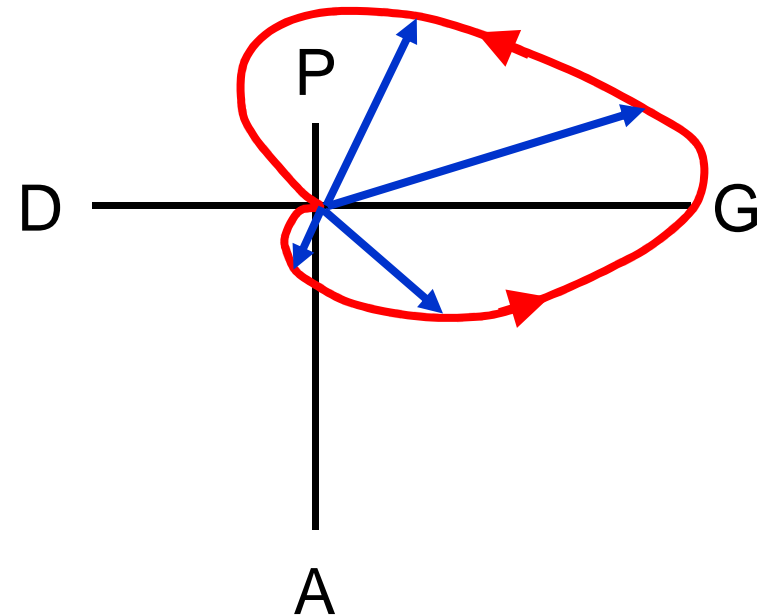


Boucles vectorielles de la dépolarisation ventriculaire chez l'homme

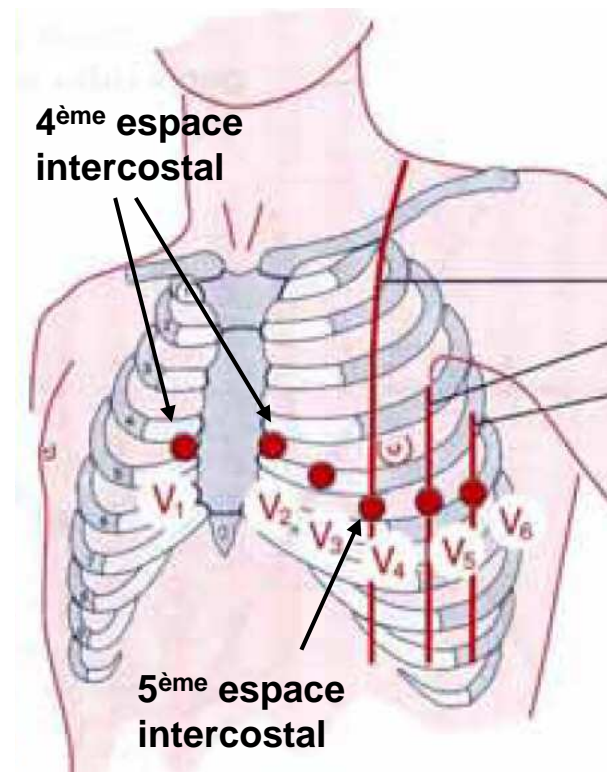
PLAN FRONTAL



PLAN HORIZONTAL

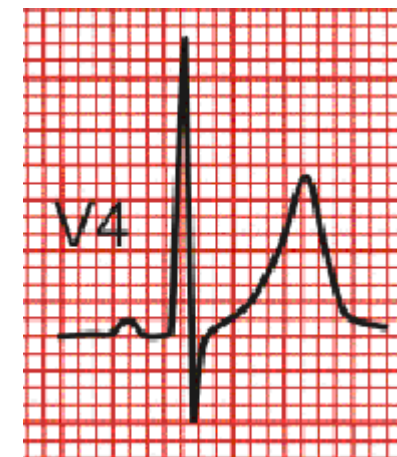
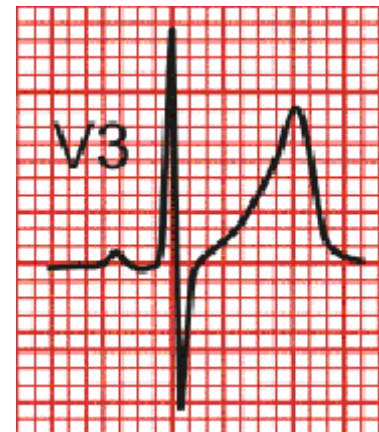
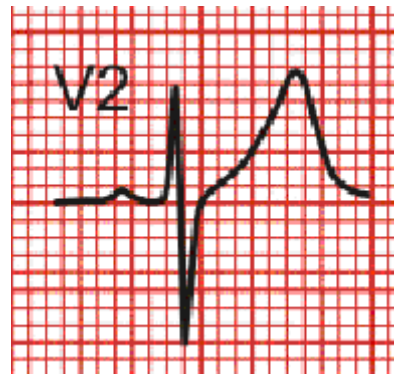
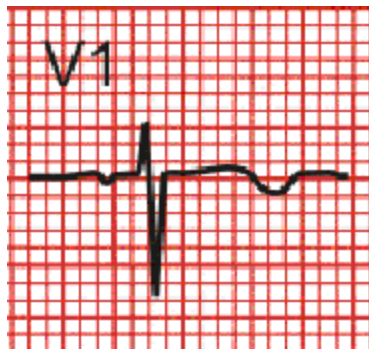
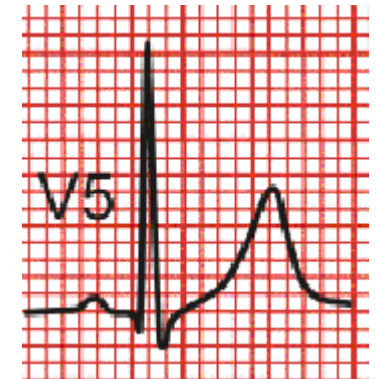
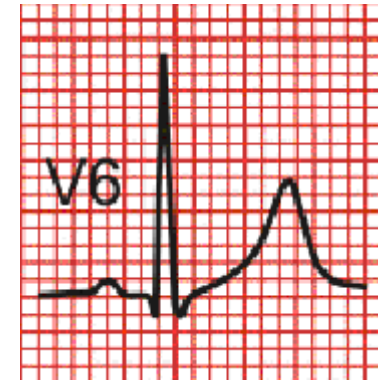
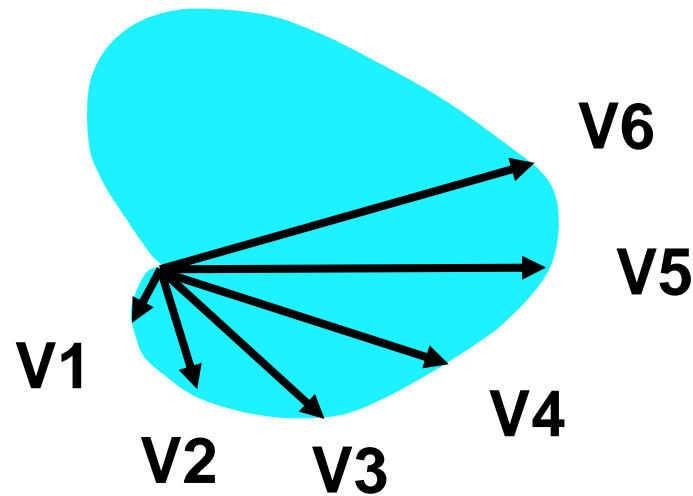


Les dérivations électrocardiographiques précordiales = plan horizontal

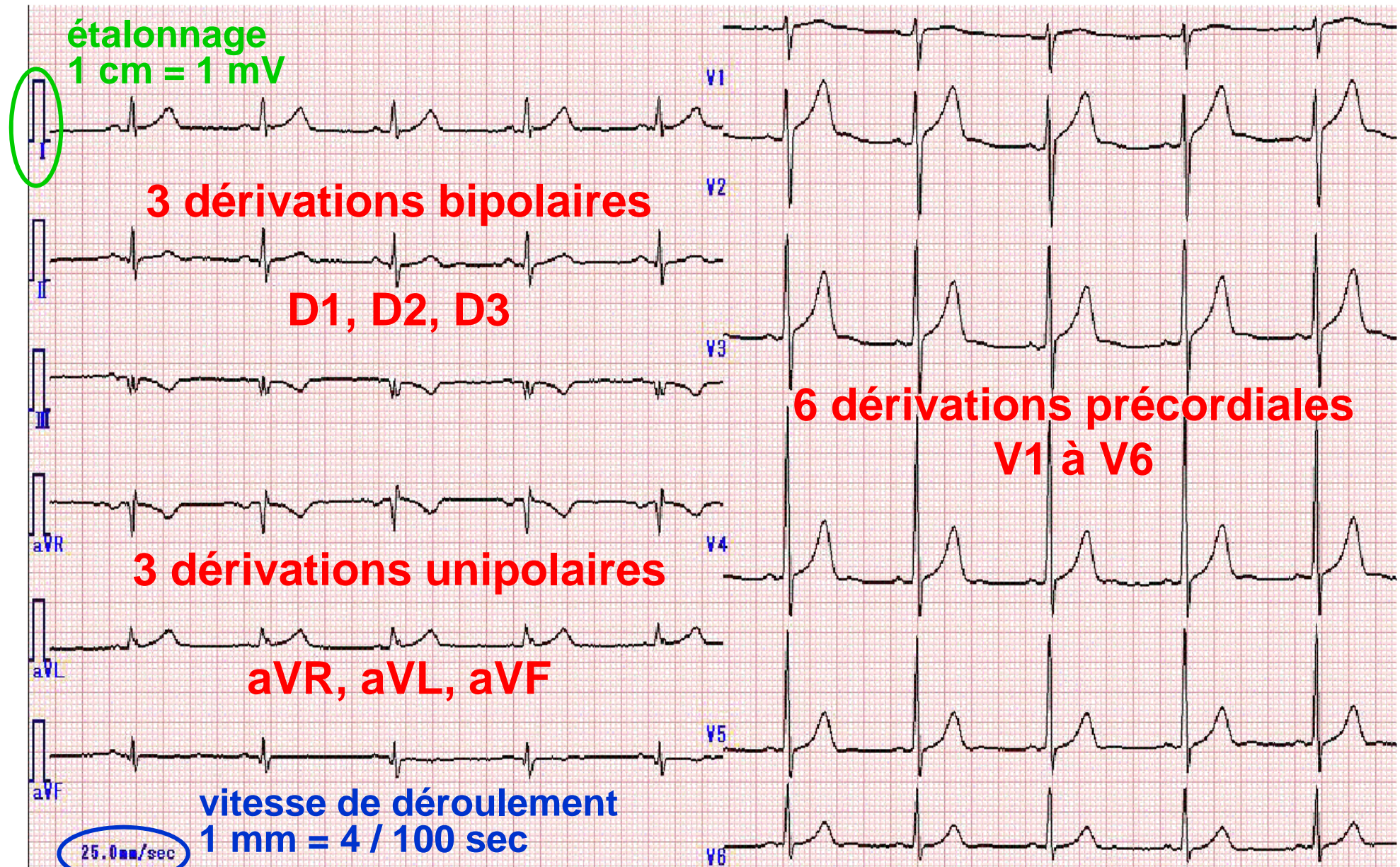


ligne médio claviculaire
ligne axillaire antérieure
ligne axillaire moyenne

Dérivations précordiales



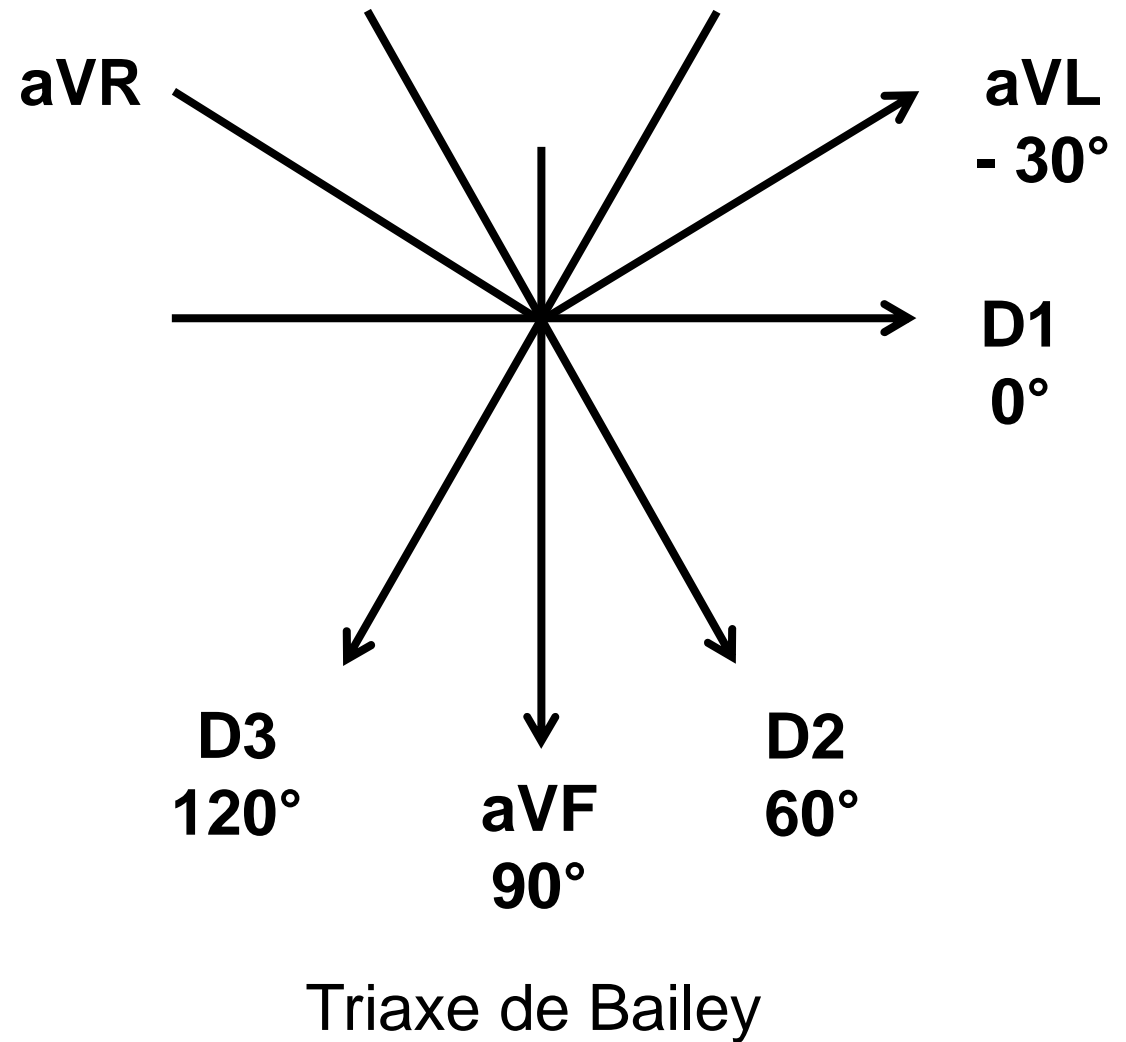
Enregistrement de l'électrocardiogramme



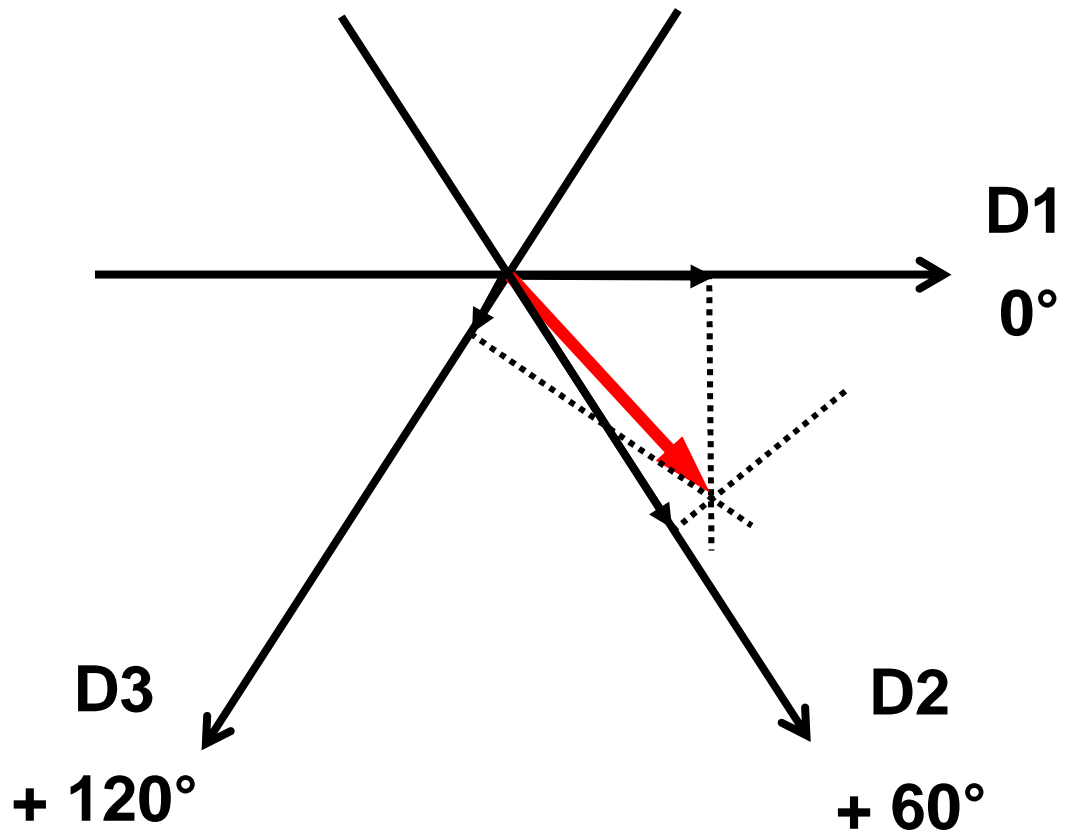
Axes de P QRS T dans le plan frontal

La somme algébrique des déflexions de P QRS ou T sont reportées sur la droite correspondante du triaxe de BAILEY.

Des perpendiculaires passant par les extrémités de chaque vecteur permet d'obtenir l'axe de la résultante correspondant au vecteur maximum de P, QRS ou T dans le plan frontal.

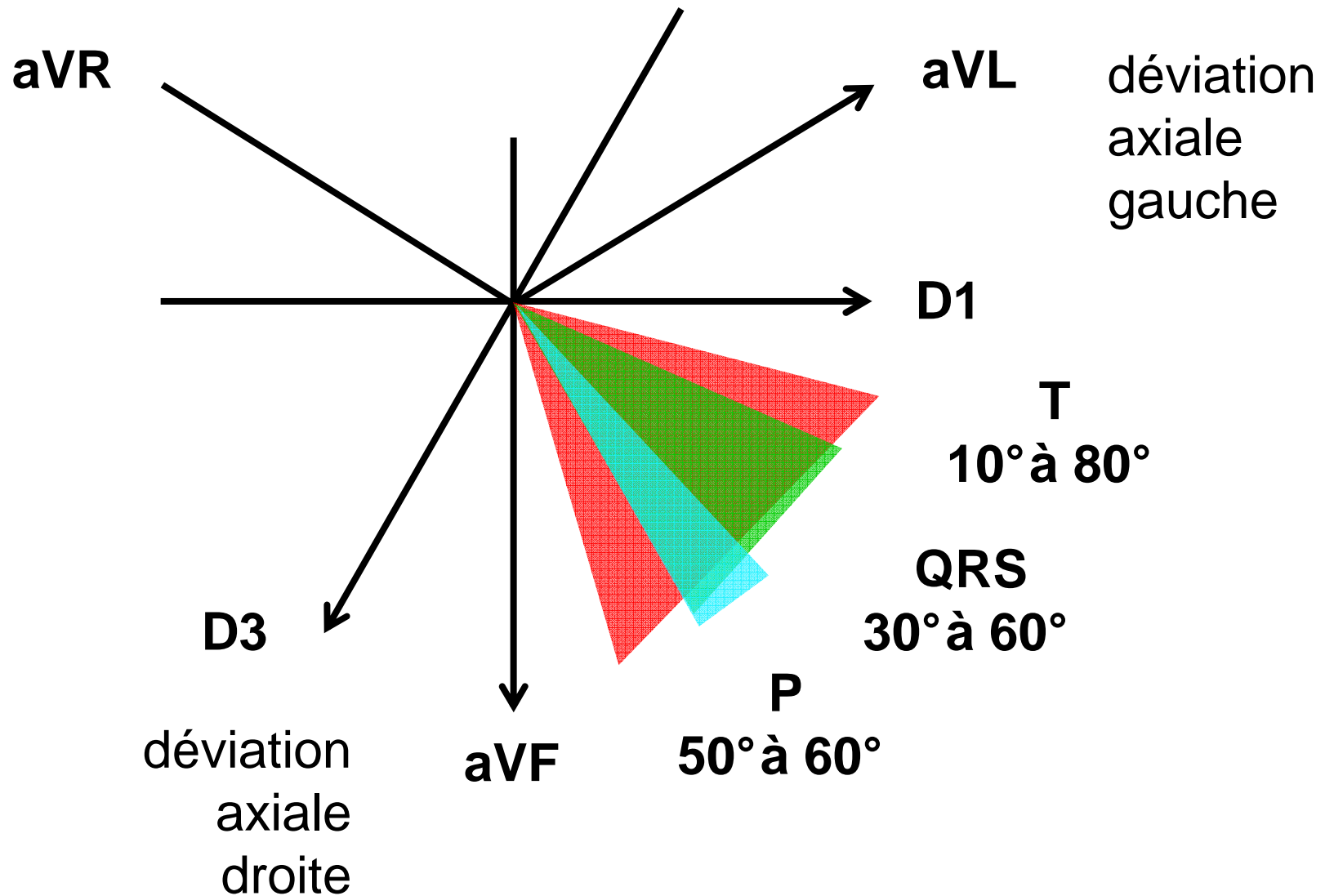


Axe de QRS dans le plan frontal

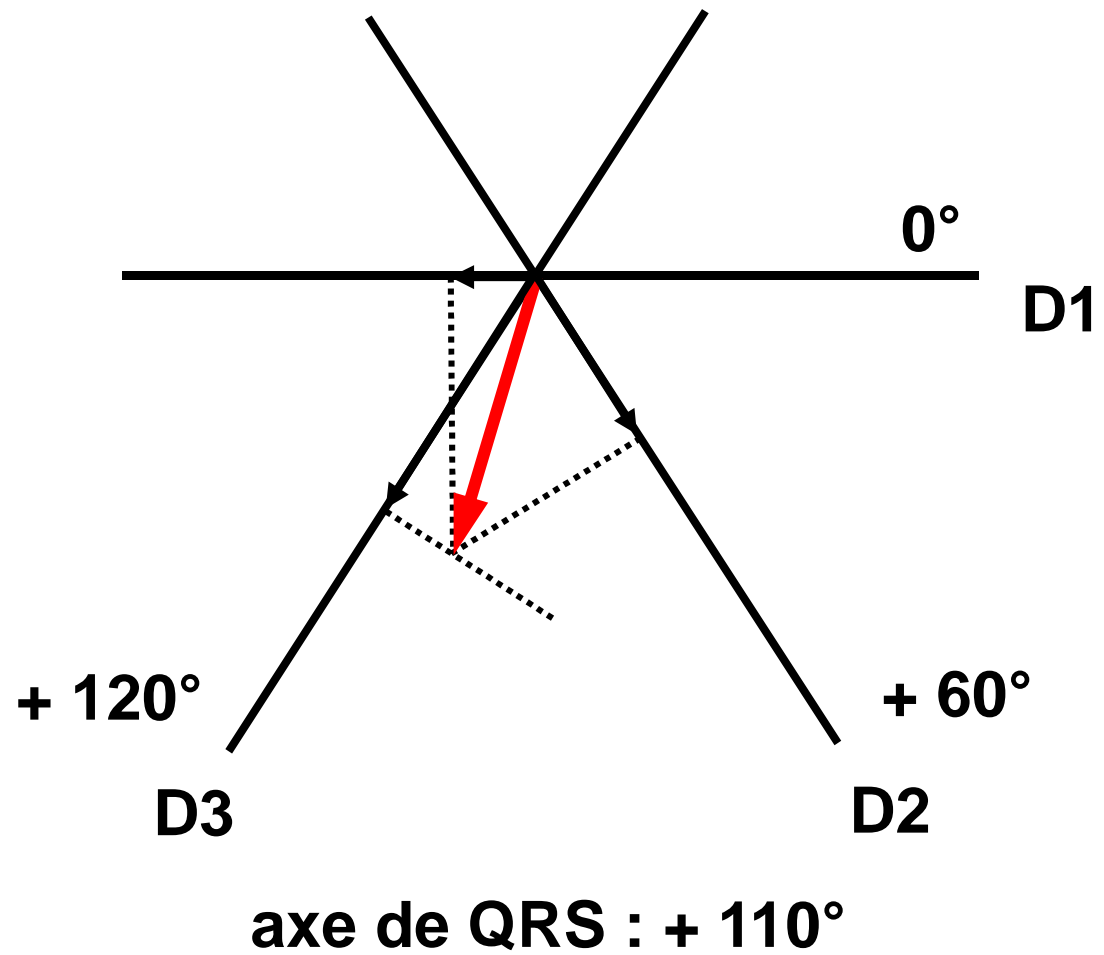
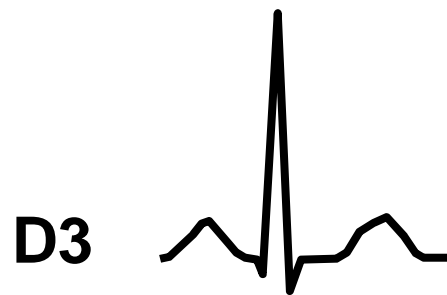
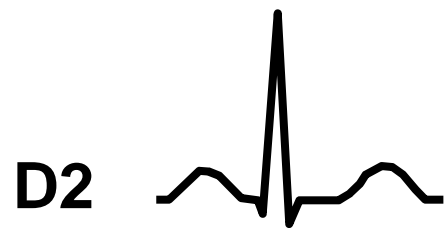
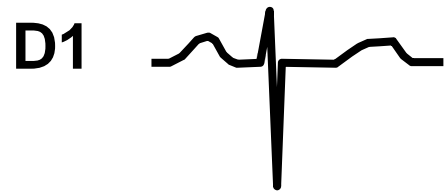


axe de QRS : + 50°

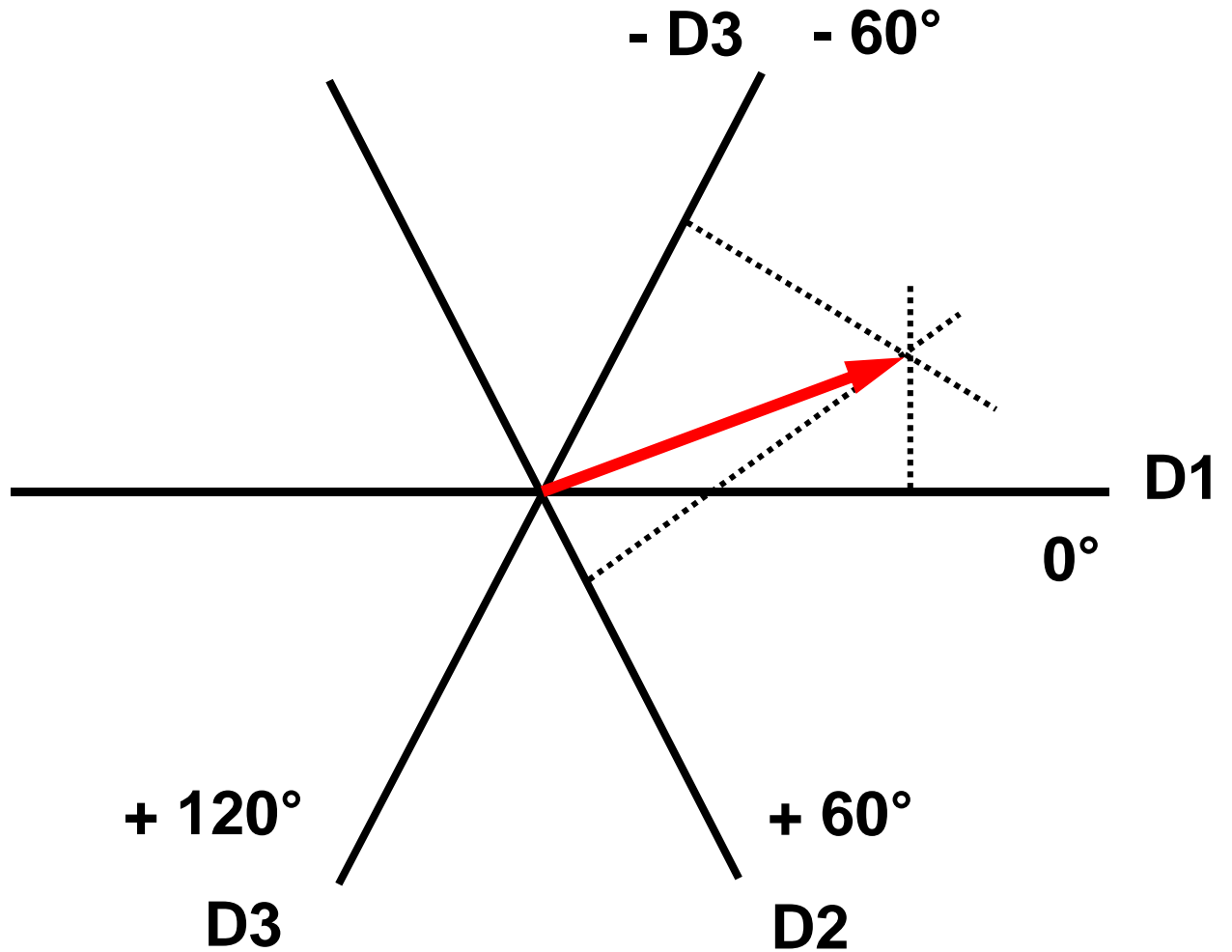
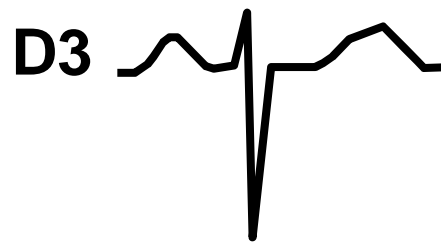
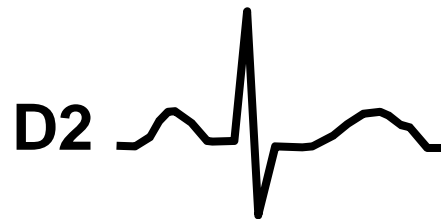
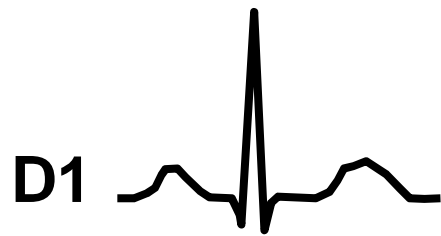
Axes de P QRS T dans le plan frontal



Déviatation axiale droite de QRS



Déviatiati axiale gauche



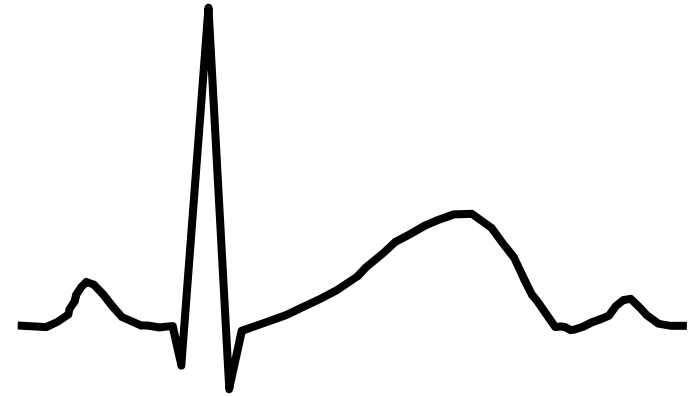
Onde P

dépolarisation des oreillettes

durée : 8 / 100 seconde

amplitude : 2 mm en D2

positive dans toutes les dérivations
sauf aVR (parfois aVL) où elle est
négative et V1 V2 où elle est
souvent biphasique



onde P > 2 mm :
hypertrophie oreillette droite

onde P > 8/100 sec :
hypertrophie oreillette gauche

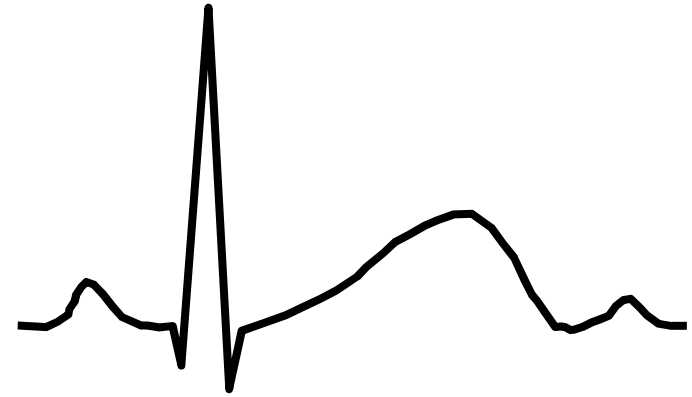
absence d'onde P :
fibrillation auriculaire

Intervalle PR

temps de conduction auriculo-ventriculaire

durée : 12 à 20 / 100 seconde

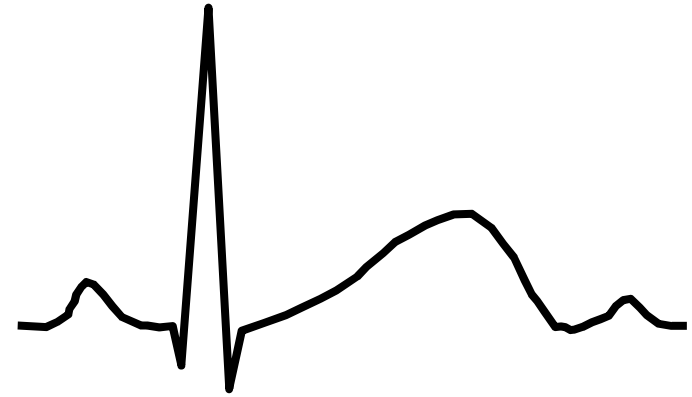
se mesure depuis le début de P jusqu'au début de QRS



PR > 20 / 100 sec :
bloc auriculo - ventriculaire

Complexe QRS

dépolarisation des ventricules



durée : 8 / 100 seconde

amplitude : $R_{D1} + S_{D3} < 30 \text{ mm}$
 $S_{V1-2} + R_{V5-6} < 35 \text{ mm}$

onde q :

durée $< 4 / 100$ secondes
amplitude $< 3 \text{ mm}$
physiologique en D1, aVL, V5, V6
toujours pathologique en V2

durée $> 8 / 100$ sec :
bloc de branche (gauche ou droit)

amplitude anormale :
hypertrophie ventriculaire gauche

onde Q pathologique :
infarctus du myocarde

Segment ST et onde T

Repolarisation des ventricules

durée QT : 36 / 100 sec pour un
rythme de 75 / min

onde T : asymétrique,
même sens que QRS sauf en V1

onde T pathologique :
surcharge ventriculaire gauche,
ischémie myocardique,
médicaments,

...

