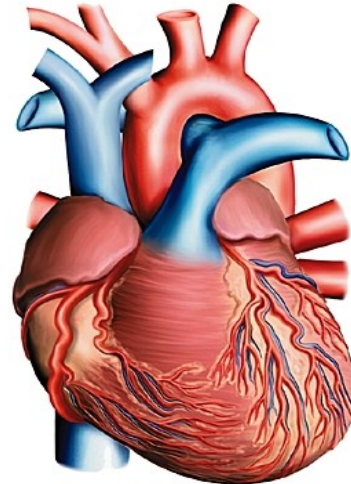


# Séance de révision de biophysique



→ **QCM de Biophysique de la circulation**



## Exercice 1 : Quel(les) sont les propositions vraies ?

- 1- Pour un liquide idéal, l'équation de bernouilli peut s'exprimer comme suit :  
 $m.g.h + \frac{1}{2} \rho.v^2 + P = \text{constante}$ .
- 2- La vitesse d'écoulement d'un fluide est proportionnelle au débit et à la surface de section.
- 3- 1 Bar correspond à la pression exercée par une force de 1 Newton sur une surface de 1 m<sup>2</sup>.
- 4- En condition statique, d'après les lois de pascal, la pression en un point est dépendante de l'orientation du capteur.
- 5- Pour les liquides non newtoniens, la viscosité dépend à la fois de la température, mais aussi de  $dv/dx$ .
- 6- Un liquide idéal s'écoule dans un cylindre sous une forme parabolique si le nombre de Reynolds est inférieur à 2000.

## Correction Ex 1 :

### Item 1 : Faux.

Équation de Bernoulli : Si viscosité = 0 (fluide idéal)  $\Rightarrow E_t = \text{cte}$

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 = m g h + \frac{1}{2} m v^2 + P V = \text{constante}$$

L'énergie totale d'un fluide idéal est constante tout au long de la conduite

Mais réécriture en divisant par  $V$  :  $\rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + P = \text{constante}$

### Item 2 : Faux.

$v = Q/S$  donc inversement proportionnelle à la surface de section

### Item 3 : Faux

Il s'agit du Pascal, unité du système international.

### Item 4 : Faux

En condition statique, la pression est indépendante de l'orientation du capteur

Lorsque le fluide s'écoule : 3 positions (que l'on reverra).

### Item 5 : Vrai :)

Et pour les liquides newtoniens, la viscosité est constante pour une  $T^\circ$  donnée.

### Item 6 : Faux

Par définition un liquide idéal a une viscosité nulle, il n'y a donc pas perte de charge par chaleur.

### **Ex 2a :**

Soit un cylindre horizontal de rayon 4 cm, au travers duquel on fait circuler un fluide incompressible en régime stationnaire à un débit de 30 L.min<sup>-1</sup>.  
Quelle est la vitesse du fluide en cm.s<sup>-1</sup>?

### **Ex 2b :**

On donne la pression transmurale qui vaut 20 Pa  
On donne la masse volumique du fluide égale à 1,03 g/ml.  
En plaçant le capteur face à l'écoulement du fluide, quelle va être la pression mesurée?

## Réponse 2a :

Rappels :

Le débit  $Q$  c'est le volume de fluide qui traverse une section  $S$  par unité de tps.  
Soit  $Q = V / dt = \text{Section} \times \text{vitesse}$  dimension  $L^3 T^{-1}$  unité  $m^3 s^{-1}$

Attention aux unités ! Pour que  $V$  soit en  $cm.s^{-1}$ ,  $Q$  doit être en  $cm^3 = ml$

$$\text{Ici } v = (30 \times 1000 / 60) / \pi.4^2 = 10 \text{ cm.s}^{-1}$$

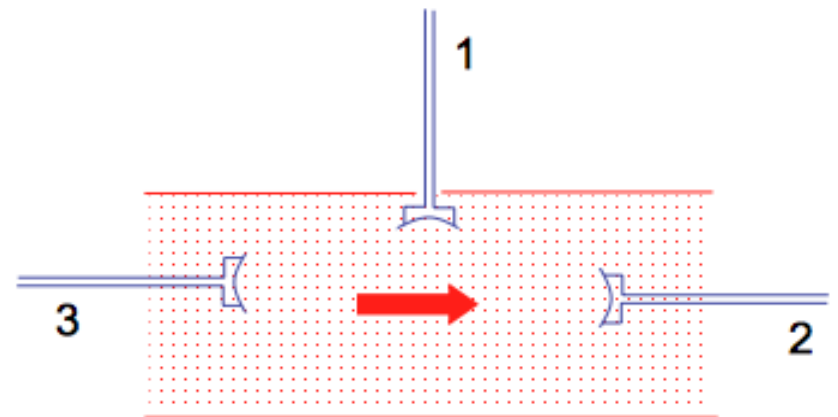
**Réponse 2b :** Rappels : La pression transmurale ou latérale c'est la

- 1) Parallèlement au courant : Pression latérale =  $P = 20 \text{ Pa}$
- 2) Capteur Face au courant : Pression terminale =  $P + \frac{1}{2} \rho.v^2$
- 3) Dans le sens du courant : Pression d'aval =  $P - \frac{1}{2} \rho.v^2$

Convertir la masse volumique en  $kg/m^3$

$$\text{Donc } P \text{ mesurée} = 20 + \frac{1}{2}.1030 \times 0,1^2$$

$$P_{\text{terminale}} = 20 + 5 = 25 \text{ Pa.}$$



### **Ex 2c :**

On remplace le cylindre par un cylindre de 2,3 cm de diamètre que devient la vitesse du fluide ?

### **Question Complémentaire :**

Comment varient alors les différentes pressions qui composent l'équation de Bernouilli, sachant que l'on considère le fluide comme idéal et le cylindre est horizontal ?

## Réponse 2c :

Rappels : Fluide incompressible circulant en régime stationnaire  
donc  $S \times v = \text{constante} = \text{débit } Q$

Attention aux unités et à ce que l'on vous donne (ici diamètre et pas rayon) !

$$\text{Ici } v = (30 \times 1000 / 60) / \pi \cdot (2,3/2)^2 = 120 \text{ cm.s}^{-1}$$

## Question Complémentaire :

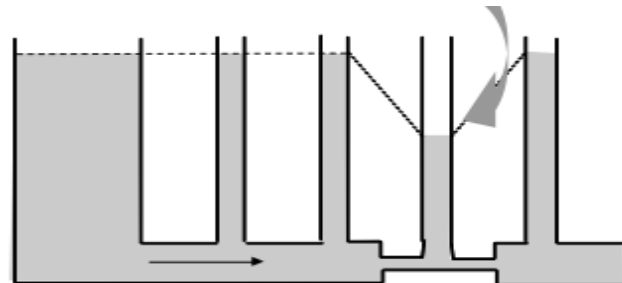
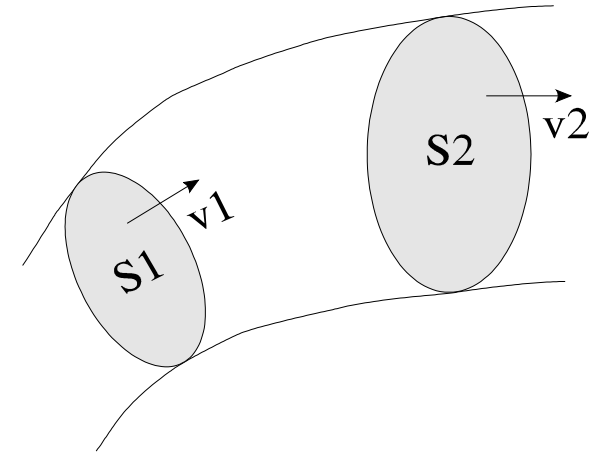
Equation de Bernoulli en terme de pression :  
 $\rho \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + P = \text{constante}$  (fluide idéal)

→ Le cylindre est horizontal donc la **pression de pesanteur** :  $\rho g h = \text{cte}$

La section diminue donc la vitesse augmente !

→ La **pression cinétique** :  $\frac{1}{2} \rho \cdot v^2$  augmente !

→ Donc La pression latérale diminue pour compenser l'augmentation de  $\frac{1}{2} \rho \cdot v^2$



### Ex 3 :

Chez un individu au repos on mesure :

→ Le volume télédiastolique : 130 ml

→ Le volume télésystolique : 50 ml

→ Sa fréquence cardiaque est de 60 battements par minute.

Calculez le **débit** cardiaque puis la **résistance totale** en  $\text{Kg.m}^{-4}.\text{s}^{-1}$  de son réseau capillaire, sachant que la pression systolique est de 130 mm Hg.

Données : 1 mm Hg = 133 Pa

### Réponse 3 :

a- On calcule le débit Q :

Le volume d'éjection systolique =  $V_{TD} - V_{TS} = 130 - 50 = 80$  ml.

$$Q = V_{ES} \times F_q = 80 \times 60 = 4800 \text{ ml} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

b- On convertit la pression en Pa :  $P = 130 \times 133 = 17\,290$  Pa ( $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ )

c- Loi de Poiseuille :  $P = R \cdot Q$  (Analogie circuit électrique :  $V = R \cdot I$ )

$$\text{Donc } R = P/Q = 17\,290 / 4,8 \cdot 10^{-3} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-4} \cdot \text{s}^{-1}$$

Rq : Conversion de mmHg ou d'eau en Pa à partir de la masse volumique :

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

**Ex 4 :**

On cherche alors à estimer le nombre de capillaires de 0,0008 cm de diamètre, disposés en parallèle, nécessaires pour obtenir une telle résistance.

On donne la viscosité sanguine :  $4 \cdot 10^{-3}$  Pa.s

la longueur moyenne des capillaires : 2 mm

Analogie avec l'électricité encore.

Dans un système de conduits en série :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

Dans un système de conduits en parallèle :

$$1/R_t = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

Ici système en parallèle, on a donc :

$$1/R_{tot} = n / R_{capillaire}$$

Pour trouver la résistance d'un capillaire :  $R = 8\eta L / (\pi R^4)$

On trouve ensuite le nombre de capillaires :  $n = R_{capillaire} / R_{tot}$

### **Ex 5 :**

Quels sont les cas parmi les suivants pouvant aboutir à une augmentation de la pression artérielle :

- 1- Une augmentation de l'hématocrite.
- 2- Une diminution de la fréquence cardiaque.
- 3- Une diminution de la section globale du réseau capillaire.
- 4- Une augmentation de la longueur du réseau artériel.
- 5- Une diminution de la composante élastique des artères.

Correction :

## Ex 6 :

Un individu présente une sténose aortique au niveau de l'aorte abdominale.

Parmi les propositions suivantes, quelles sont les vraies?

On considère que l'individu est en position couchée (l'aorte est alors considérée comme horizontale).

1- Au niveau de la sténose, on observe une diminution de la pression cinétique.

2- La pression en aval de la sténose est plus importante que la pression en amont de la sténose.

3- La pression de pesanteur ne change pas sur le segment d'aorte étudié.

4- Au niveau de la sténose, on observe une augmentation de la vitesse d'écoulement qui peut se manifester par un souffle.

5- Le souffle est entendu lorsque le nombre de Reynolds devient supérieur à 2000.

6- Le régime d'écoulement est d'autant plus turbulent, que la viscosité sanguine est élevée.

7- Dans ce cas précis, le souffle résulte d'une cause lésionnelle.

8- On peut faire apparaître le souffle sur une imagerie par résonance magnétique (IRM) en séquence sang blanc.

9- La sténose entraîne une augmentation de la précharge ventriculaire.

10- La sténose peut entraîner une augmentation du volume télésystolique.

1 - Faux Au niveau de la sténose : le Rayon diminue, donc vitesse augmente donc  $P_{cinétique}$  augmente.

2 - Faux

3 - Vrai,

4 - Vrai Cf item 1, et un souffle est perçu si le nombre de Reynolds  $> 10000$

5 - Faux, 10 000

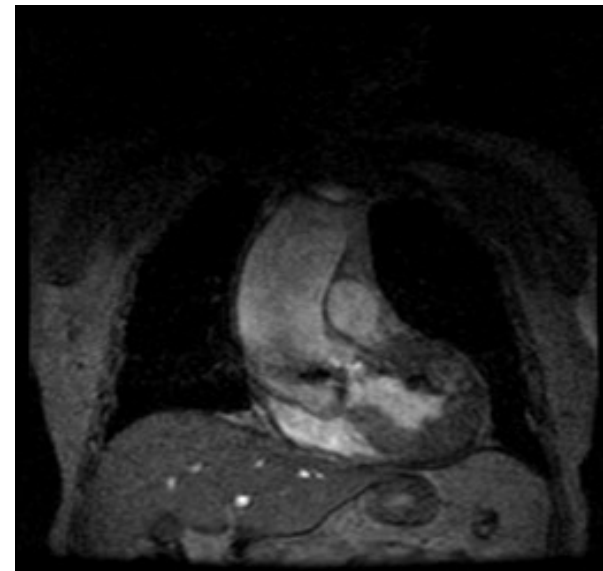
6 - Faux

7 - Vrai, on distingue causes lésionnelles (sténoses) et fonctionnelles, par exemple en cas d'effort augmentation du débit donc de la vitesse.

8 - Vrai : Le sang turbulent apparaît alors en noir.

9 - Faux

10 - Vrai, la sténose s'oppose à l'éjection du sang par le ventricule, en fin de systole, le volume de sang encore dans le ventricule est plus important.



## Ex 7 : Quelles sont les propositions vraies :

- 1- Les bruits de Korotkov sont entendus lorsque la pression exercée par le brassard est supérieure à la pression systolique.
- 2- Les bruits de Korotkov sont entendus lorsque la pression exercée par le brassard est supérieure à la pression diastolique.
- 3- Les bruits de Korotkov sont entendus lorsque la pression exercée par le brassard est inférieure à la pression systolique.
- 4- Les bruits de Korotkov sont entendus lorsque la pression exercée par le brassard est inférieure à la pression diastolique.

Ex 8 : Soit un individu en position debout :

On mesure sa tension artérielle systolique au niveau de son bras à 100 mm de mercure.

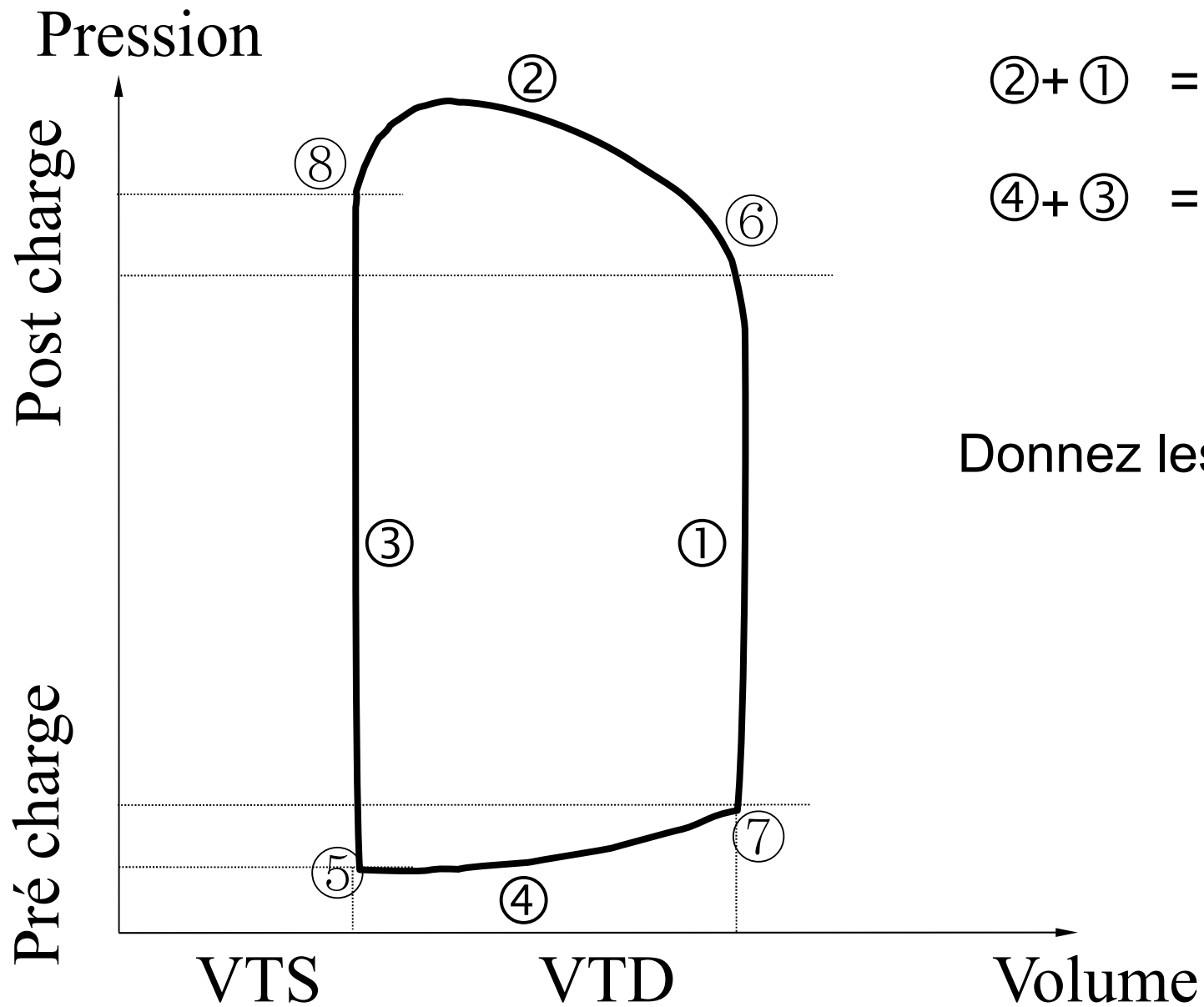
Sachant que son bras se trouve à une altitude de 1 mètre

Quelle serait la tension mesurée en mm de hg au niveau de sa tête ( $z_t = 1,80\text{m}$ )

Quelle serait la tension mesurée en mm de hg au niveau de son pied ( $z_p = 0\text{ m}$ )



Soit la courbe Pression-volume du ventricule Gauche



$$\textcircled{2} + \textcircled{1} = \textcircled{9}$$

$$\textcircled{4} + \textcircled{3} = \textcircled{10}$$

Donnez les légendes

1. L'essentiel du volume sanguin se trouve dans le secteur artériel.
2. La résistance vasculaire est  $R = \frac{8\eta\lambda}{\pi\rho^3}$
3. Le système vasculaire est un système en parallèle, la résistance totale est donc la somme des résistances de chaque vaisseau composant le système :  $R = \sum R_i$
4. Lorsque la section globale augmente la vitesse augmente, en effet  $v = D \cdot S$ .
5. Plus la résistance est grande, plus le différentiel de pression est petit d'après la loi de Poiseuille.

## Correction

1. L'essentiel du volume sanguin se trouve dans le secteur **veineux**.
2. La résistance vasculaire est  $R = \frac{8\eta\lambda}{\pi\rho^4}$
3. Le système vasculaire est un système en parallèle, la résistance totale est donc la somme des **inverses** des résistances de chaque vaisseau composant le système :  
 $1/R = \sum 1/R_i$
4. Lorsque la section globale augmente la vitesse **diminue**, en effet  $v = D/S$ .
5. Plus la résistance est grande, plus le différentiel de pression est **grand** d'après la loi de Poiseuille :  $\Delta P = R D$

On donne pour un réseau capillaire les caractéristiques suivantes :

$$d=0,008 \text{ cm}$$

$$l=5 \text{ mm}$$

$$n=9 \cdot 10^7$$

$$\eta=5 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

•Quelle est la résistance d'un capillaire?

Soit une chute de pression  $\Delta P = 7 \text{ kPa}$ .  
Quel est le débit?

Quel est le nombre de vaisseaux sachant que le débit est de  $58,8\text{L}\cdot\text{min}$ ?

On donne  $\eta=5\cdot 10^{-3}\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ,  $l=10\text{ cm}$ ,  $d=1\text{ cm}$  et  $\Delta P=1000\text{ kPa}$ .

• Quelles sont les propositions vraies ?

1. La pression au niveau de l'aorte est d'environ 13 kPa pour un sujet normal
2. La pression systémique se mesure au niveau de l'artère pulmonaire.
3. Toutes les valves cardiaques sont unidirectionnelles
4. La radioactivité mesurée dans la région d'intérêt (ROI) est directement proportionnelle au volume du ventricule droit VD
5. La systole est composée de 2 parties : une phase de contraction isovolumétrique puis une phase d'éjection.

A 1,3,5

B 1,2,4

C 2,3,4

D 2,3,5

E 3,4,5

- Retracer le trajet du sang dans le cœur en partant de l'abouchement entre la veine cave inférieure et l'auricule droit

1. auricule droit
2. tricuspide
3. mitrale
4. ventricule droit
5. aorte
6. artère pulmonaire

A 1,2,4,5

B 1,3,4,5

C 1,2,4,6

D 1,3,4,6

E 1,2,5,3,4,6

- Grâce à une série d'IRM (Image par résonance magnétique) dynamique d'un patient on arrive à déterminer par calcul géométrique le VTS (volume télésystolique) et le VTD (volume télédiastolique).  $VTS = 60 \text{ ml}$   $VTD = 150 \text{ ml}$

On donne la fréquence cardiaque 70 battements/minutes.

1. Quel est le volume de sang éjecté par la pompe cardiaque par contraction?
2. Quelle est la valeur de la fraction d'éjection?
3. Quel est le débit de ce patient en L/h ?

- On donne le travail mécanique (WM) d'un cœur et le travail de mise en tension du muscle cardiaque (WT) pour une contraction (données non véridiques).

$$WM = 0,08 \text{ joules}$$

$$WT = 1,6 \text{ joules}$$

Calculer le rendement du travail cardiaque.

- Questions sur les performances cardiaques : les vraies
  1. Une baisse du volume d'éjection systolique (VES) peut s'expliquer par une baisse de la compliance cardiaque ou par une baisse de la contractibilité.
  2. Une baisse de la VES peut être compensée par une hausse de la fréquence cardiaque.
  3. La compliance est responsable de la courbe P/V lors de son remplissage diastolique.
  4. Une augmentation de la précharge influe sur le retour veineux et donc sur VTS.
  5. Une très forte augmentation de VTD permettra de faire remonter systématiquement le VES.
  6. Une augmentation de la postcharge permet de faire augmenter le VTS et le débit aussi.
  7. Fréquence Cardiaque maximale =  $220 - \text{âge}$

- Remettre les phases du potentiel d'action de la cellule myocardique dans l'ordre

1.plateau

2.dépolarisation

3.potentiel de repos

4.repolarisation

5.repolarisation initiale

- Dessiner le triangle d'Einthoven puis le triaxe de Bailey.

Parmi les 2 représentations ci dessous, donner l'aspect général :

- de la dérivation en D2
- de la dérivation aVR
- de la dérivation V4.

