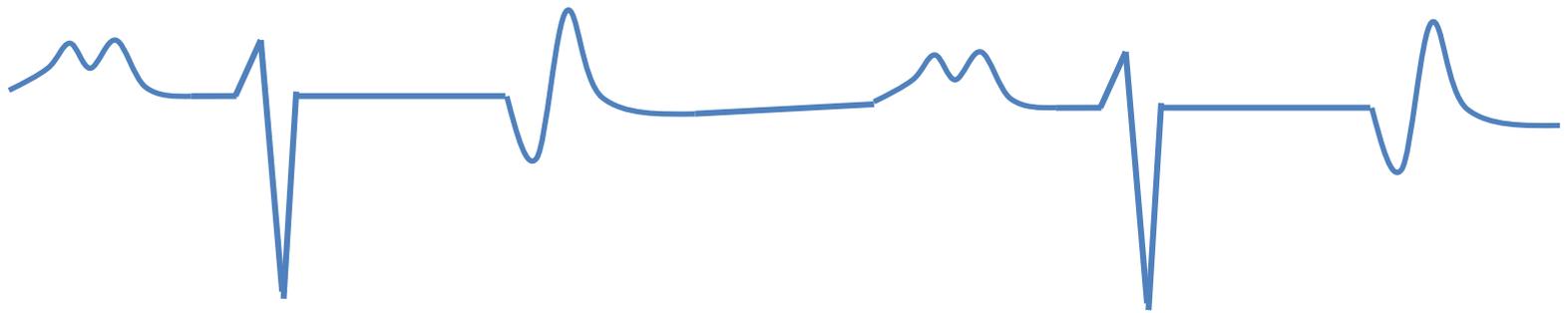
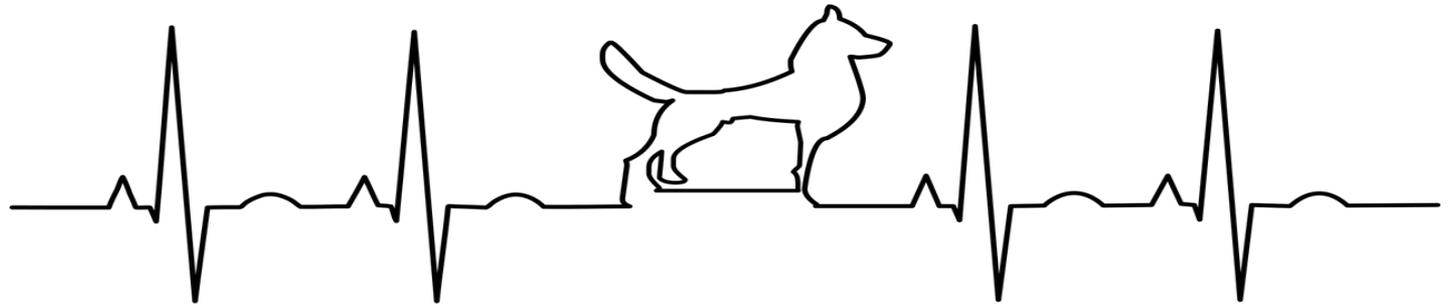


# Physiologie des bruits du cœur et de l'ECG



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<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> 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

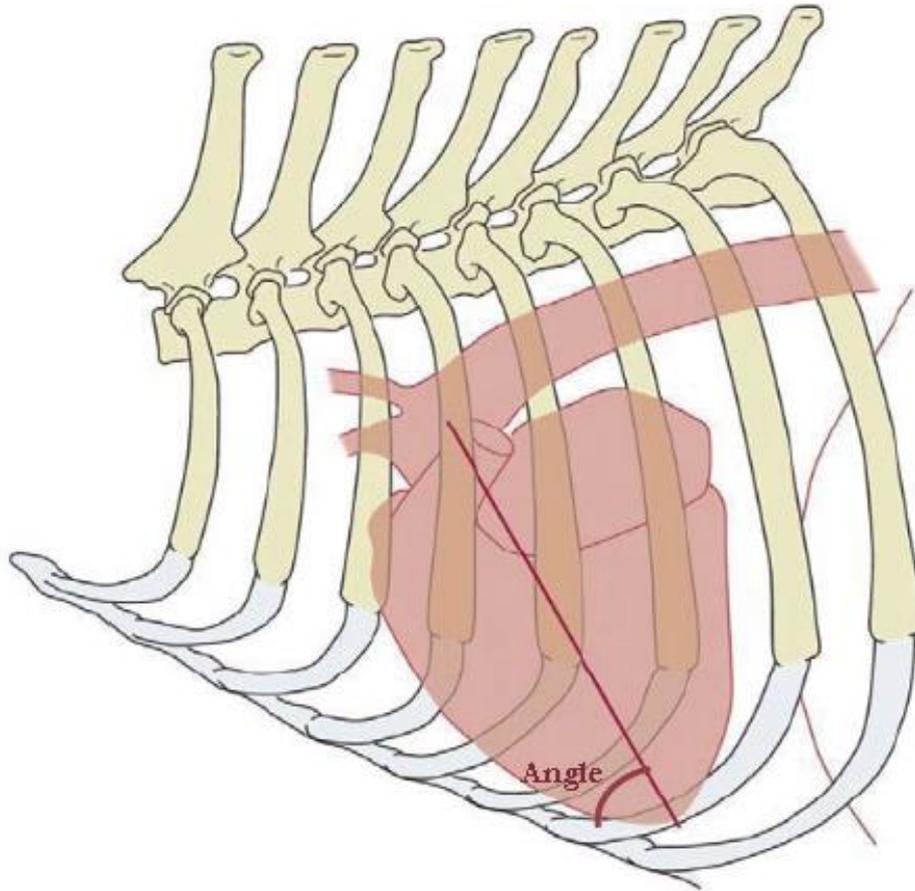
- **B1 et B2** s'entendent chez tous les mammifères
- Chez le **cheval sain**, il est possible selon les chevaux d'entendre (du + au – fréquent)
  - **B1-B2**
  - **B4-B1-B2**
  - **B1-B2-B3**
  - **B4-B1-B2-B3**
- Chez le chien et le chat, B3 et B4 sont pathologiques

# 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**

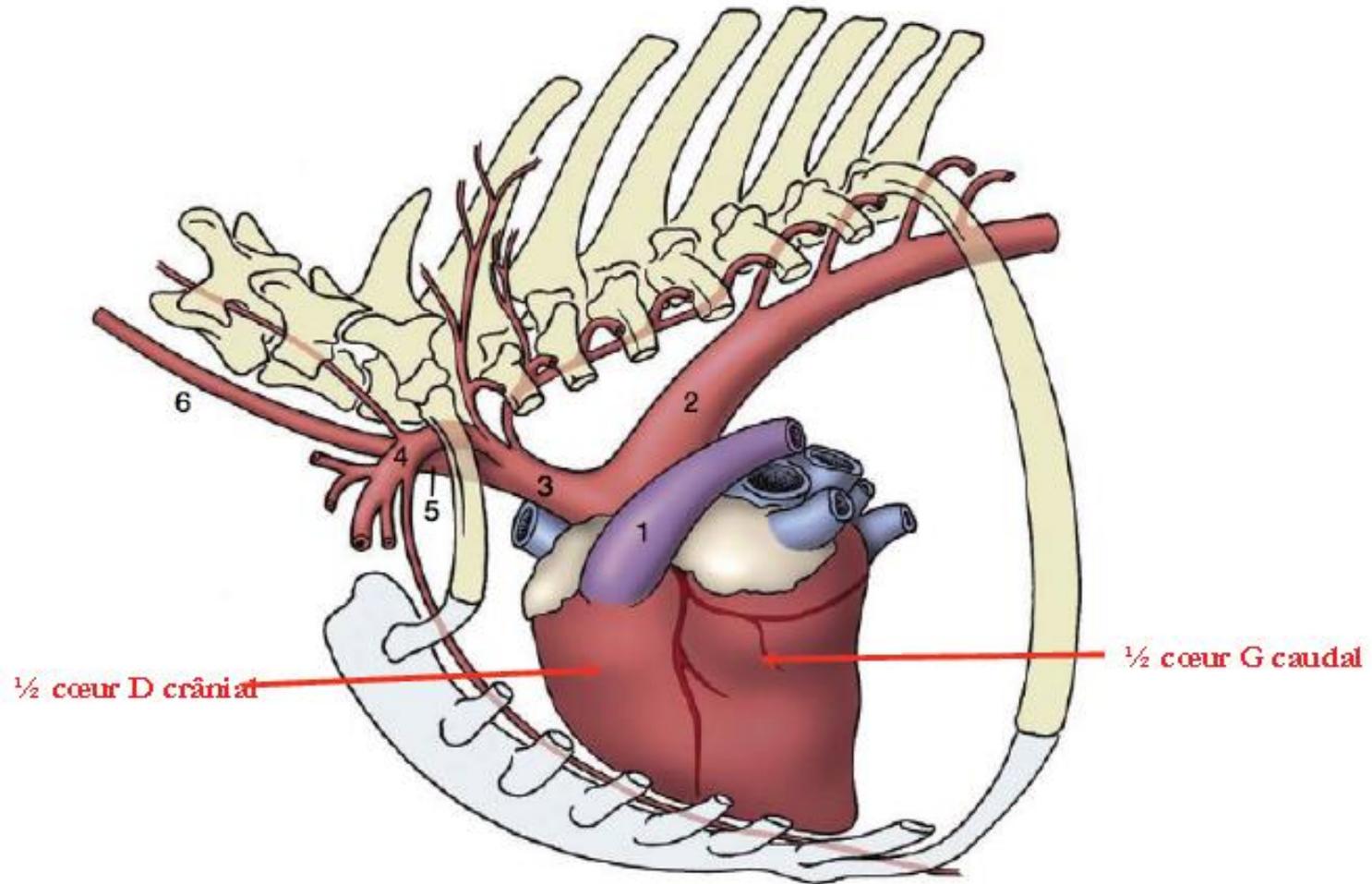
**50 ° PC**

**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

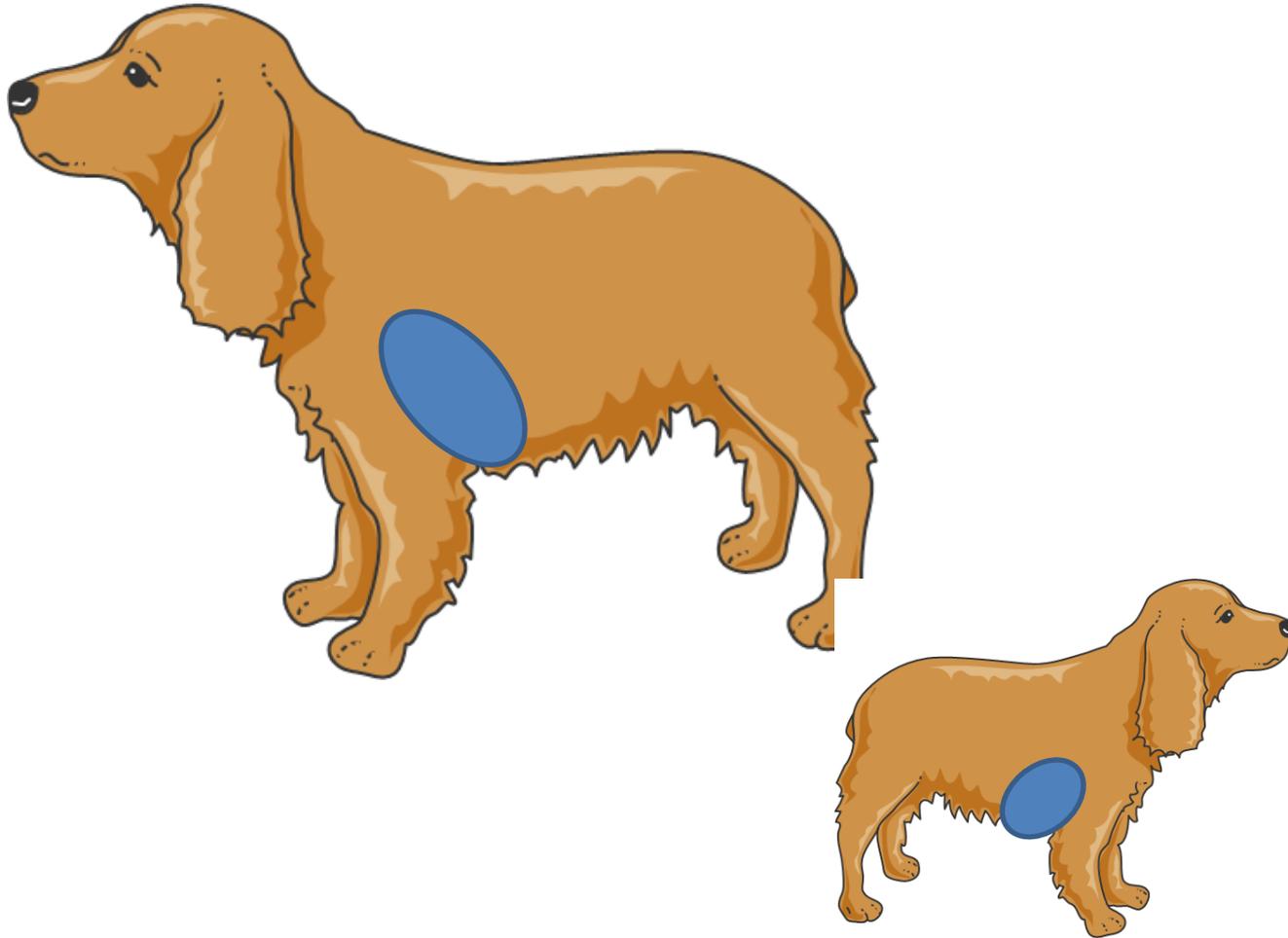


# Site d'auscultation

- 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<sup>ème</sup> espace intercostal**
- Les sites d'auscultation cardiaques se situent **entre le 3 et 6<sup>ème</sup> 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



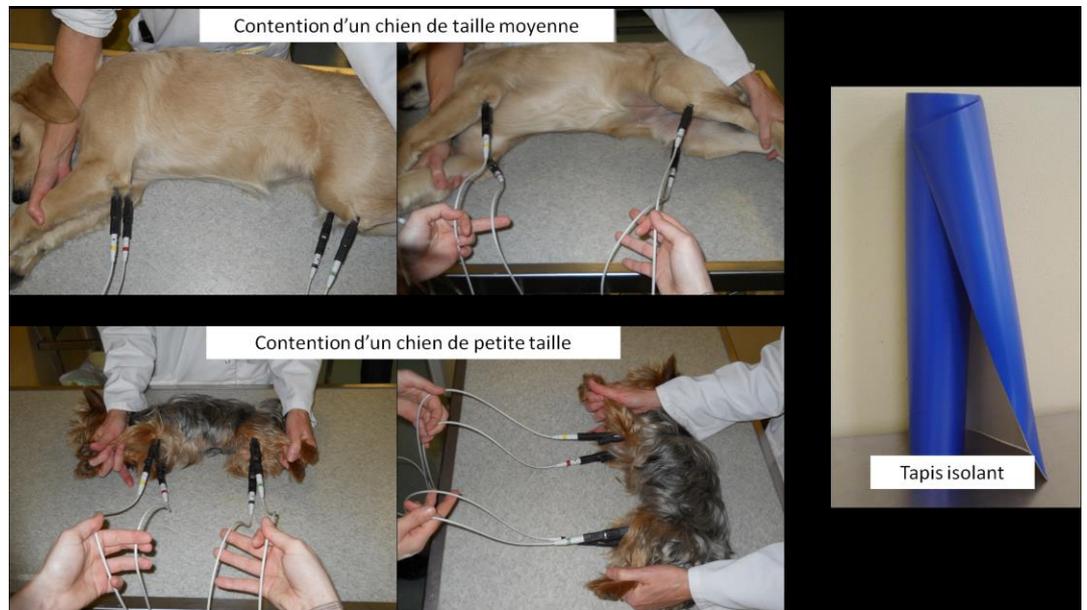
- Comment les distinguer?
  - **Bruits respiratoires** : regarder les mouvements thoraciques et abdominaux
  - **Bruits digestifs** : souvent très forts, plus aigus et toujours irréguliers (borborygmes)

# Electrocardiogramme: théorie et tracé

- **ECG** est une représentation graphique du déroulé 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



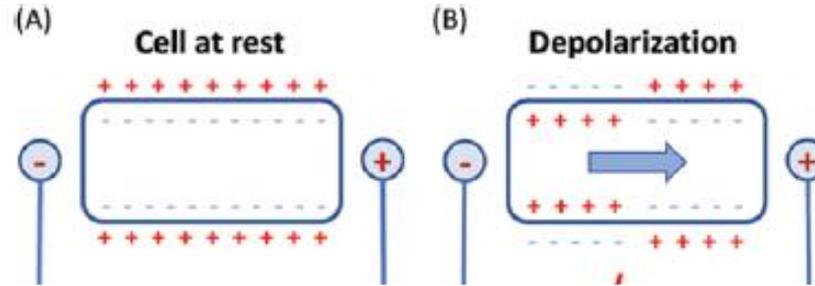
[Vetagrosup](#)

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*

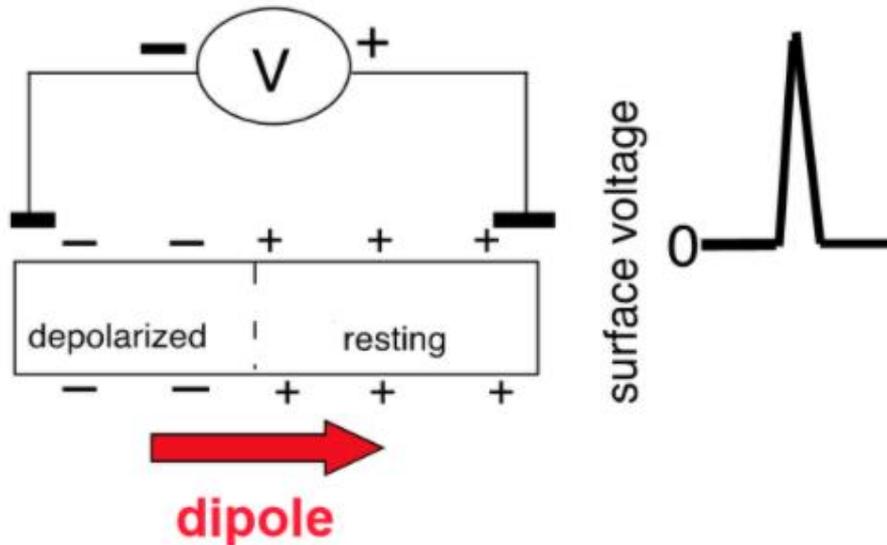
## Rappel :

- 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**

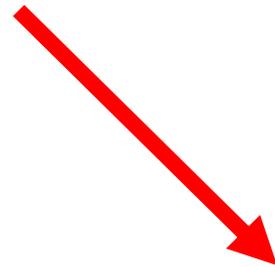
# Théorie d'Einthoven

**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

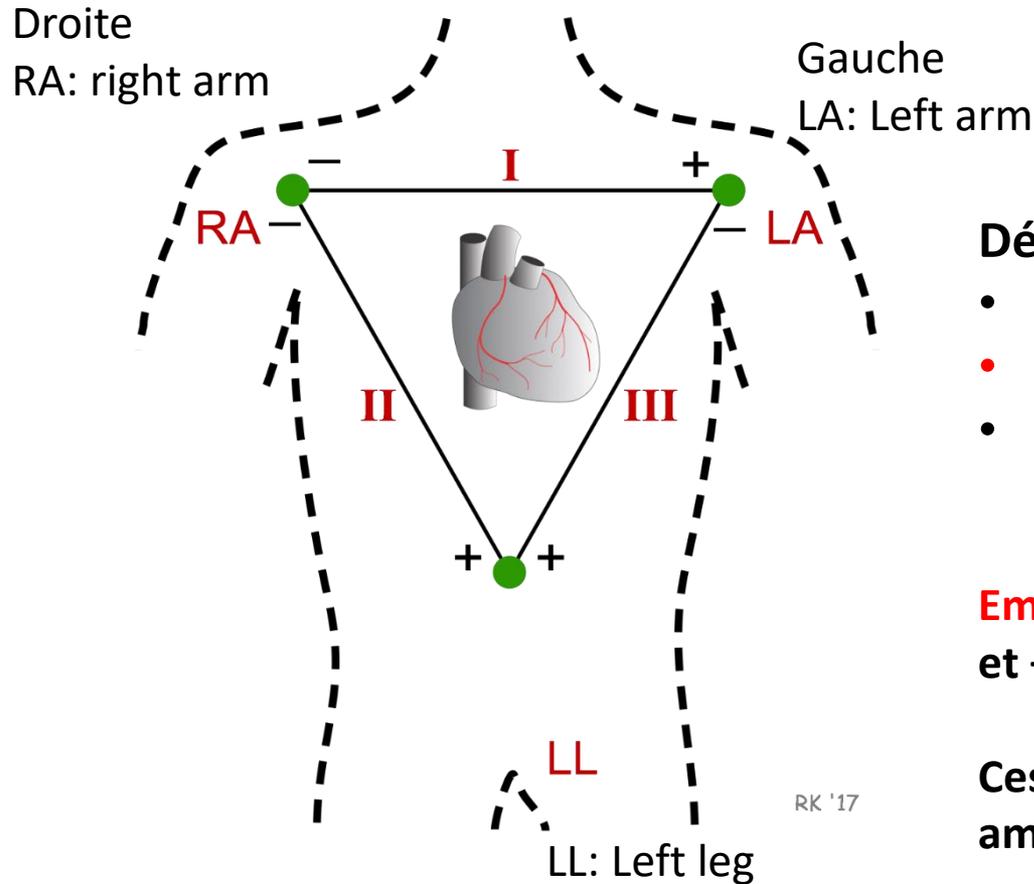
# Théorie d'Einthoven

**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 =

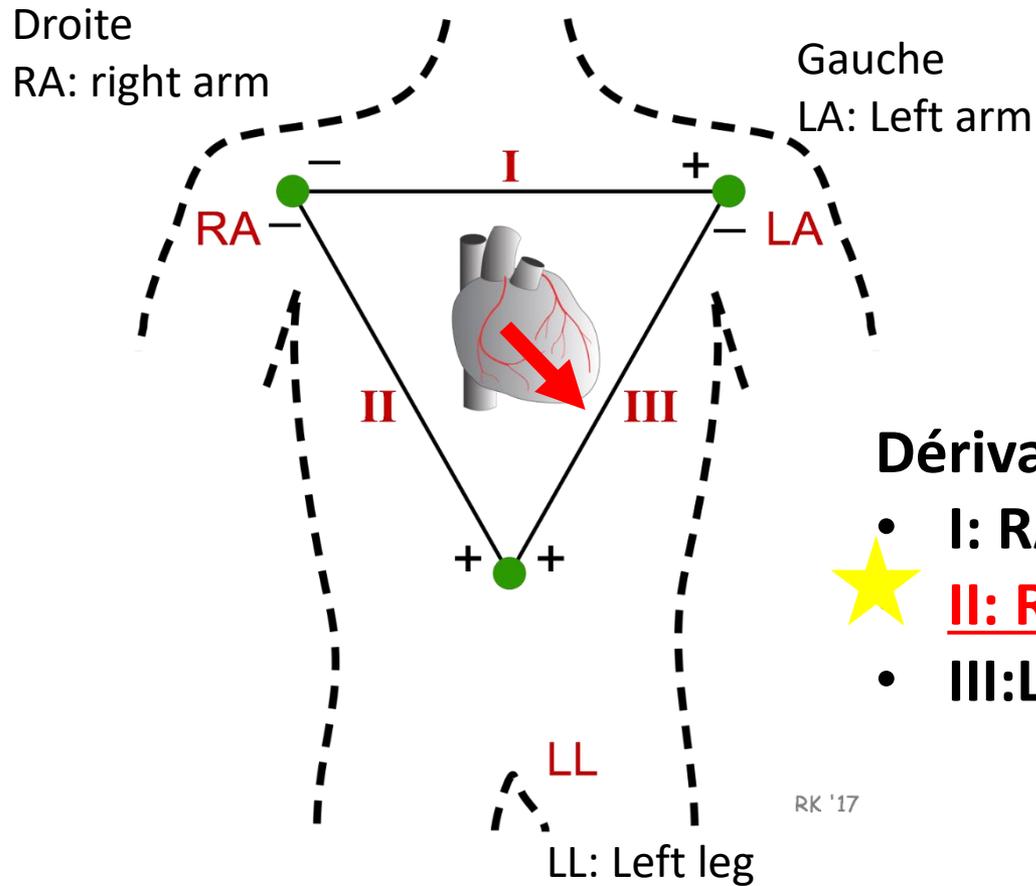
- I: RA-LA (poignet droit/poignet gauche)
- II: RA-LL (poignet droit/jambe gauche)
- III: LA-LL (Poignet gauche/ jambe gauche)

**Emplacement standardisé** des électrodes – et +

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

# Théorie d'Einthoven

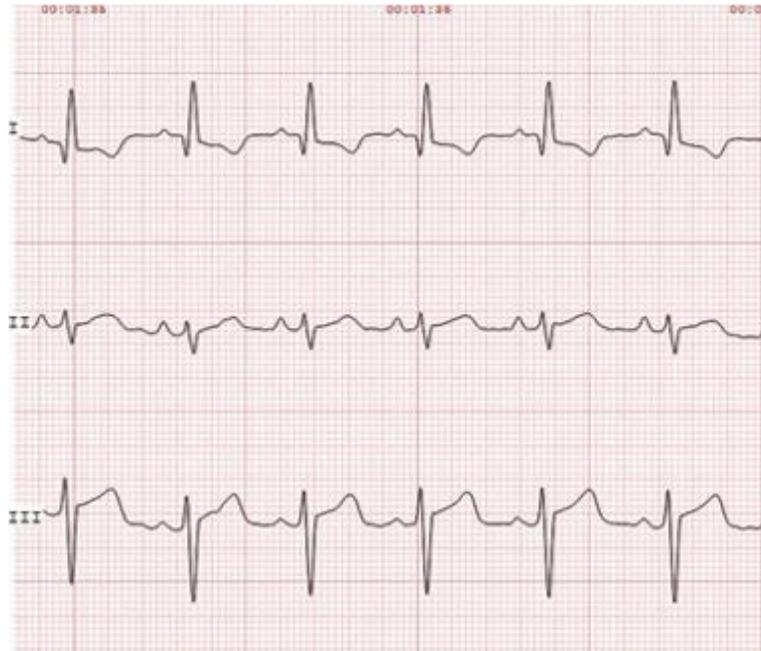
## triangle d'Einthoven et définition des dérivations standards



### 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

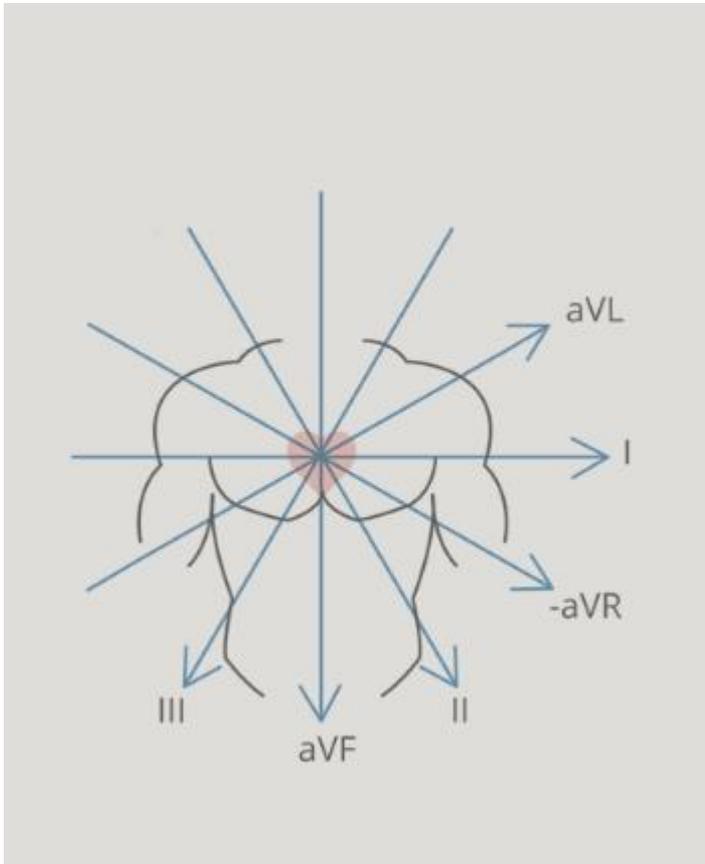
**Dérivations standards =**

- 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

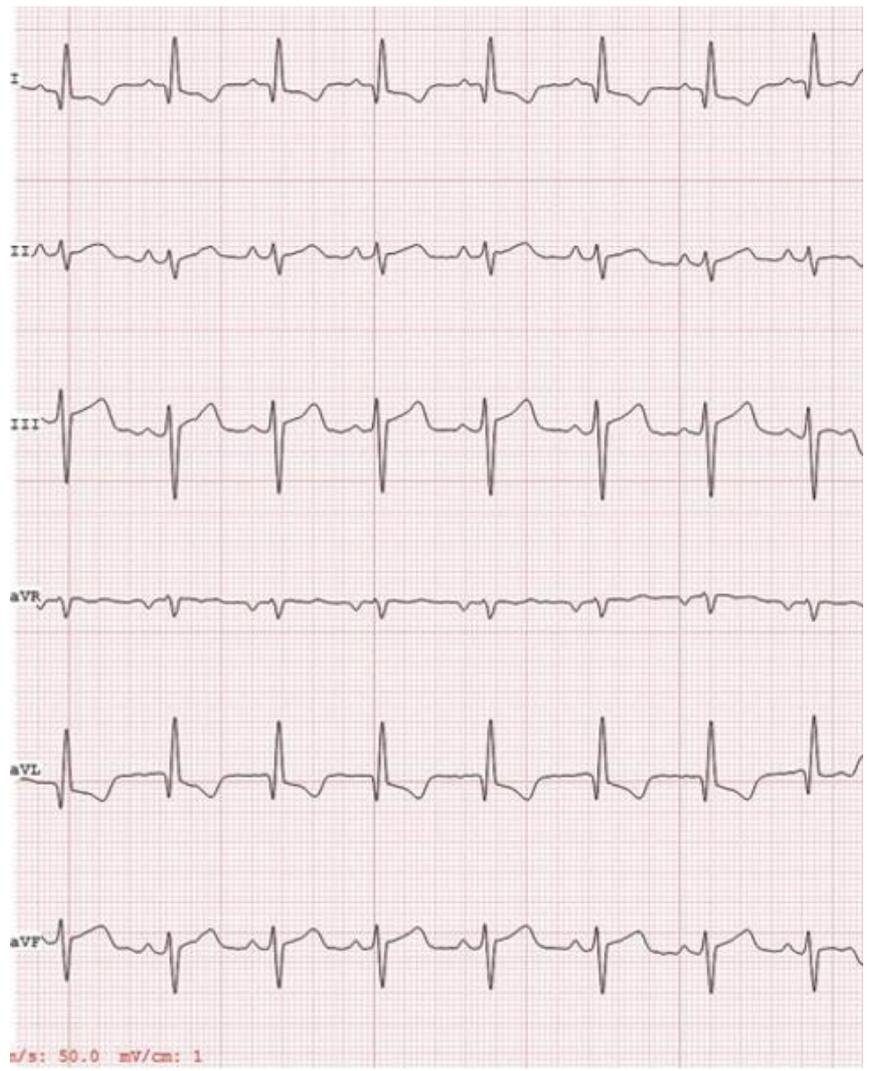
**Dérivations augmentées unipolaires:** une électrode positive (celle qui donne le nom à la dérivation que l'on explore) et l'autre dite nulle (obtenue par la connexion des deux autres électrodes) (de 60° en 60° intercalés entre les dérivations standards)

(Goldberger 1942)

aVR (augmented voltage Right)

aVL (augmented voltage Left)

aVF (augmented voltage Foot)



# Théorie d'Einthoven triangle d'Einthoven

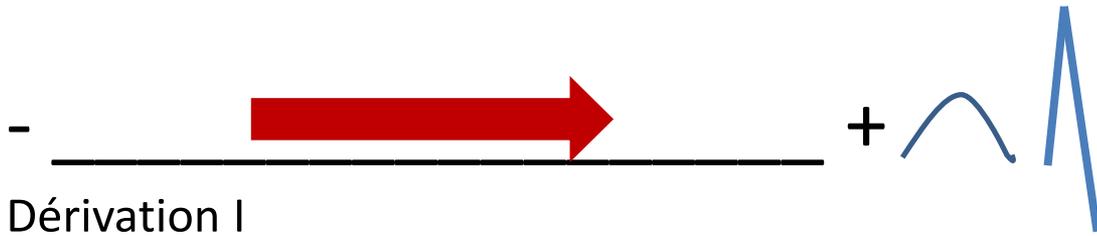
Dérivations augmentées chez le chien

## Remarque : système PRECORDIAL

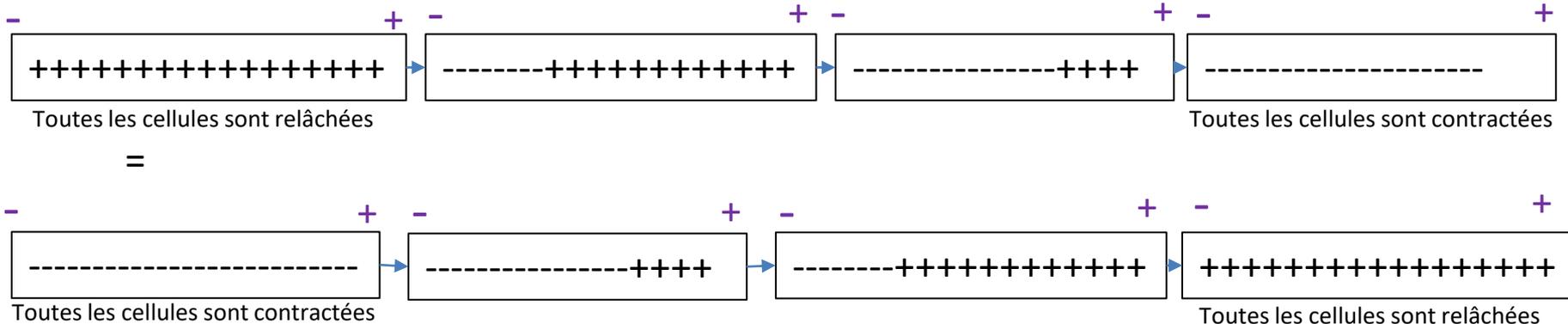
- dérivations précordiales (plan transverse) Peu de données en médecine vétérinaire à cause des différentes conformations des races.

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

# Déplacement du courant dans l'axe d'une dérivation

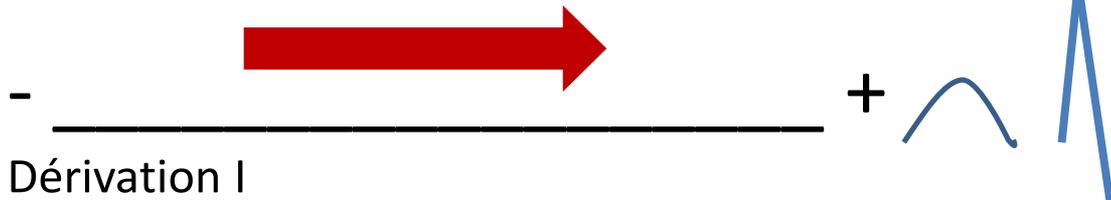


Les cellules **se dépolarisent de l'électrode négative vers l'électrode positive**  
**Ou se repolarisent de l'électrode positive vers l'électrode négative**



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

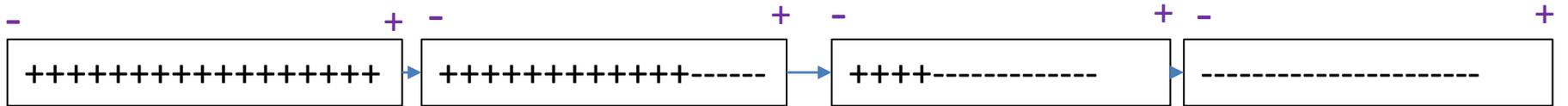
# Déplacement du courant dans l'axe d'une dérivation



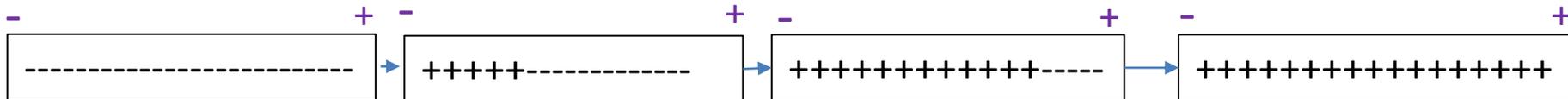
Les cellules se dépolarisent de l'électrode négative vers l'électrode positive  
**Ou** se repolarisent de l'électrode positive vers l'électrode négative



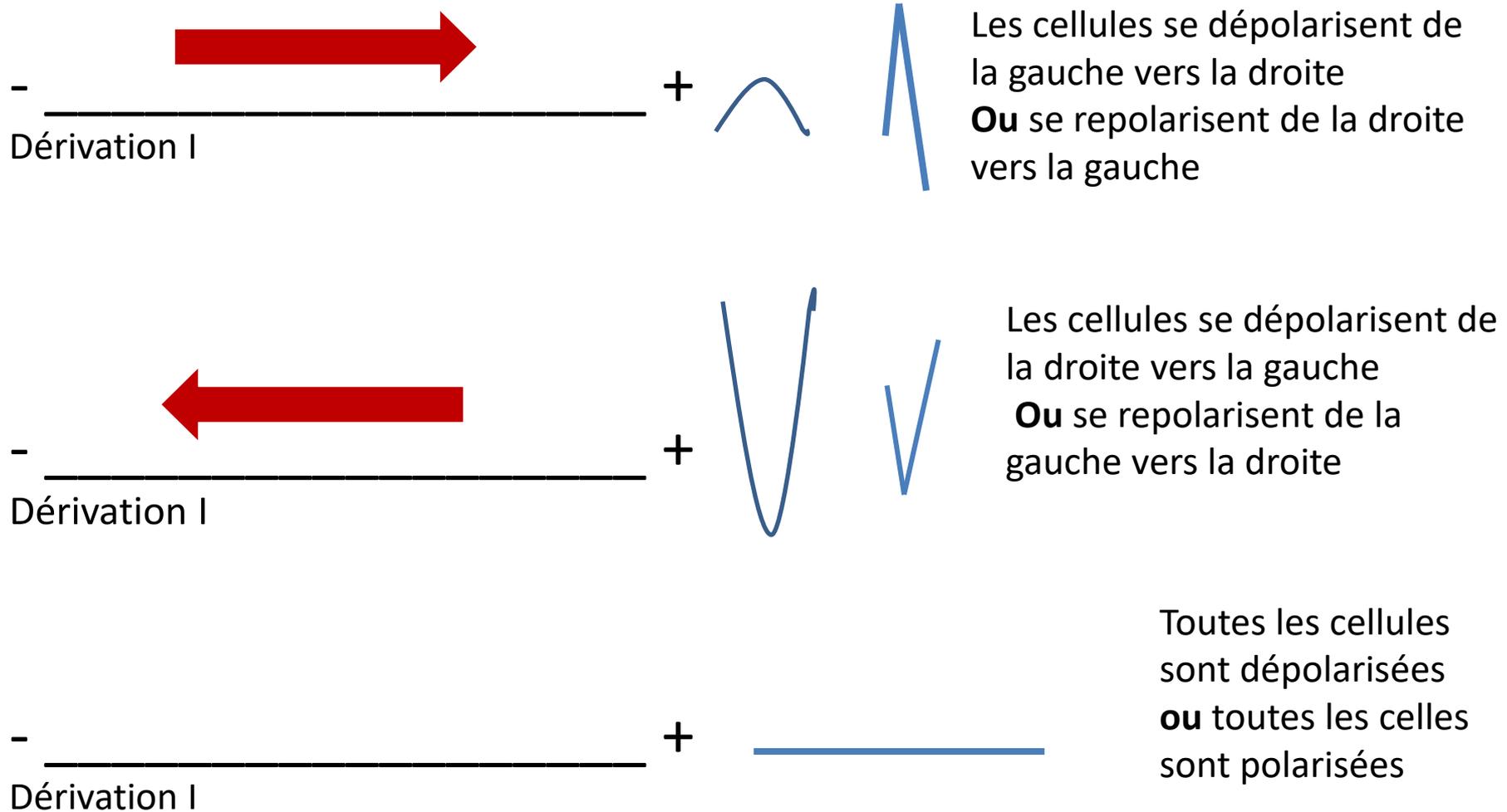
Les cellules se dépolarisent de l'électrode positive vers l'électrode négative **Ou** se repolarisent de l'électrode négative vers l'électrode positive



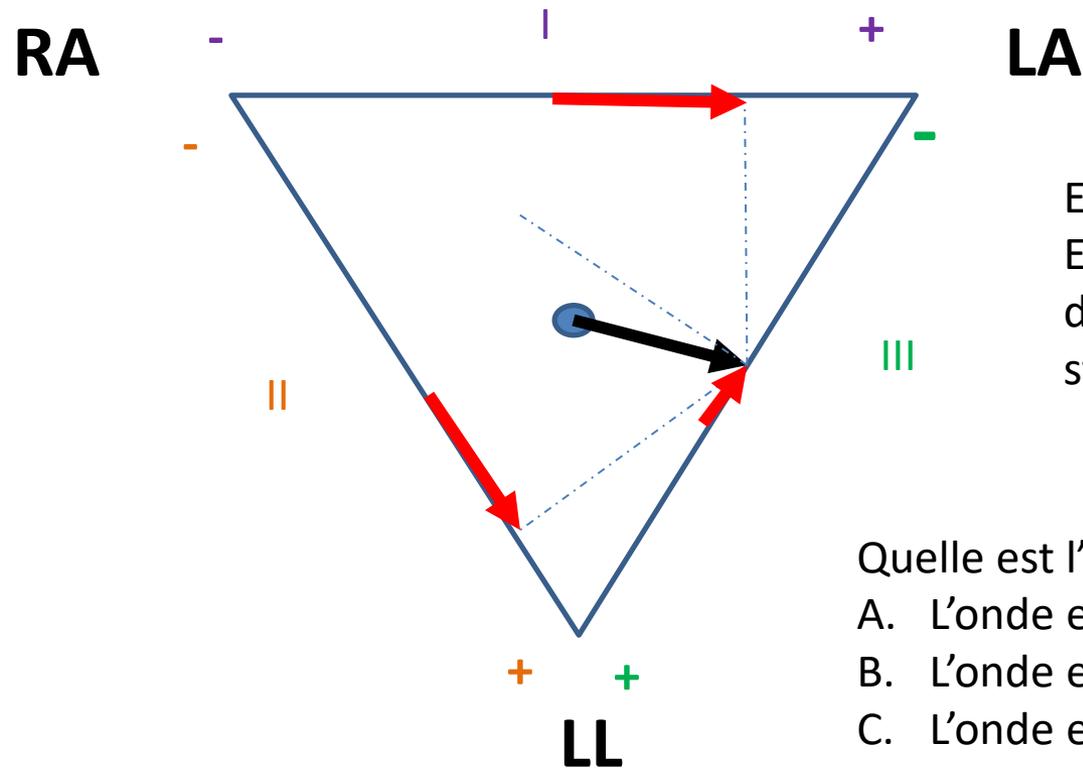
=



# Déplacement du courant dans l'axe d'une dérivation



# Projection du vecteur sur les 3 dérivation standards

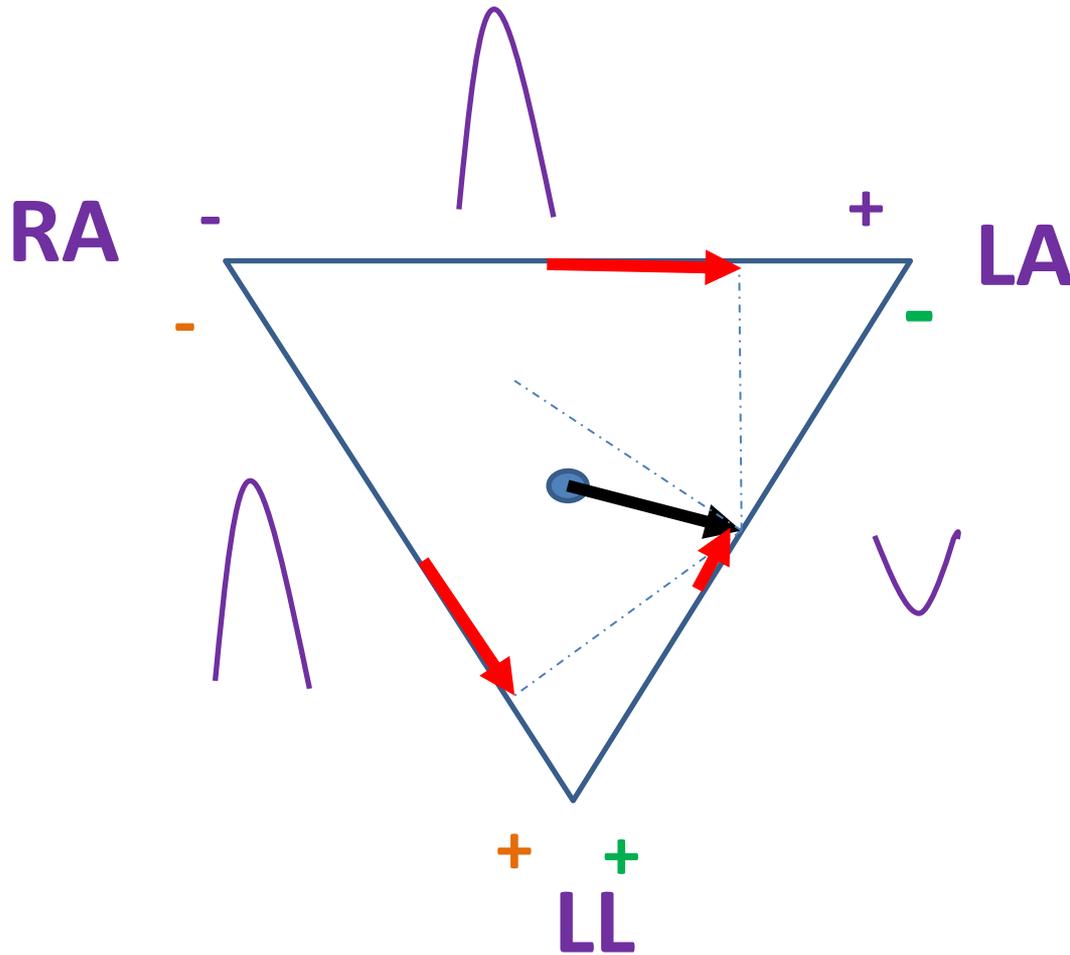


En noir: vecteur dipolaire unique  
En rouge: projections du vecteur dipolaire unique sur les 3 dérivation standards

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



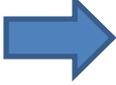
- Dérivation I : tracé positif (= vers le haut)
- Dérivation II : tracé positif (= vers le haut)
- Dérivation I : tracé négatif (= vers le bas)

# 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

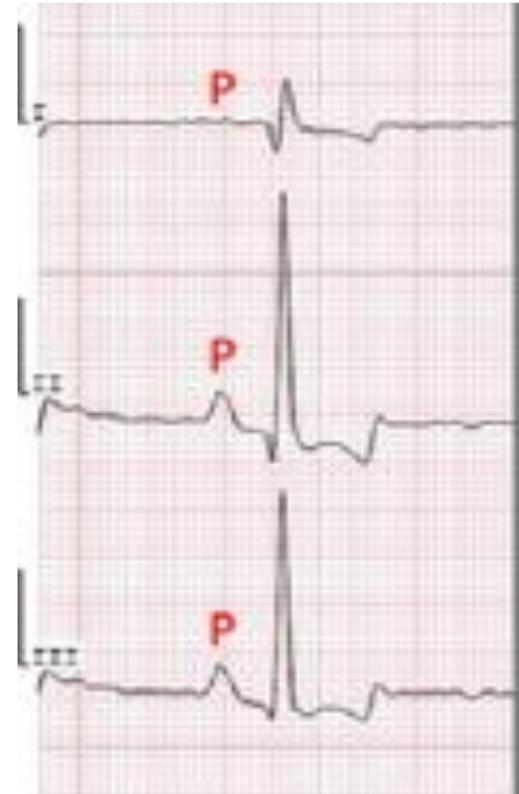
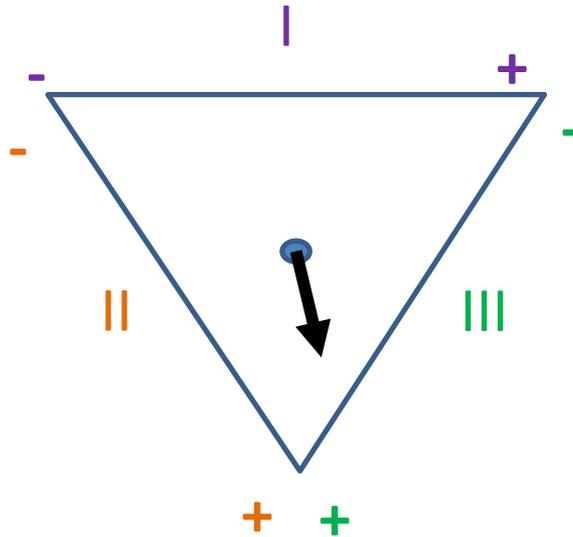
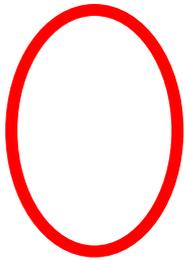
# ECG chien

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

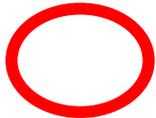
- Composants de l'ECG
  - **onde p** (petit «p»): dépolarisation oreillettes caudalement vers la gauche



- 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

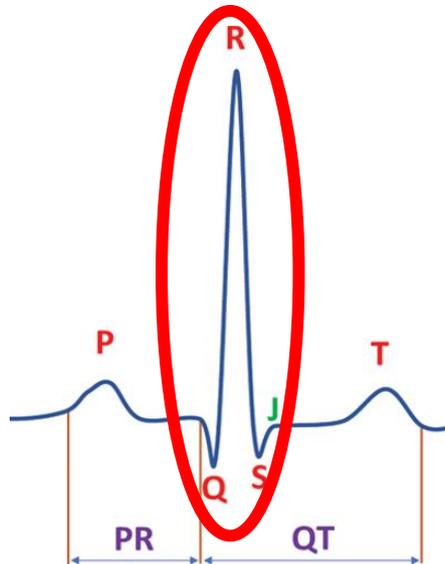


- Composants de l'ECG

- 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



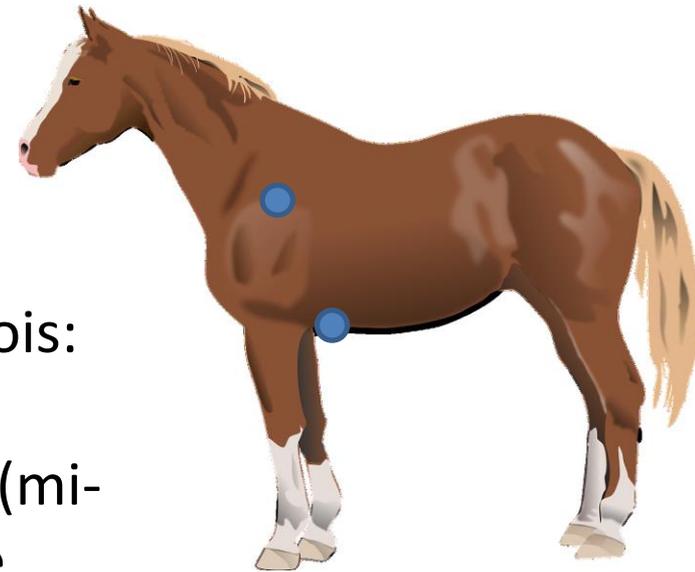
**La repolarisation des oreillettes** n'est pas visible à l'ECG car elle se produit au même moment que la dépolarisation ventriculaire

# Particularités du cheval

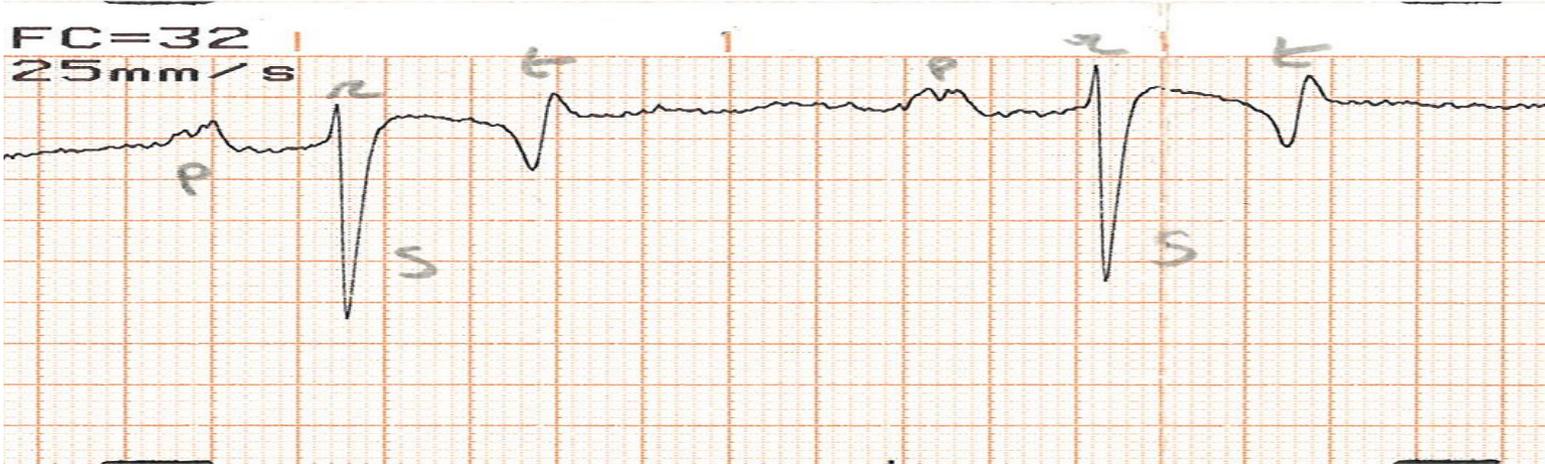
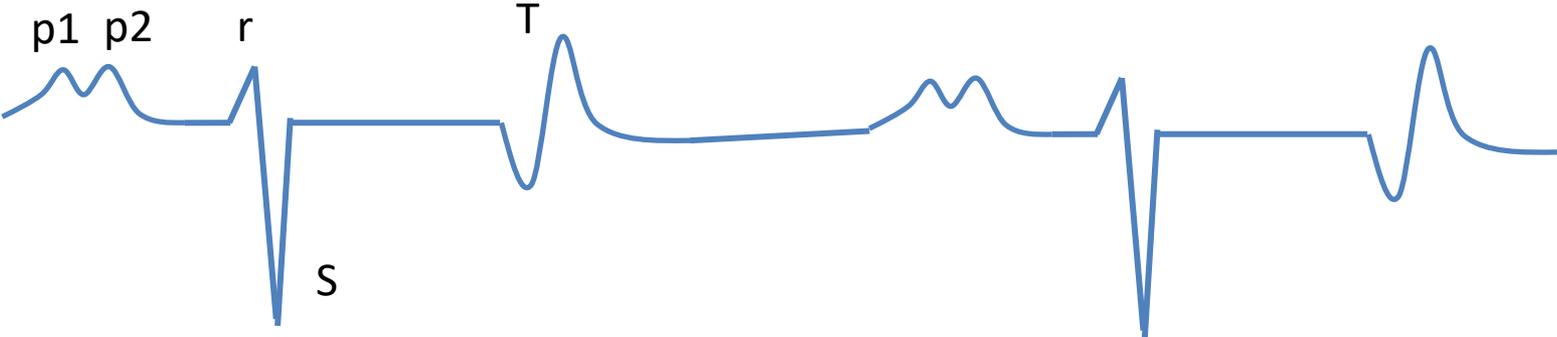
Le cœur n'est pas inscrit dans le triangle d'Einthoven (angle de 90° avec l'axe du sternum)



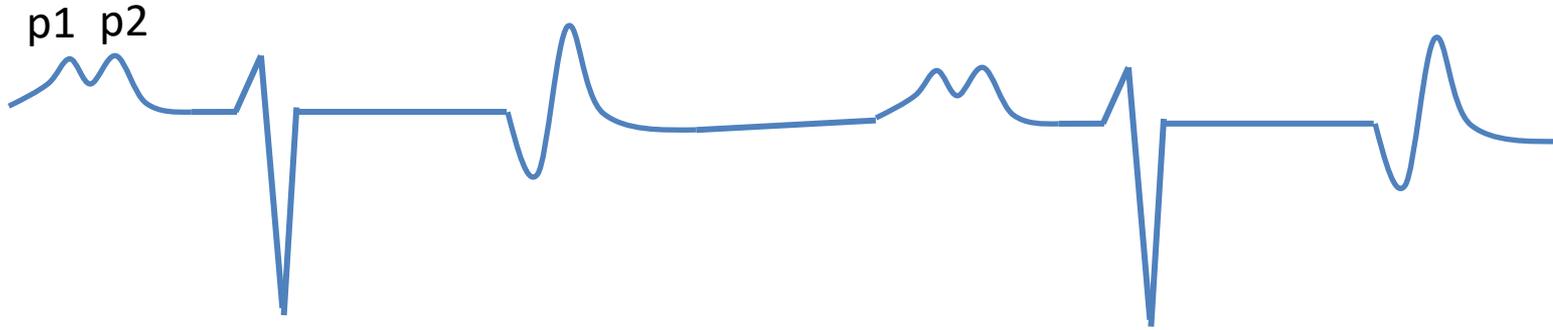
Amélioration de la technique par Dubois:  
**Positionnement des électrodes sur la masse musculaire** des épaules G et D (mi-distance entre le garrot et la pointe de l'épaule) et **sur l'appendice xyphoïde**



# ECG du cheval



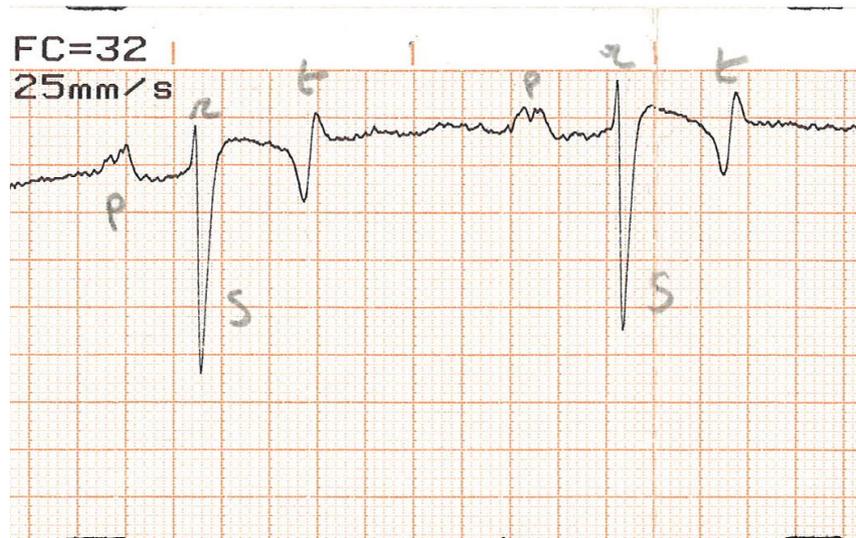
# ECG du cheval



- **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



# 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