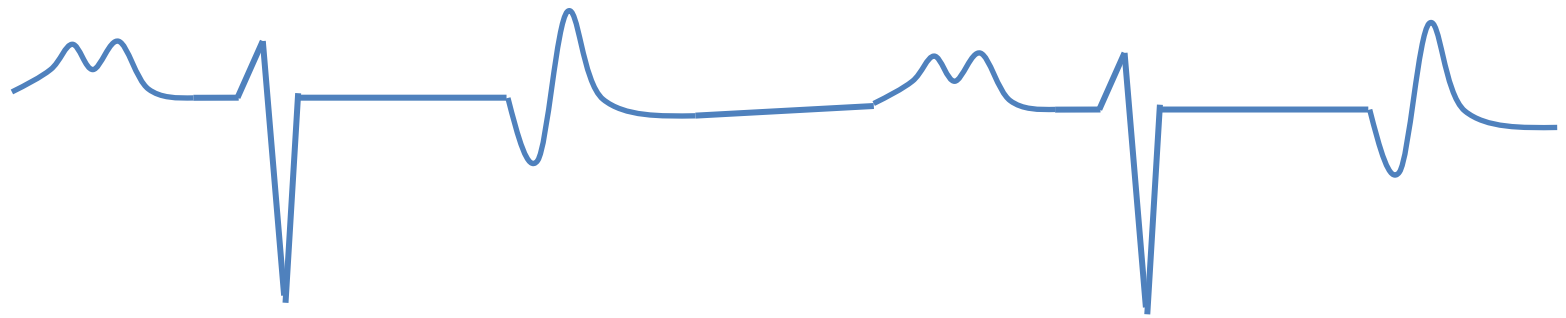
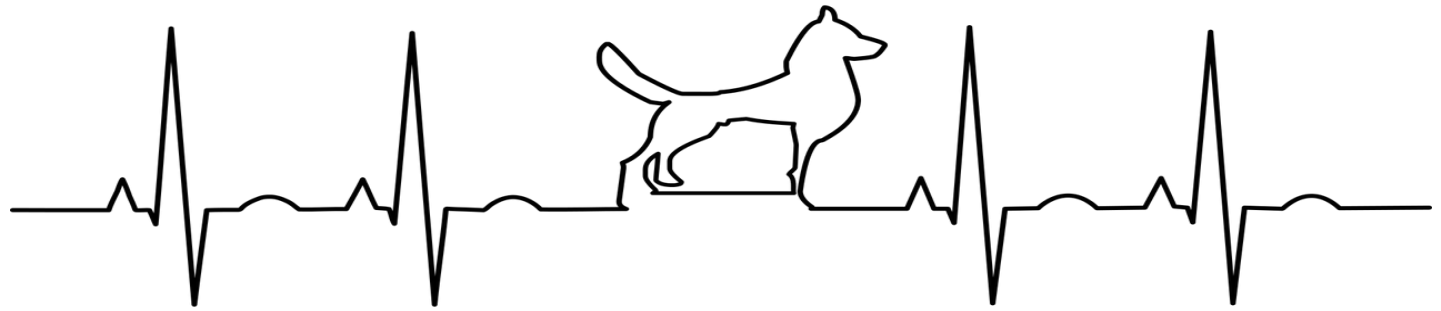


Physiologie des bruits du cœur et de l'ECG



Aude FERRAN
Physiologie A2 2023

Plan

- **Auscultation cardiaque**
 - **Bruits cardiaques**
 - **Site d'auscultation**
 - Fréquence et rythme (cf cours H. Lefebvre)
 - Souffles physiologiques

- **ECG**
 - Théorie d'Einthoven
 - Vecteur dipolaire
 - **Tracé de l'ECG**
 - **Particularités du cheval**
 - Mise en œuvre (cf TP)

- rappels

4 cavités:

- 2 oreillettes (atrium)
- 2 ventricules

2 valves auriculo-ventriculaires:

- valve mitrale (G)
- Valve tricuspide (D)

2 valves (valvules) sigmoïdes:

- Valve aortique (G)
- Valves pulmonaires (D)

[vidéo débutant](#)

Bruits du cœur

- Auscultation cardiaque
 - 2 types de sons
 - Bruits (sounds) = « chocs » fréquence assez basse
 - Souffles (murmurs)

Bruits du cœur

- Auscultation cardiaque
 - **2 bruits toujours audibles chez l'individu sain :**
 - B1 = **Toum** plus long et plus fort
 - B2 = **Ta**



B1 et B2 ont été les premiers à être identifiés mais ils ne sont pas 1^{er} et 2^{ème} dans le cycle cardiaque !

- 4 bruits cardiaques **maximum** peuvent être entendus lors d'un cycle

Bruits B1 et B2

- Les bruits B1 et B2 suivent immédiatement la **fermeture de valves/valvules cardiaques**.
 - B1 suit la **fermeture des valves auriculoventriculaires (AV)**
= début systole ventriculaire
 - B2 suit la **fermeture des valvules artérielles**
= fin systole/ début diastole ventriculaire



On n'entend pas un claquement de valves !

Lien Youtube pour écouter

[B1 B2](#)

Bruits B1 et B2

- B1 et B2 sont dus aux **tensions exercées** par la masse sanguine sur les **parois des ventricules** ou des **gros vaisseaux** (aorte et artères pulmonaires) suite à la fermeture brutale des valves.
- Les vibrations générées par les parois des ventricules ou des gros vaisseaux se **propagent** ensuite dans la **cage thoracique**

Remarque : les fermetures des valves aortiques et pulmonaires peuvent être très légèrement décalées ce qui entraîne alors une division de B2 en 2 bruits très rapprochés.

Bruit B3

- B3 résulte d'une **vibration du ventricule en début de diastole** lors du remplissage rapide (ouverture des valves AV)

A écouter avec écouteurs au calme
[Bruits B1 B2 B3](#)



*Ne pas lire les diapos dont le texte se réfère à la
médecine humaine*

B1----B2-B3 = galop ventriculaire ou protodiastolique

Bruit B3

- B3
 - **Physiologique chez le cheval y compris au repos**
(assez rare)
 - Pathologique chez les autres espèces au repos

Pour info : physiologique chez enfants et femmes enceintes

Bruit B4

- B4 résulte d'une **vibration du ventricule** lors de la **systole auriculaire**

A écouter avec écouteurs au calme

[Bruit B4 B1 B2](#) /Niveau Difficile

Ne pas lire les diapos dont le texte se réfère à la médecine humaine

B4-B1----B2 = galop auriculaire ou présystolique

Bruit B4

- B4
 - **physiologique chez le cheval y compris au repos**
 - Pathologique chez les autres espèces au repos

Pour info : Pathologique chez l'Homme (contraction auriculaire très forte associée à une faible compliance ventriculaire)

A écouter

[B4 B1 B2](#) + (souffle entre B1 et B2)

En résumé

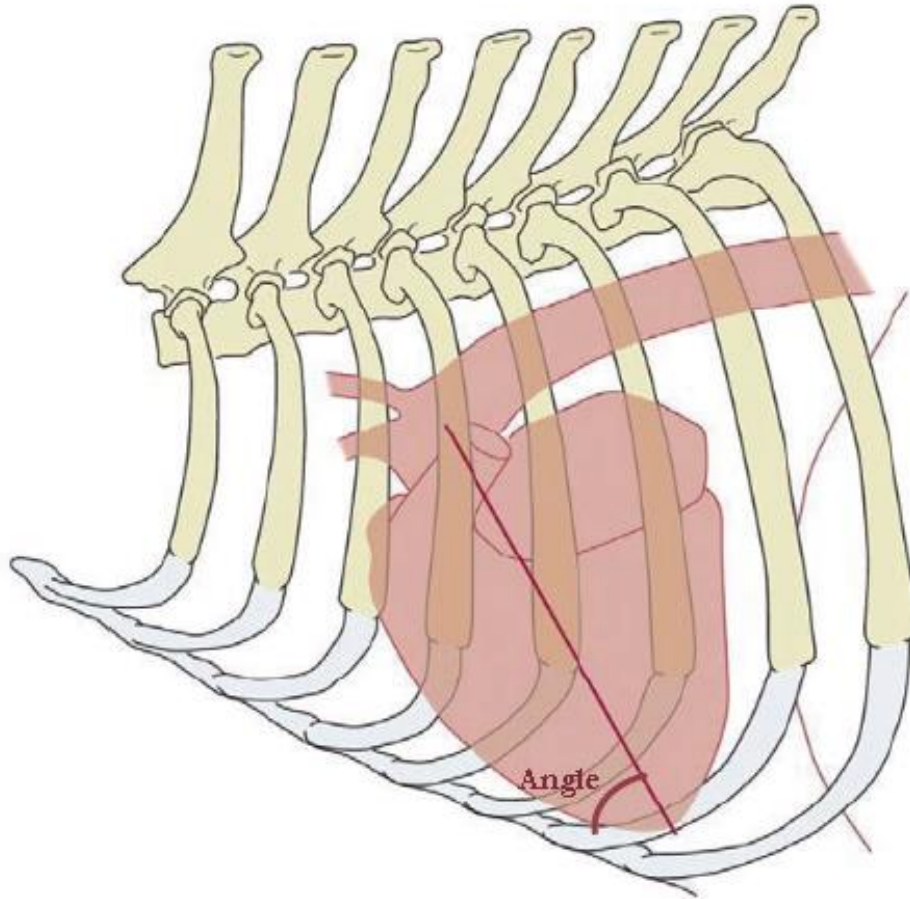
- **B1 et B2** s'entendent chez tous les mammifères
- Chez le **cheval sain**, il est possible selon les chevaux d'entendre (du + au – fréquent)
 - **B1-B2**
 - **B4-B1-B2**
 - **B1-B2-B3**
 - **B4-B1-B2-B3**
- Chez le chien et le chat, B3 et B4 sont pathologiques

Site d'auscultation

- Rappels d'anatomie (voir cours anat pour + de détails):
 - Les mammifères domestiques ont leur thorax aplati **latéro-latéralement**
- 1. Cœur incliné dans la cage thoracique avec
 - une **base dorso-crâniale** formant un angle de 25 à 90° avec l'axe du sternum et
 - un **apex ventro-caudal**

Site d'auscultation

- Rappels d'anatomie (cours anatomie_ENVT)



Angle :

25 - 30 ° CT

40 ° CN

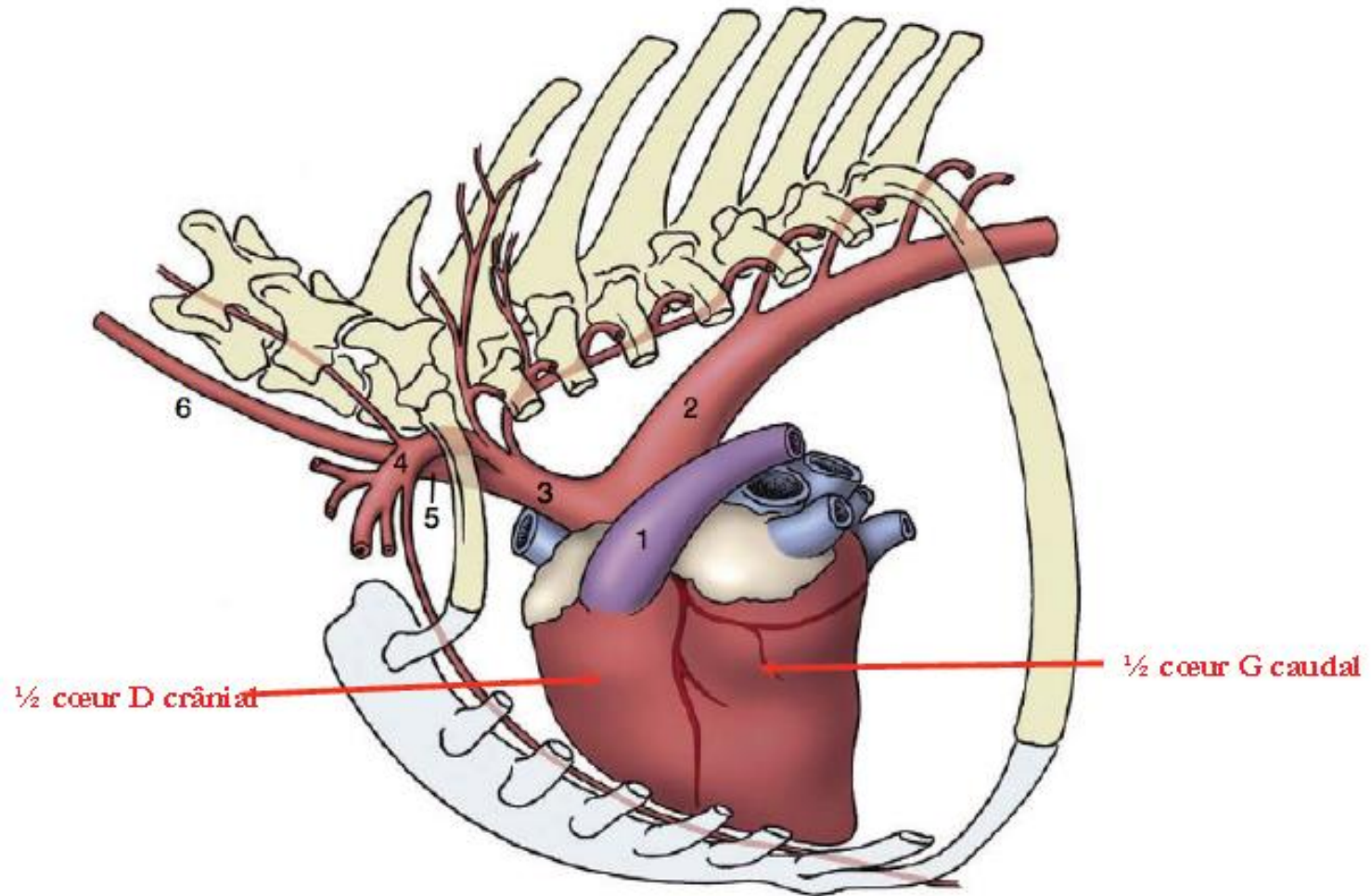
50 ° PC

90 ° CV et BV

Site d'auscultation

- Rappels d'anatomie (suite):
 2. Par rapport à l'Homme, le cœur est **pivoté** sur son axe longitudinal vers la gauche
 - Demi-cœur droit est crânial
 - Demi-cœur gauche est caudal

Site d'auscultation

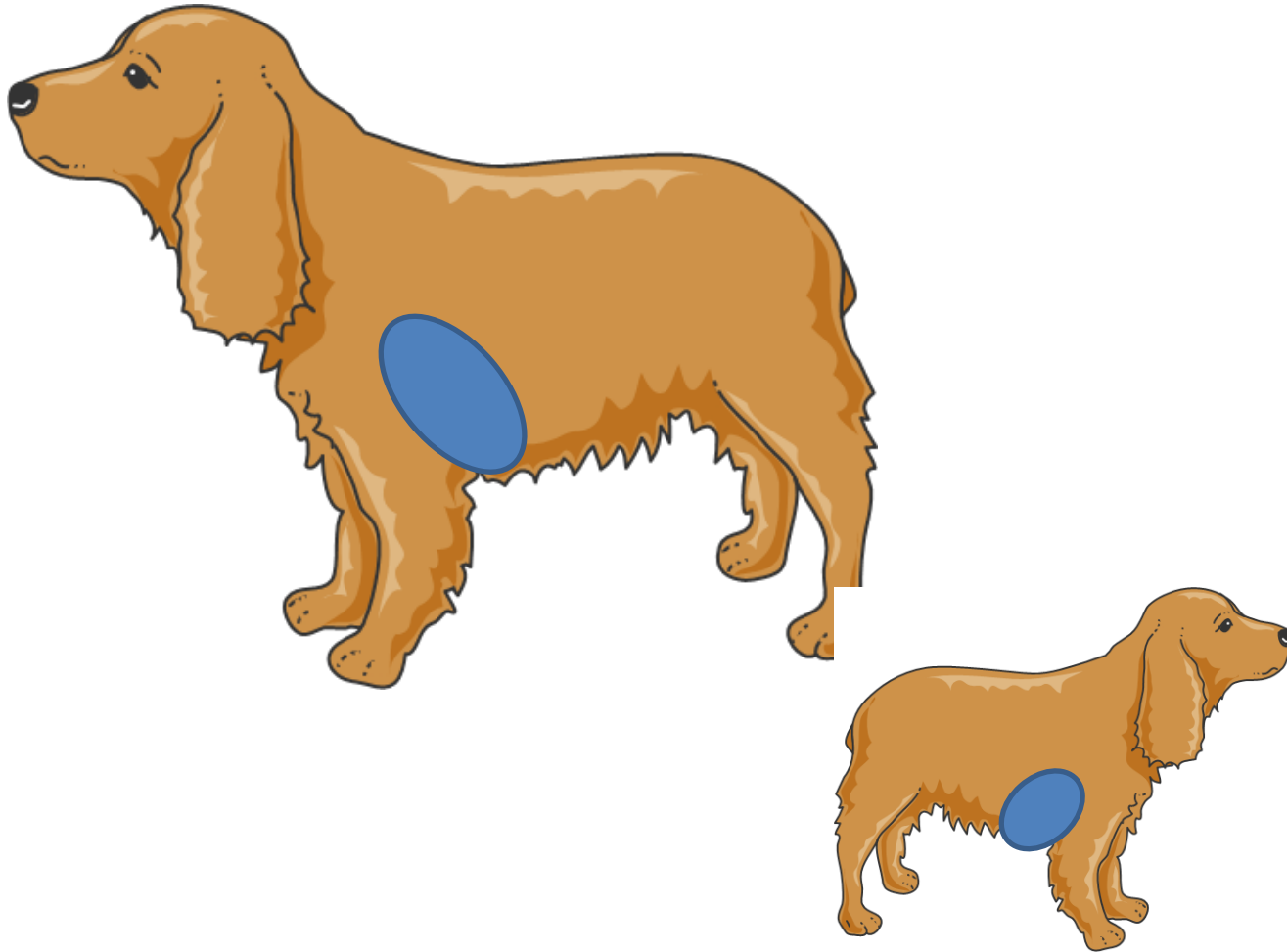


Site d'auscultation

- Le principal site d'auscultation peut se repérer par le **choc apexien** (ou **de pointe** ou **précordial**) qui est la **vibration** ressentie (sans instrument) sur la cage thoracique à
 - **gauche**
 - **ventralement**
 - **au niveau du 5^{ème} espace intercostal**
- Les sites d'auscultation cardiaques se situent **entre le 3 et 6^{ème} espace intercostal à gauche et à droite**

Les bruits sont moins audibles à droite, l'auscultation à droite permet principalement la recherche de souffle.

Sites (approximatifs) d'auscultation cardiaque chez le chien



Fréquence cardiaque

- Valeurs en batt/min (cf. Cours H. Lefebvre)
 - Chien : 70-130
 - Chat : 120-140
 - **Cheval : 25-40 (à savoir pour le TP)**
 - Vache : 46-84
 - Porc : 70-120

Rythme cardiaque

- **Régulier** au repos...mais existence d'**arythmies physiologiques** telles que **l'arythmie sinusale** ou respiratoire (augmentation de la fréquence cardiaque à l'inspiration) surtout chez le chien

Pour info : quelques exemples d'arythmies pathologiques (abordées plus tard dans le cursus)

- Fibrillations atriales (principale arythmie pathologique chez le cheval avec perte de forme) et ventriculaires (mortelles) : contractions rapides et irrégulières
- Extrasystoles : contractions prématurées
- ...

Souffles cardiaques

- Les souffles sont dus à des **turbulences** dans l'écoulement sanguin
- Certains sont **physiologiques** notamment chez le cheval

ex: **Fréquents** chez le jeune cheval et le pur-sang

- Sportif (inotropisme fort du muscle cardiaque);
- **Au repos** (faible hématoците)

Ces souffles **disparaissent à l'effort** avec l'augmentation de l'hématoците.

Souffles

- Les souffles sont **le plus souvent pathologiques** et sont la conséquence de turbulences lors de passage du sang à travers un **rétrécissement** tel qu'
 - **Une valve lésée** (sténose, dégénérescence)
 - **Une cloison intracardiaque** non étanche (communications interventriculaires, inter-atriales, persistance du canal artériel)

Les souffles pathologiques ne disparaissent pas à l'effort !

Plus d'infos ultérieurement dans le cursus

Souffles

- (plus tard dans le cursus) **Pour identifier la cause d'un souffle, il faut caractériser à l'auscultation:**
 - Intensité = grade de I à VI
 - Localisation (gauche, droite, base, apex)
 - Position temporelle dans le cycle cardiaque (systole (proto-, méso-, télé-, holo- diastolique ou systolique, continu,...)

Autres bruits physiologiques audibles à l'auscultation



- Comment les distinguer?
 - **Bruits respiratoires** : regarder les mouvements thoraciques et abdominaux
 - **Bruits digestifs** : souvent très forts, plus aigus et toujours irréguliers (borborygmes)

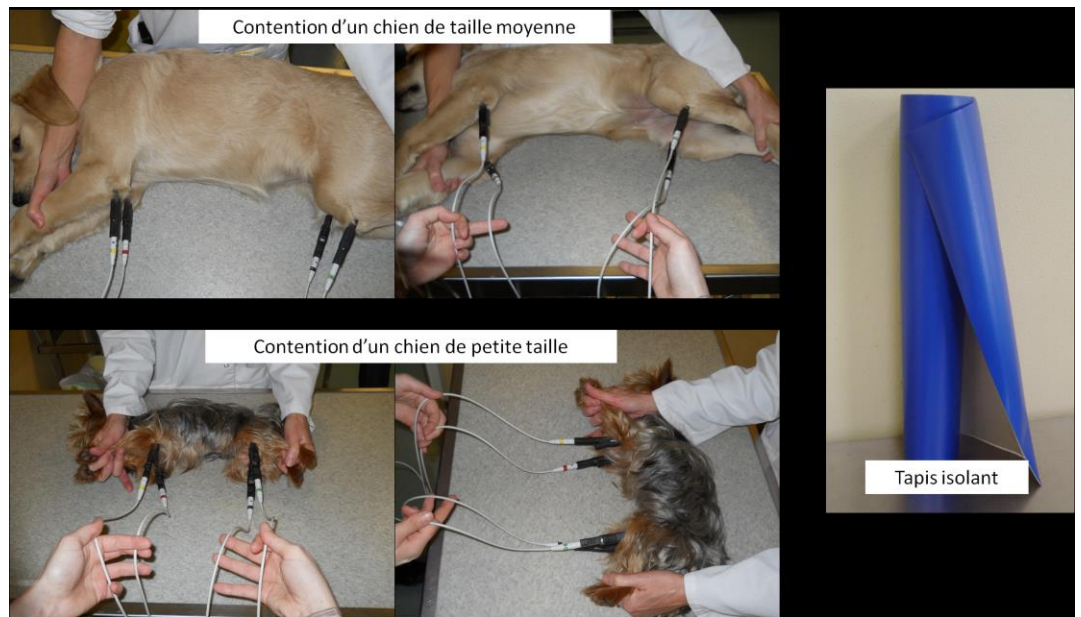
Electrocardiogramme:

théorie et tracé

- **ECG** est une représentation graphique du dérouls temporel de **l'activité électrique** du cœur.

Il enregistre des signaux extracellulaires provenant de la **propagation des potentiels d'action (PA) dans les cardiomyocytes** lors du cycle cardiaque.

- ECG est obtenu avec un électrocardiographe = outil clinique pour mesurer l'activité électrique du cœur



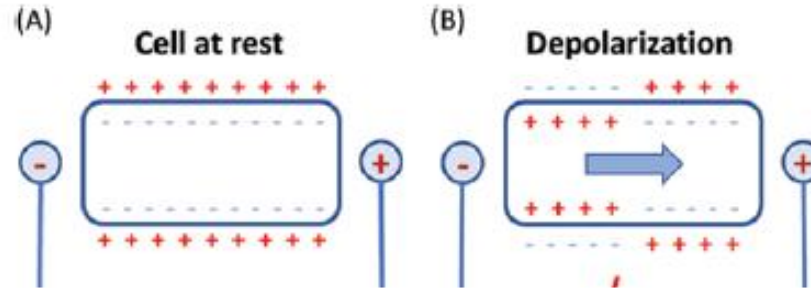
[Vetagrosup](#)

Enregistrement à la surface de l'animal = **non invasif**

- ECG permet de donner des infos sur:
 - **Rythme et conduction**
 - *Axe électrique du cœur*
 - *Volumes des cavités cardiaques*

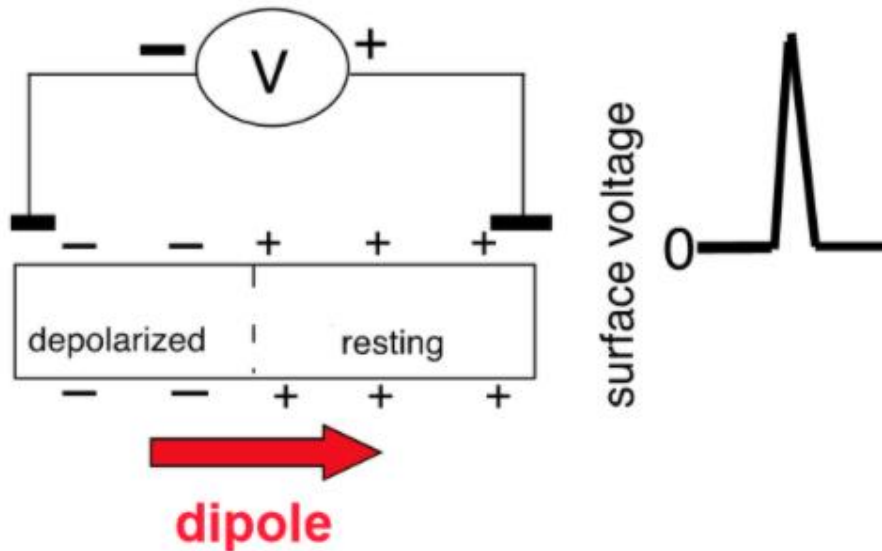
Rappel :

- Cellule **dépolarisée** a une charge **extracellulaire négative** et une charge **intracellulaire positive**



- Le **décours temporel** de la charge électrique sur la **surface externe** d'un ensemble de cellules induit une **différence de potentiels** au cours du temps = **onde de dépolarisation**.
- La **différence de potentiel** peut être représentée à chaque instant par un **vecteur**

Vecteurs dipolaires



Tracé enregistré par l'ECG lors de dépolarisation de la gauche vers la droite (= de l'électrode - vers l'électrode +)

Les vecteurs dipolaires sont enregistrables par des **électrodes périphériques**

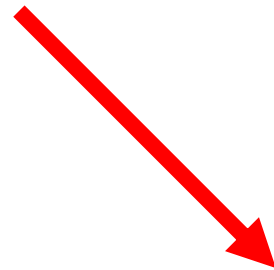
Théorie d'Einthoven

Théorie d'Einthoven 1924 (Prix Nobel) = Théorie simplificatrice pour enregistrer et interpréter les tracés observés lors de l'enregistrement à distance du cœur

- **Première hypothèse** : A chaque instant, le potentiel créé par le cœur en voie de dépolarisation ou de repolarisation peut être **assimilé à celui créé par un dipôle unique**
 - Les vecteurs (comme en maths!)
 - s'ajoutent s'ils sont dans la même direction
 - s'annulent s'ils sont dans la direction opposée
 - La somme des vecteurs représente
 - **La direction principale de propagation du courant** électrique
 - **L'intensité (voltage) du courant** qui dépend des masses dépolarisées et polarisées

Cœur Schéma du temps de propagation du processus d'excitation dans le ventricule de chien. (in Wright, Flammarion 1971)

Le **vecteur rouge** représente au temps t la **somme vectorielle de tous les vecteurs noirs**



Théorie d'Einthoven

Théorie d'Einthoven 1924 (Prix Nobel) = Théorie simplificatrice pour expliquer les tracés observés lors de l'enregistrement à distance du cœur

- **Première hypothèse** : A chaque instant, le potentiel créé par le cœur en voie de dépolarisation ou de repolarisation peut être **assimilé à celui créé par un dipôle unique**
- **Deuxième hypothèse** : L'origine du vecteur peut être considérée comme **fixe = centre électrique du cœur**

Somme des petits vecteurs bleus
= Vecteur bleu = vecteur rouge
partant du centre électrique du
cœur

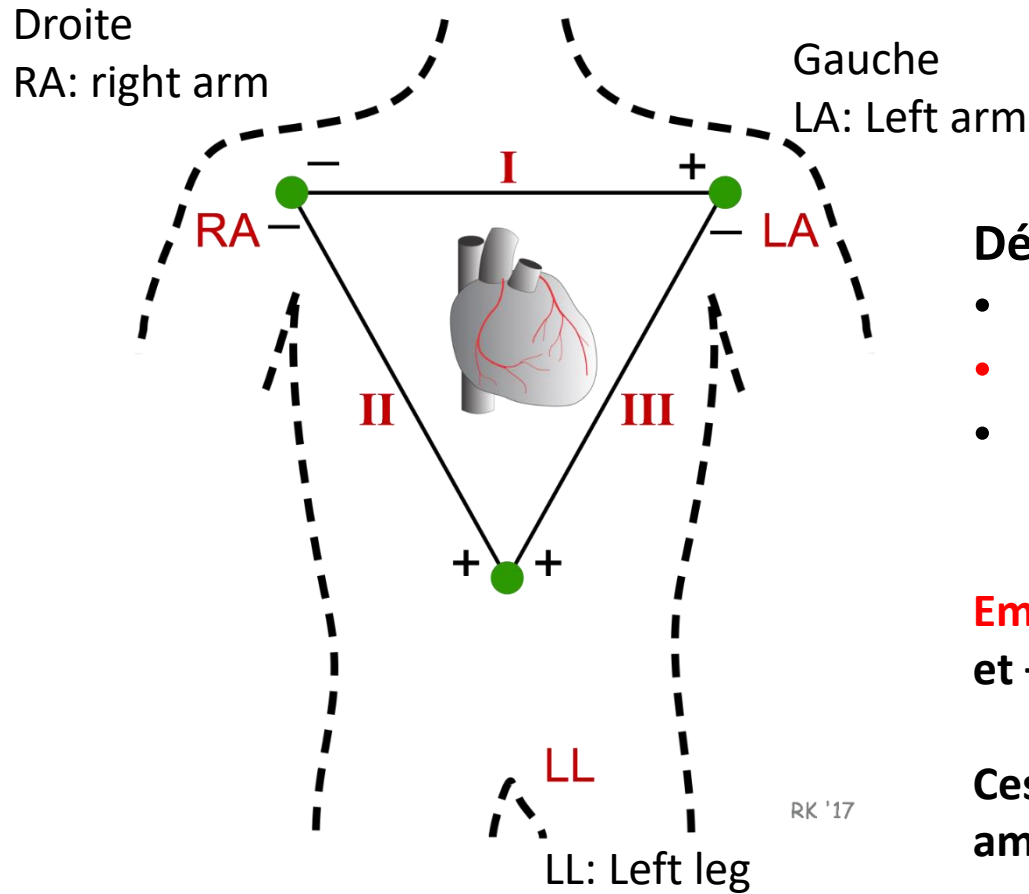
Théorie d'Einthoven

Théorie d'Einthoven 1924 (Prix Nobel) = Théorie simplificatrice pour expliquer les tracés observés lors de l'enregistrement à distance du cœur

- **Première hypothèse** : A chaque instant, le potentiel créé par le cœur en voie de dépolarisation ou de repolarisation peut être assimilé à celui créé par un dipôle unique
- **Deuxième hypothèse** : L'origine du vecteur moment peut être considérée comme fixe = centre électrique du cœur
- **Troisième hypothèse** : Les 3 points (emplacements des électrodes) forment un **triangle équilatéral** dont le centre de gravité est le centre électrique du cœur. Le cœur est **complètement inclus** dans ce triangle

Théorie d'Einthoven

triangle d'Einthoven et définition des dérivations standards



Dérivations standards =

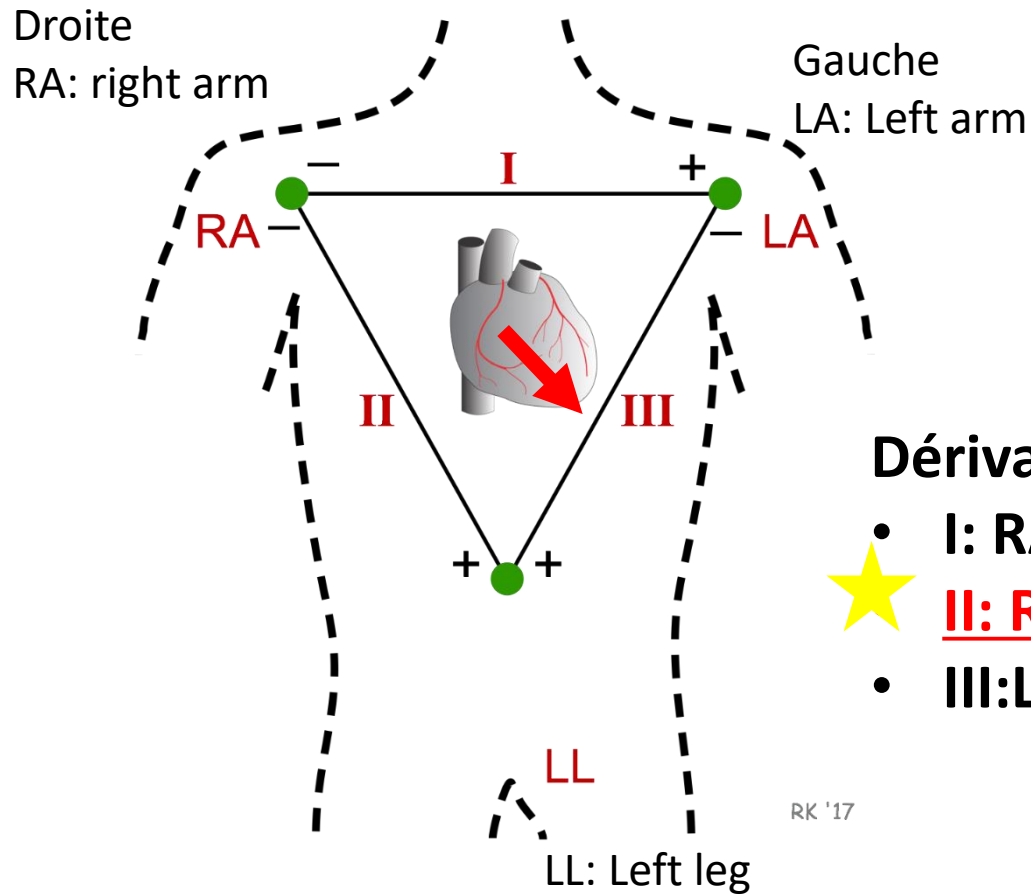
- I: RA-LA (poignet droit/poignet gauche)
- II: RA-LL (poignet droit/jambe gauche)
- III: LA-LL (Poignet gauche/ jambe gauche)

Emplacement standardisé des électrodes – et +

Ces dérivations permettent d'obtenir les amplitudes les plus importantes sur l'ECG

Théorie d'Einthoven

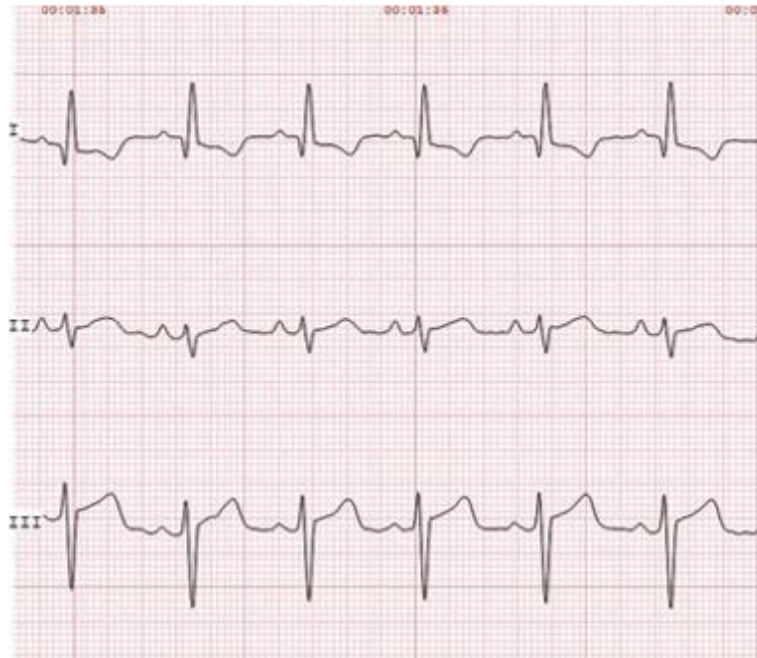
triangle d'Einthoven et définition des dérivations standards



Dérivations standards =

- I: RA-LA (poignet droit/poignet gauche)
- ★ II: RA-LL (poignet droit/jambe gauche)
- III: LA-LL (Poignet gauche/ jambe gauche)

Exemple de tracé



Théorie d'Einthoven

triangle d'Einthoven

Droite

Gauche

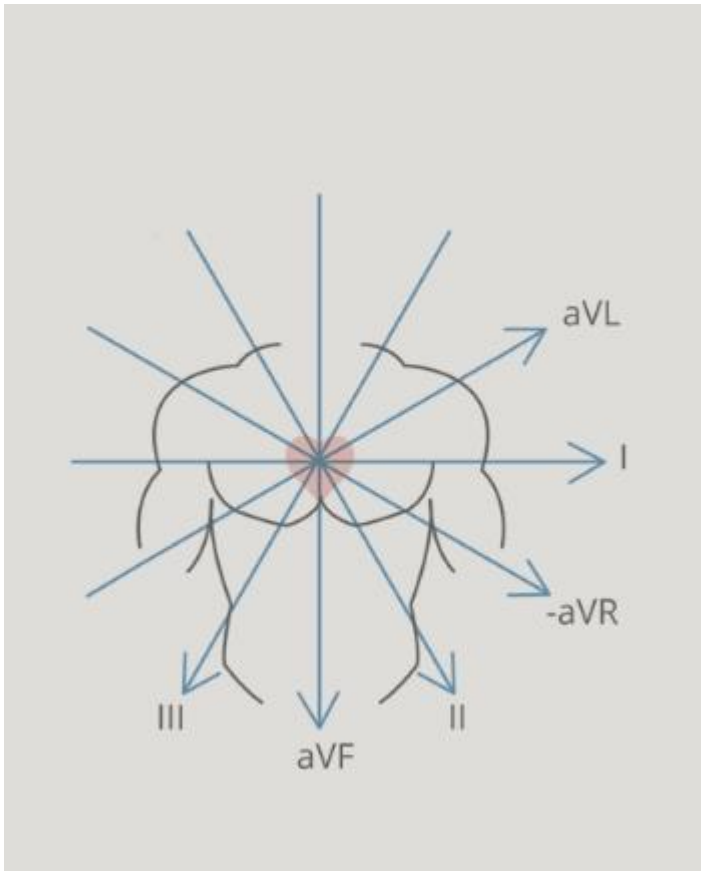
Dérivations standards =

- I
- II
- III

Les membres sont considérés
comme des « fils électriques »

Théorie d'Einthoven

triangle d'Einthoven



Systeme HEXAXIAL

Dérivations standards dites bipolaires:
différence de potentiels entre 2 électrodes (de 60° en 60°)

- I
- II
- III

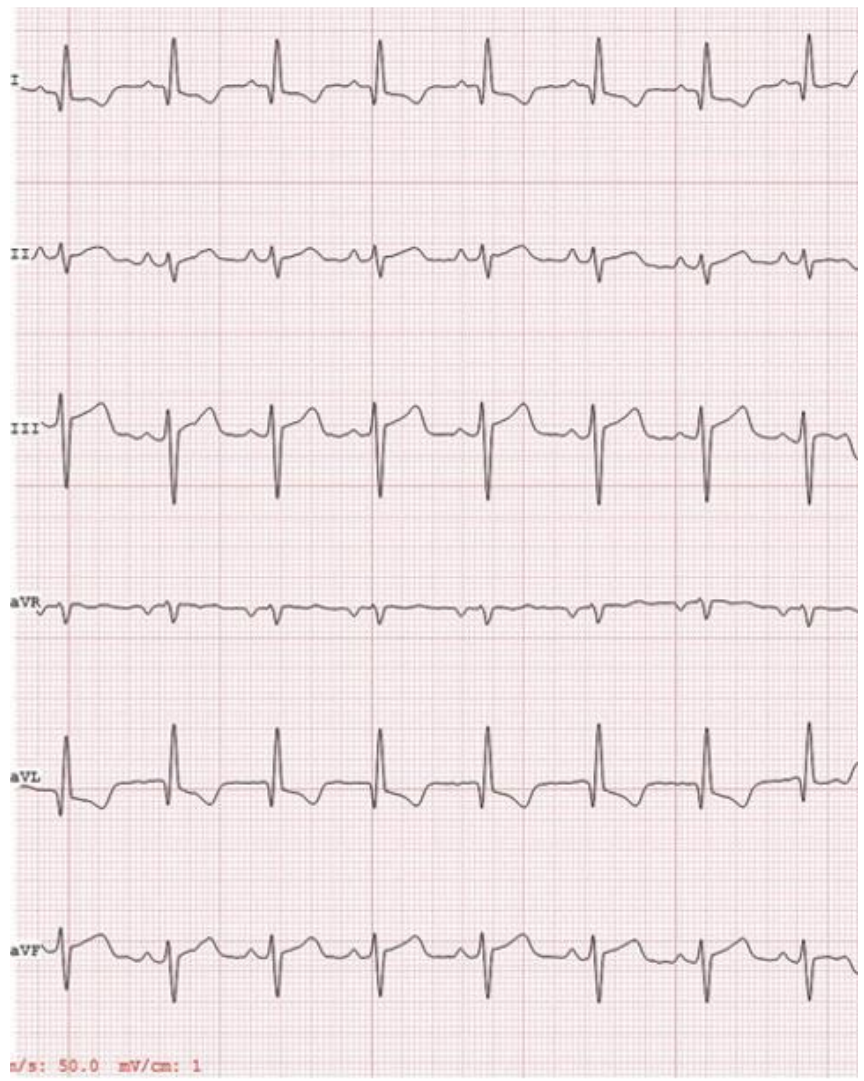
Dérivations augmentées unipolaires: une électrode positive (celle qui donne le nom à la dérivation que l'on explore) et l'autre dite nulle (obtenue par la connexion des deux autres électrodes) (de 60° en 60° intercalés entre les dérivations standards)

(Goldberger 1942)

aVR (augmented voltage Right)

aVL (augmented voltage Left)

aVF (augmented voltage Foot)



Théorie d'Einthoven triangle d'Einthoven

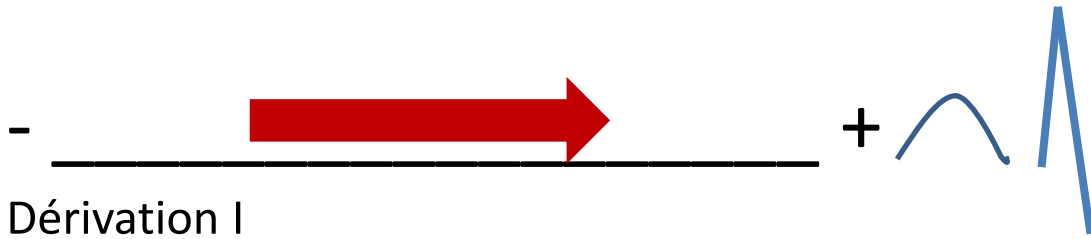
Dérivations augmentées chez le chien

Remarque : système PRECORDIAL

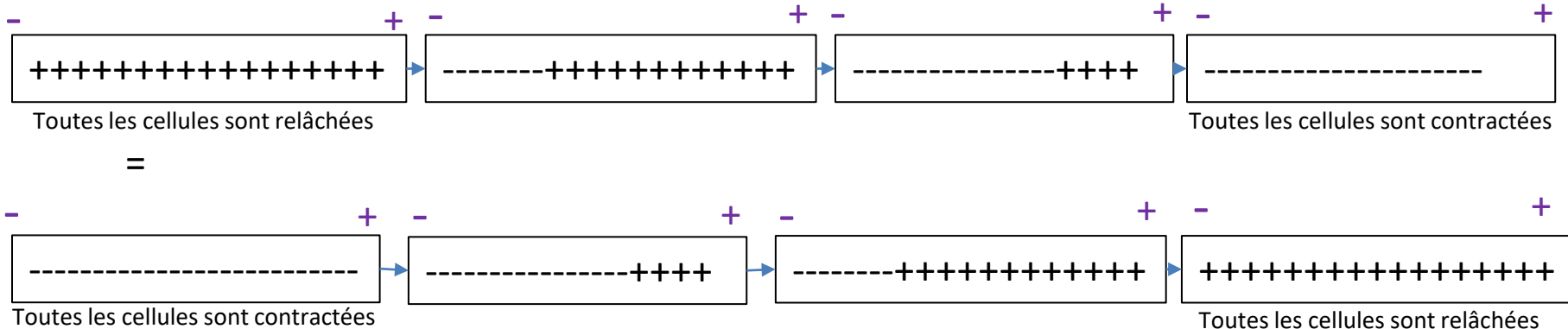
- dérivations précordiales (plan transverse) Peu de données en médecine vétérinaire à cause des différentes conformations des races.

Typiquement pour étudier les infarctus qui n'existent pas en médecine vétérinaire

Déplacement du courant dans l'axe d'une dérivation

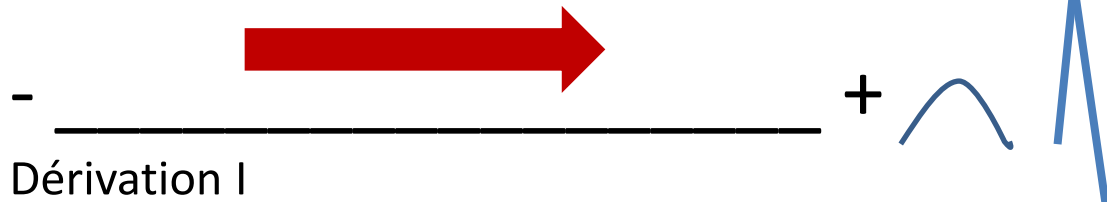


Les cellules **se dépolarisent de l'électrode négative vers l'électrode positive**
Ou se repolarisent de l'électrode positive vers l'électrode négative

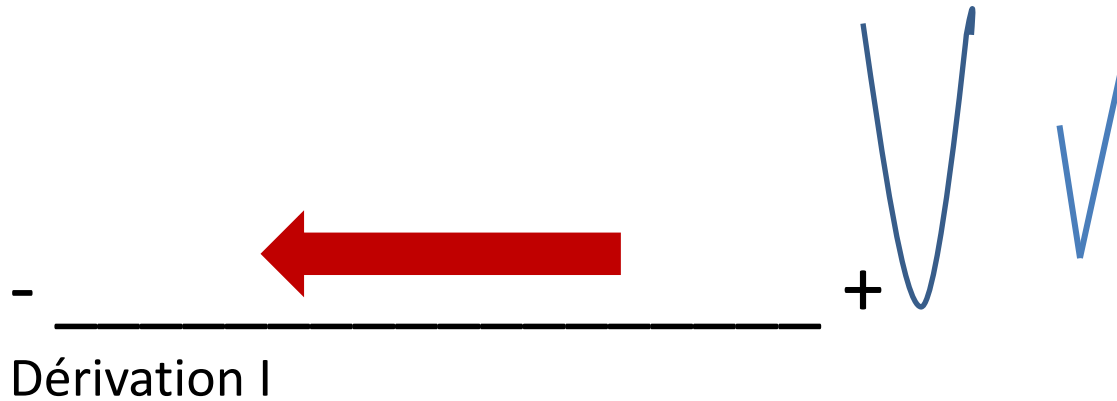


Le sens de l'onde (positive ou négative) ne permet pas de conclure sur le phénomène de dépolarisation ou de repolarisation

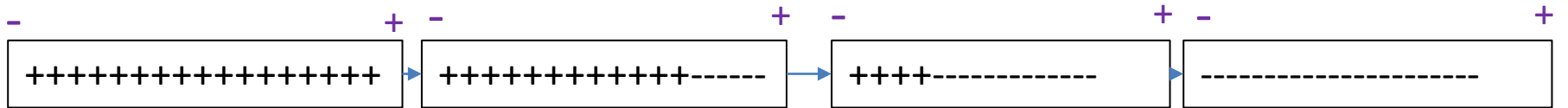
Déplacement du courant dans l'axe d'une dérivation



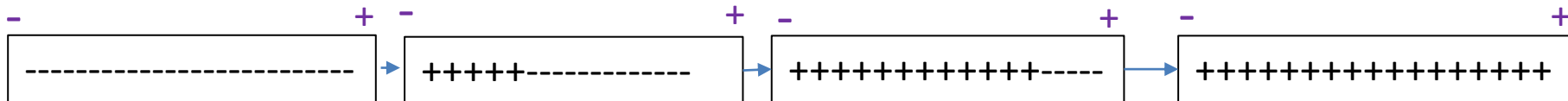
Les cellules se dépolarisent de l'électrode négative vers l'électrode positive
Ou se repolarisent de l'électrode positive vers l'électrode négative



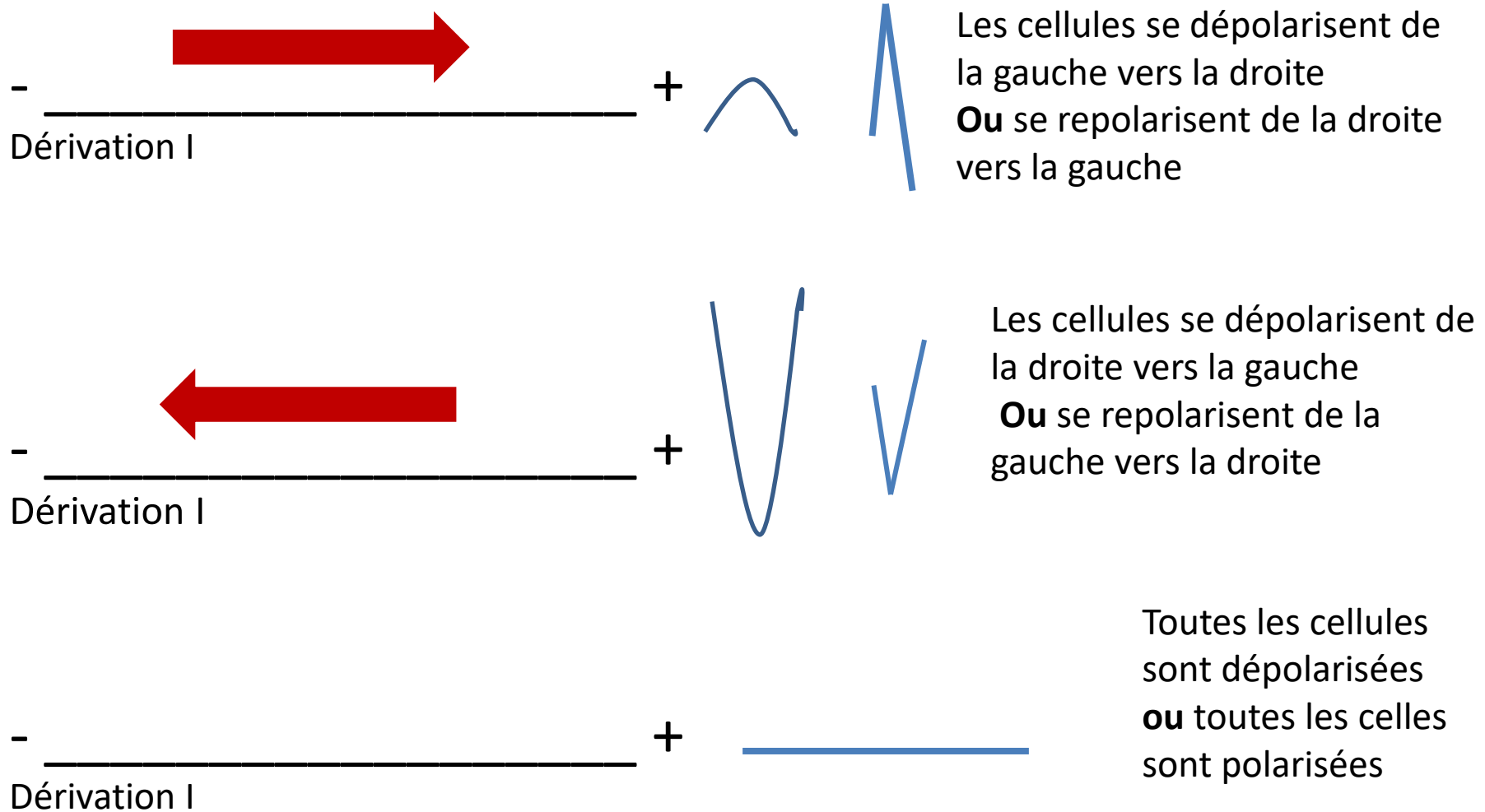
Les cellules se dépolarisent de l'électrode positive vers l'électrode négative **Ou** se repolarisent de l'électrode négative vers l'électrode positive



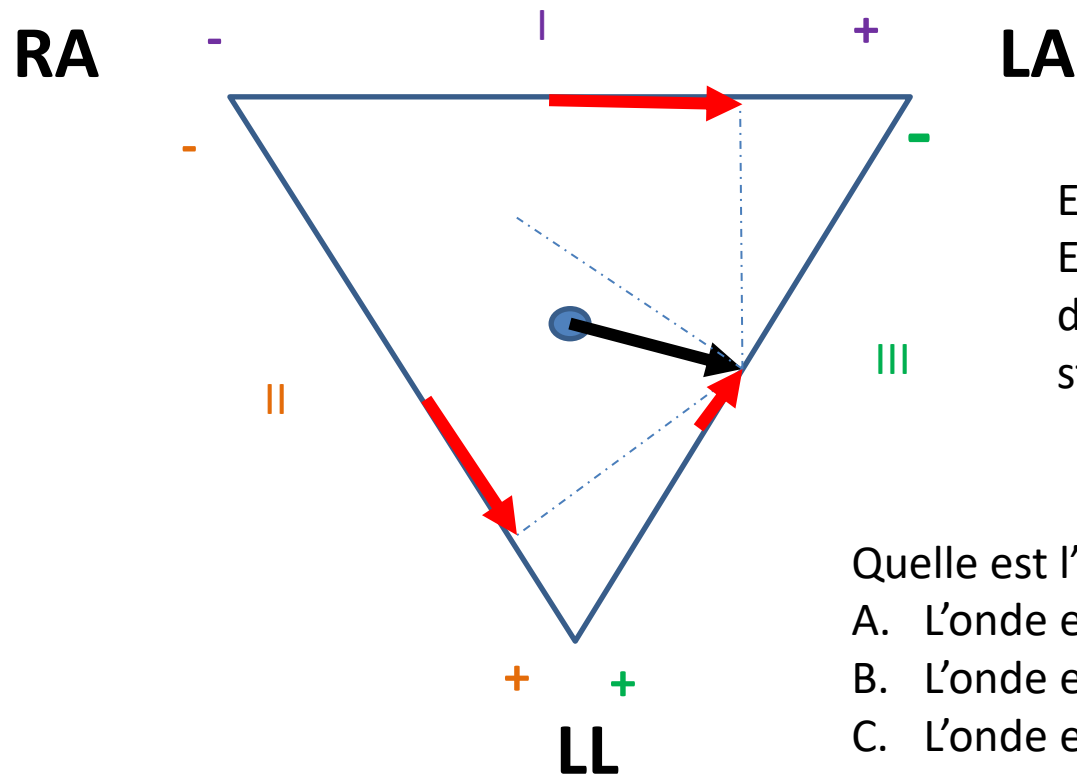
=



Déplacement du courant dans l'axe d'une dérivation



Projection du vecteur sur les 3 dérivation standards

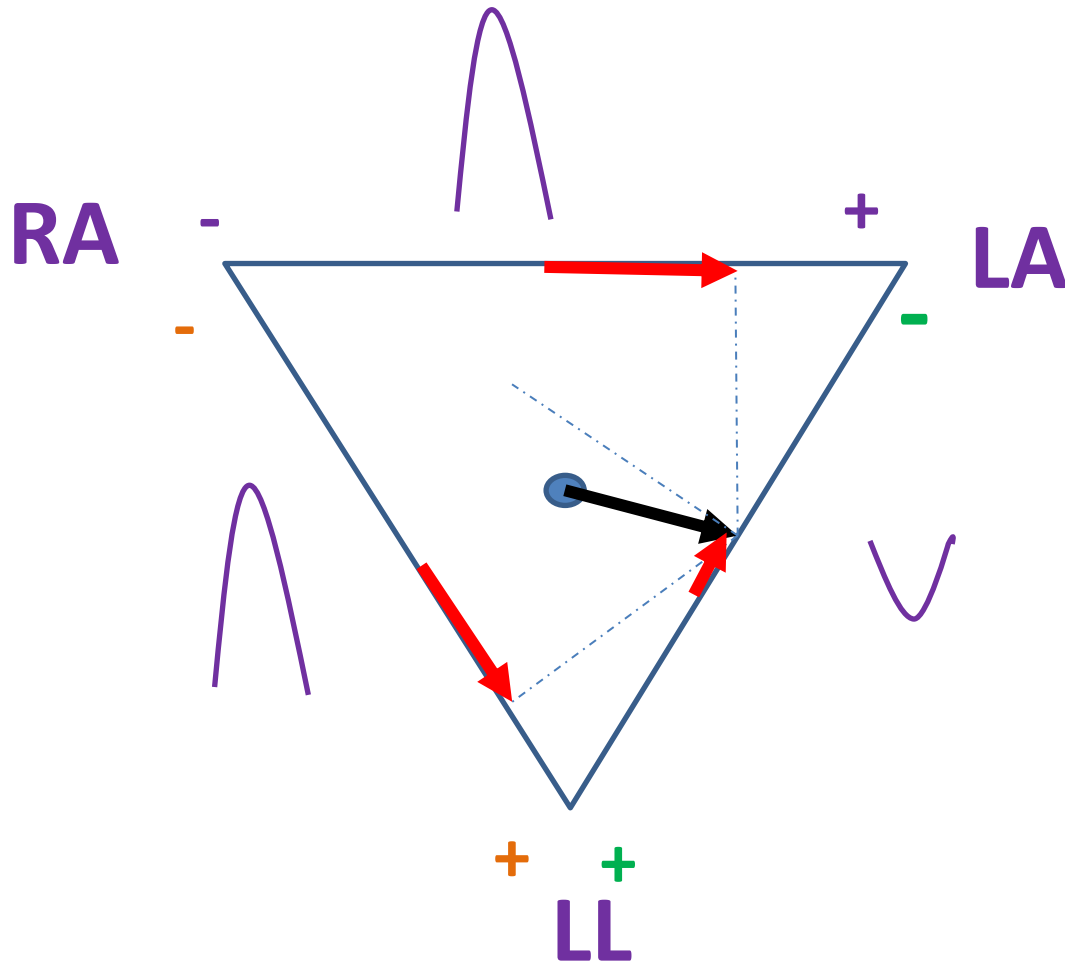


En noir: vecteur dipolaire unique
En rouge: projections du vecteur dipolaire unique sur les 3 dérivation standards

Quelle est l'affirmation vraie?

- A. L'onde est positive sur toutes les dérivation
- B. L'onde est négative sur la dérivation III
- C. L'onde est négative sur les dérivation I et II

Projection du vecteur sur les 3 dérivation standards



- Dérivation I : tracé positif (= vers le haut)
- Dérivation II : tracé positif (= vers le haut)
- Dérivation I : tracé négatif (= vers le bas)

Application à l'ECG

- Début de dépolarisation dans le **nœud sinusal (NS ou NSA) dans l'oreillette droite** due à la présence de **cellules pacemakers**

 **Propagation à travers le myocarde**

ECG

 **ECG = enregistrement de la propagation des courants électriques**

Théorie d'Einthoven: à chaque instant, **l'intensité** (proportionnelle à la masse de myocarde concernée) **et la direction** du courant peuvent être représentées par un vecteur



La progression du courant
dans le tissu nodal n'est pas visible à l'ECG
car peu de masse cellulaire

ECG chien

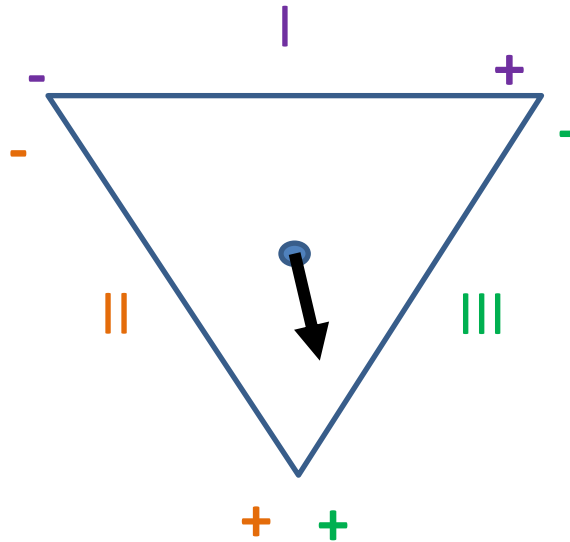
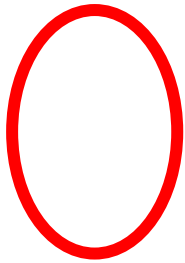
D II



- **Ondes (fluctuations)**
 - **p** : dépolarisation des oreillettes
 - **qRs** ou **rS** (cheval): **complexe ventriculaire/ dépolarisation des ventricules**
 - q : onde négative avant R
 - R: première onde positive
 - s: onde négative après R
 - **T** : repolarisation des ventricules

- Composants de l'ECG

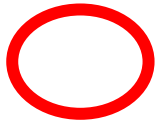
- **onde p** (petit «p»): dépolarisation oreillettes caudalement vers la gauche



- Composants de l'ECG

- onde p

- **Segment isoélectrique pR (pq):** passage ralenti dans le nœud auriculo-ventriculaire (NAV) (ainsi que faisceau de His et réseau de Purkinje), qui **évite une synchronisation** des systoles auriculaires et ventriculaires

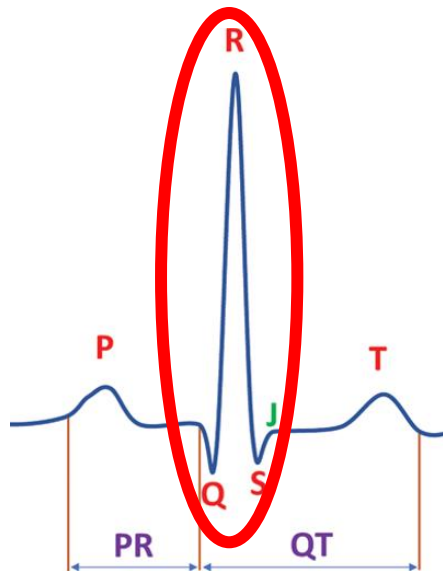


- Composants de l'ECG

- onde p

- Segment pR

- **Complexe qRs (ou rS chez le cheval) = complexe ventriculaire/ dépolarisation ventriculaire**



qRs plus en détail

1.Onde q: Dépolarisation de la gauche vers la droite du septum et crânialement

qRs plus en détail

2.Onde R: Dépolarisation du septum vers apex (principalement ventricule gauche) et de l'endocarde vers l'épicarde

qRs plus en détail

3. **Onde S** : Dépolarisation de la base du cœur

S n'est pas toujours visible chez les animaux domestiques car le vecteur peut être perpendiculaire au plan frontal dans le système hexaxial

- Composant de l'ECG

- onde p
- Segment pr
- Complexe qRs (ou rS chez le cheval) = complexe ventriculaire

- **Segment sT : temps de la systole ventriculaire**

- = **tracé stable sur la ligne isoélectrique**

Pour info : une légère déviation de la ligne de base est physiologique chez le chien

- Composant de l'ECG

- onde p
- Segment pr
- Complexe qRs (ou rS chez le cheval) = complexe ventriculaire/ dépolarisation ventriculaire
- Segment st

- Onde T : repolarisation ventricule

- **Repolarisation épicarde avant endocarde** = épicarde (qui contient vaisseaux sanguins) reste dépolarisé moins longtemps que l'endocarde
- **Repolarisation apex avant base** d'où une onde de même direction que R chez l'homme



L'onde t peut être
positive, négative ou biphasique chez le
chien, le chat, le cheval et les ruminants



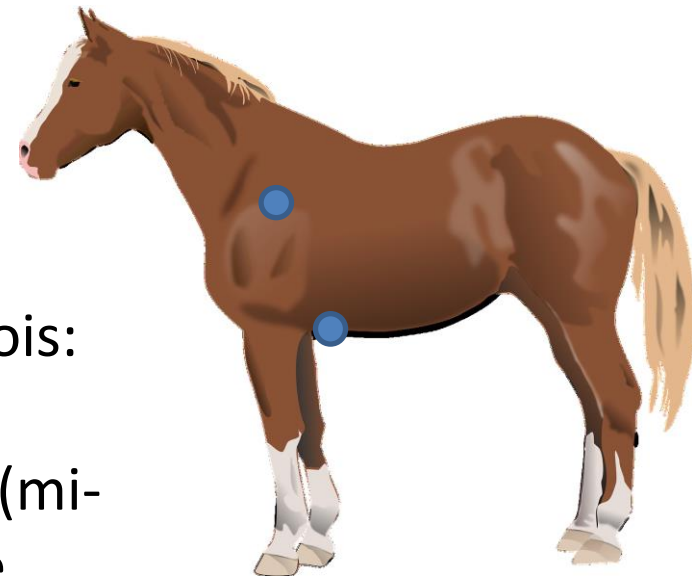
La repolarisation des oreillettes n'est pas visible à l'ECG car elle se produit au même moment que la dépolarisation ventriculaire

Particularités du cheval

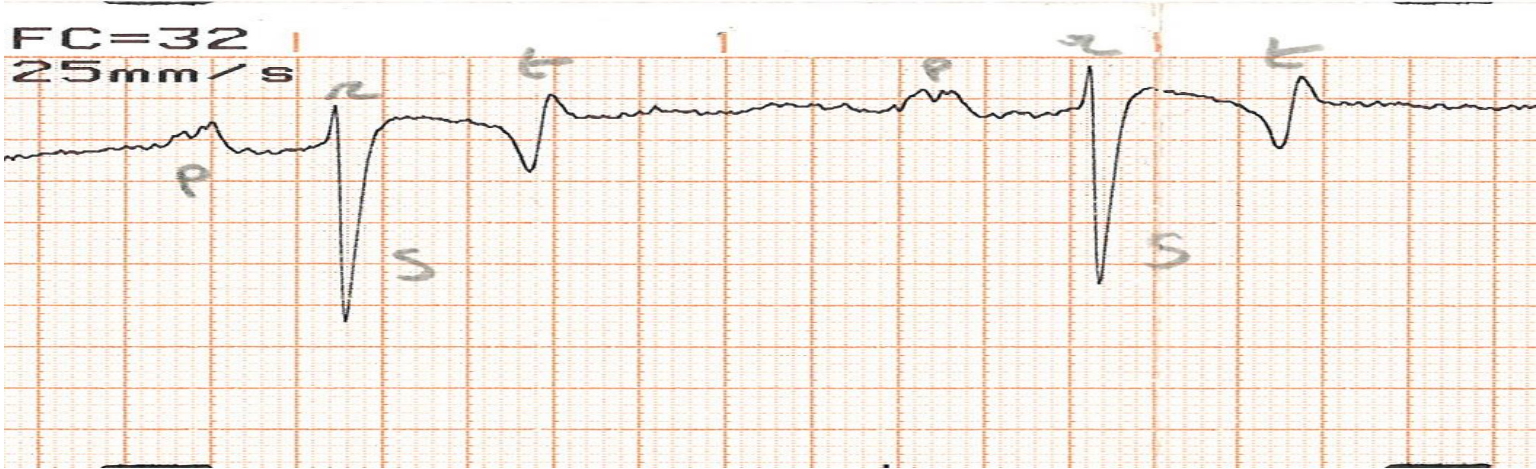
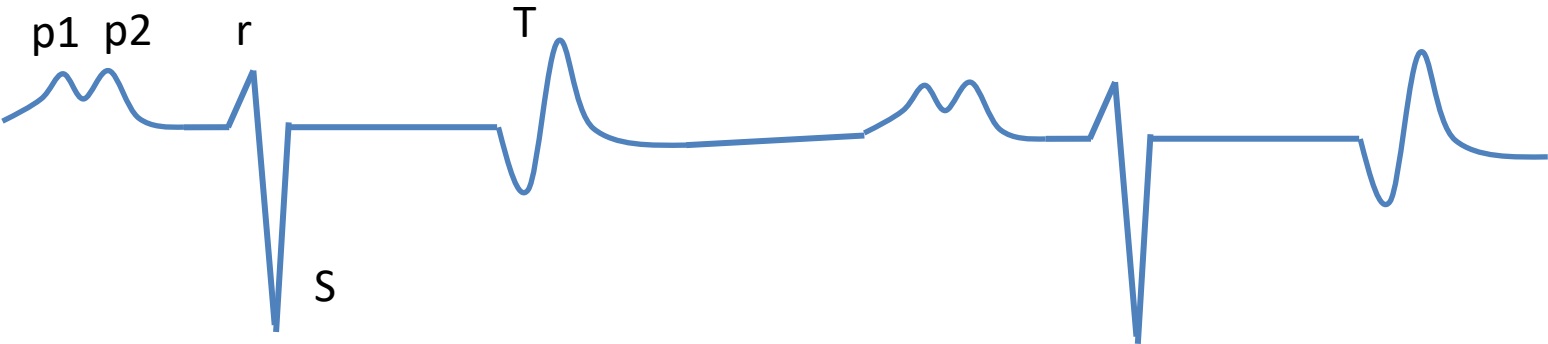
Le cœur n'est pas inscrit dans le triangle d'Einthoven (angle de 90° avec l'axe du sternum)



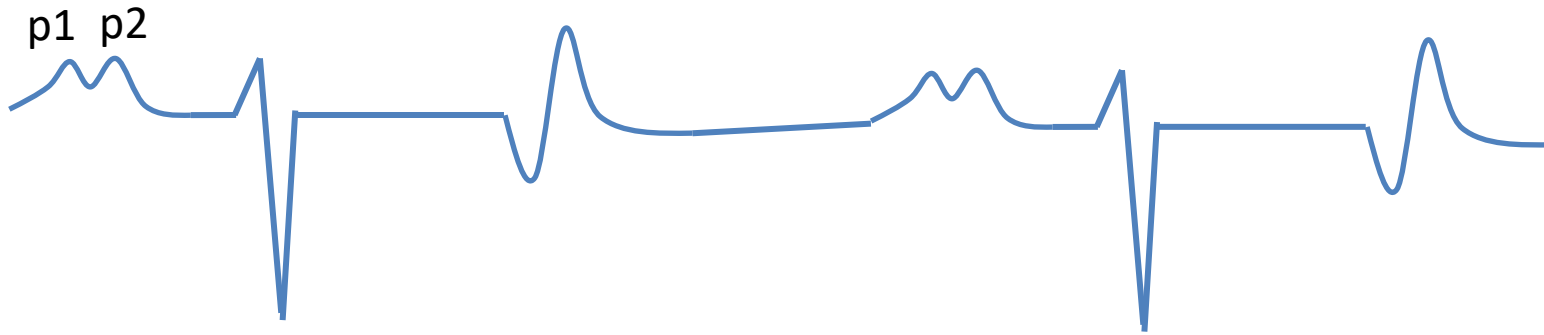
Amélioration de la technique par Dubois:
Positionnement des électrodes sur la masse musculaire des épaules G et D (mi-distance entre le garrot et la pointe de l'épaule) et **sur l'appendice xyphoïde**



ECG du cheval



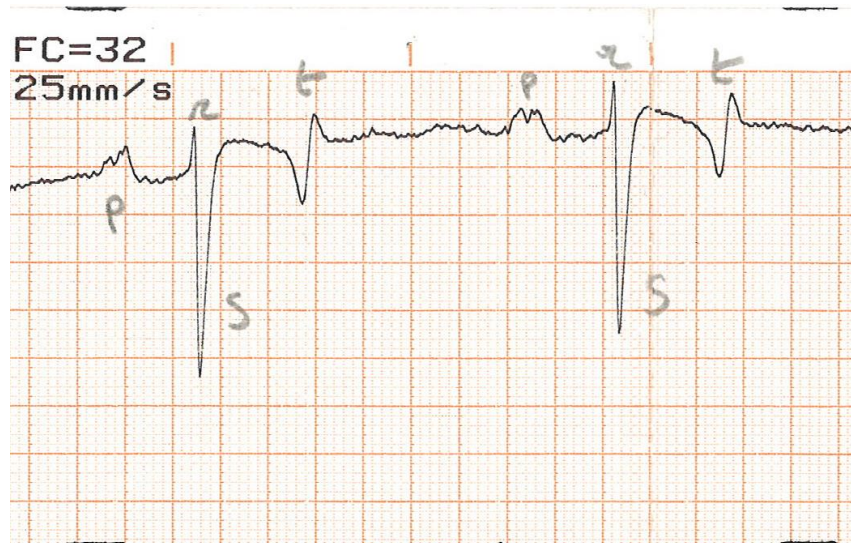
ECG du cheval



- **p1 et p2 = onde p biphasique/bifide**
 - p1: dépolarisation de l'oreillette droite
 - p2: passage à l'oreillette gauche
- **Remarque :** Wandering pacemaker possible car le pacemaker n'est pas toujours au niveau du nœud sinusal (6 points possibles chez le cheval)

Particularité du cheval et des ongulés en général

- **Complexe rS** très différent de l'Homme ou des **carnivores** car l'onde dominante est négative



Le **réseau de Purkinje est très développé** induisant une dépolarisation quasiment instantanée de tout le myocarde = **vecteur nul**

L'onde négative correspond à la dépolarisation de la base du cœur

Particularités du cheval

- **Onde T : fréquemment biphasique**

La forme de l'onde T peut varier au cours de l'effort.

- **Fréquence cardiaque basse:** environ 30-35 Batt/min
due à un **tonus vagal** très important chez cette espèce

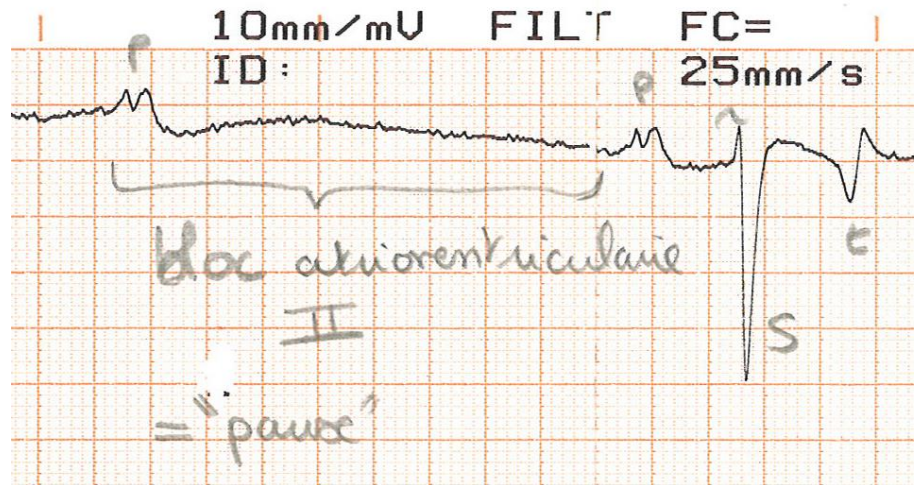
Particularités du cheval

– **Bloc auriculo-ventriculaires (BAV) physiologiques**

fréquents liés au **fort tonus vagal** du cheval qui

- **ralentit** (BAV I) ou
- **bloque** (BAV II)

la **propagation de l'onde** de dépolarisation des oreillettes aux ventricules.



BAV physiologiques disparaissent à l'effort

Mise en pratique

- Cheval : debout!
- Chien, chat : **décubitus latéral droit** avec membres antérieurs perpendiculaire au corps et membre postérieurs légèrement fléchis

Mise en pratique

- Classiquement, on utilise **4 électrodes**
 - Rouge (épaule droite ou au-dessus du coude)
 - Jaune (épaule gauche ou au-dessus du coude)
 - Vert (appendice xiphoïde ou au-dessus du genou)
 - Noir (position indifférente)

Remarque : ce code couleur est européen