



Université Claude Bernard Lyon 1



# Biophysique de la Circulation

## Mécanique des Fluides

### Exercices d'application

Anthime FLAUS

Marc Janier

Service de Médecine Nucléaire

Hôpital GHE - cardiologie

Faculté Lyon-Est



1

1

1

1- À 5 m de profondeur dans un lac, la pression hydrostatique due à l'eau est environ ?

- A. 5 000 Pa
- B. 50 000 Pa
- C. 100 000 Pa
- D. 150 000 Pa

2

2

2- Quelle est la différence de pression entre le cœur et le cerveau d'une girafe si le cerveau se trouve à 2 m au-dessus du cœur ? On suppose que la vitesse du sang est la même aux deux endroits.

- A. 10 400 Pa
- B. 20 800 Pa
- C. 32 600 Pa
- D. 41 900 Pa

3

3

3 - Un tube en U de section  $s = 2 \text{ cm}^2$  contient du mercure. Dans l'une des deux branches on verse 20 mL d'eau pure. On veut ramener le mercure au même niveau dans les deux branches du tube en U et pour cela on verse de l'alcool (densité = 0,8) dans l'une ou l'autre branche. Dans quelle branche doit-on verser l'alcool et quel volume est nécessaire pour égaliser les niveaux de mercure?

- A - dans la même branche que l'eau et pour un volume de 16 mL
- B - dans la même branche que l'eau et pour un volume de 25 mL
- C - dans la branche opposée à l'eau et pour un volume de 16 mL
- D - dans la branche opposée à l'eau et pour un volume de 25 mL
- E - il est nécessaire de connaître la densité du mercure pour répondre

4

4

4 - Dans une éprouvette cylindrique, se trouve à volume égal de l'eau de densité 1, et au-dessus, de l'huile de densité 0,8. On considère les deux liquides non miscibles. La surface libre se trouve à la hauteur,  $h = 30 \text{ cm}$ , du fond de l'éprouvette. Quelle est la pression totale exercée sur le fond de l'éprouvette ? Si besoin  $P_{\text{atm}} = 105 \text{ Pa}$  ;  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$

- A. 2 700 Pa
- B. 27 000 Pa
- C. 100 000 Pa
- D. 102 700 Pa

5

5

5 - Un tube en U de section  $2,5 \text{ cm}^2$  contient du mercure de densité 13,6. On pose l'hypothèse que les liquides utilisés sont non miscibles. Dans l'une des branches, on verse un volume  $V$  d'un mélange de densité 0,8. Dans l'autre branche on verse de l'eau pure de densité 1 jusqu'à ce que les deux surfaces du mercure reviennent dans le même plan horizontal. Le volume d'eau versé est alors de 50 mL. Quel est alors le volume du mélange ?

- A. 32.5
- B. 42.5
- C. 52.5
- D. 62.5

6

6

6 - Le cœur d'un patient bat 72 fois par minute. A chaque battement un volume de 70 ml est éjecté dans l'aorte de section  $4 \text{ cm}^2$ . Plus loin dans le réseau sanguin, le sang pénètre dans un réseau d'artérioles dont la section totale est de  $20 \text{ cm}^2$ . En supposant que le système ne présente pas de fuite :

A – la vitesse du sang dans l'aorte est de  $15 \text{ cm.s}^{-1}$

B – la vitesse du sang dans l'aorte est de  $21 \text{ cm.s}^{-1}$

C – la vitesse du sang dans les artérioles est de  $2,1 \text{ cm.s}^{-1}$

D – la vitesse du sang dans les artérioles est de  $4,2 \text{ cm.s}^{-1}$

E – le calcul est impossible, la section totale des artérioles ne peut pas être supérieure à celle de l'aorte

7

7

7 - Un vaisseau sanguin de rayon  $R$  se ramifie en différents vaisseaux de rayon  $r < R$ . Sachant que la vitesse moyenne dans un vaisseau étroit vaut la moitié de celle dans l'artère large, quel doit être le nombre de vaisseaux sanguins de rayon  $r$ ?

A.  $n = 2 \left( \frac{r}{R} \right)^2$

B.  $n = \frac{1}{2} \left( \frac{R}{r} \right)^2$

C.  $n = \frac{1}{4} \left( \frac{r}{R} \right)^2$

D.  $n = 2 \left( \frac{R}{r} \right)^2$

E.  $n = \frac{1}{4} \left( \frac{R}{r} \right)^2$

8

8

8 - La sténose aortique est une pathologie cardiaque consistant en un rétrécissement du diamètre de la valve aortique. Par écho-Doppler (examen échographique non invasif), la vitesse d'écoulement du sang en amont de la valve aortique est mesurée à  $1 \text{ m.s}^{-1}$  pour un diamètre de 20mm. Au niveau de la valve pathologique, la vitesse mesurée est  $4 \text{ m.s}^{-1}$ . On suppose que l'écoulement est horizontal et sans frottement. ( $d_{\text{sang}} = 1$ )

- A – la différence de pression entre le ventricule gauche et la valve aortique est de 56 mm Hg
- B – la différence de pression entre le ventricule gauche et la valve aortique est de 95 mm Hg
- C – le diamètre de la valve aortique sténosée est de 10 mm
- D – le diamètre de la valve aortique sténosée est de 15 mm
- E – il manque une ou des données pour réaliser le calcul

9

9

9 - De l'eau de densité 1 coule à la vitesse de  $1,0 \text{ m.s}^{-1}$  dans un tuyau d'arrosage de 2,0 cm de diamètre. Elle en sort par un bec, dont l'ouverture dirigée verticalement, a un diamètre de 0,5 cm. A quelle hauteur le jet peut-il monter si l'on néglige les forces de frottements ? On prendra  $p = 3$  et  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

- A. 6 m
- B. 8 m
- C. 11 m
- D. 13 m
- E. 16 m

10

10

10 - Soit un réseau capillaire constitué de  $10^9$  capillaires identiques disposés en parallèle, de  $10\text{ }\mu\text{m}$  de rayon et de longueur unitaire  $2\text{mm}$ . Le sang considéré comme newtonien, de viscosité  $5.10^{-3}\text{ Pa.s}$ , traverse l'ensemble du réseau capillaire avec un débit constant de  $0,4\text{L.min}^{-1}$ . L'écoulement est considéré comme laminaire. Quelle(s) est (sont la (les) proposition(s) juste(s) ? (on prendra  $p = 3$ )

A - la résistance à l'écoulement dans un capillaire est de  $2,7.10^{15}\text{ Pa.s.m}^{-3}$

B - la résistance globale à l'écoulement dans le réseau capillaire est de  $2,7.10^6\text{ Pa.s.m}^{-3}$

C - la perte de charge dans le réseau capillaire est de  $18\text{ Pa}$

D - la perte de charge dans le réseau capillaire est de  $25\text{ Pa}$

E - la loi d'Ohm s'applique quel que soit le régime d'écoulement tant que le liquide est newtonien

11

11

11 - La résistance circulatoire d'un segment vasculaire (on ne tiendra pas compte d'une circulation éventuellement pulsée du sang) :

A – dépend de l'hématocrite sanguin

B – augmente lorsque le débit sanguin qui traverse le vaisseau augmente

C – augmente lorsque la pression du sang dans le vaisseau augmente

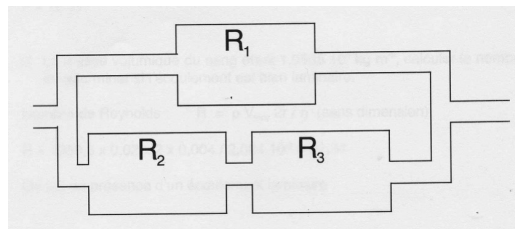
D – diminue lorsque la surface de section du vaisseau augmente

E – est variable avec la longueur du segment vasculaire considéré

12

12

12 - Calculer la résistance hydraulique équivalente aux trois résistances  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  du schéma ci-dessous



13

13

13 - Le débit moyen d'un cœur humain moyennement sollicité est de 6 L.min<sup>-1</sup>. Le diamètre de l'aorte à la sortie du cœur est de 2,5 cm. On admet que tout le sang venant de l'artère s'écoule avec une vitesse moyenne de 1 mm.s<sup>-1</sup> par un réseau de capillaires (diamètre 6 mm) en parallèle. (viscosité<sub>sang</sub> = 2.10<sup>-3</sup> Poiseuille,  $p = 3$ ). Quelle est la section totale des capillaires ? Quel est le nombre total de capillaires opérationnels ?

14

14

14 - En 1 heure, on souhaite perfuser 600 mL de soluté à un patient. Le flacon de soluté est relié à l'aiguille dans la veine par une tubulure. La résistance mécanique à l'écoulement d'un fluide est négligée pour la tubulure, et on suppose que l'écoulement est en permanence laminaire à tous les niveaux de la tubulure et de l'aiguille. La pression veineuse étant de 4 mm Hg, quelles valeurs sont justes ? (Soluté : densité 1 et viscosité  $10^{-3}$  Pa.s ; Aiguille : longueur 4 cm et diamètre 0,4 mm ;  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  ;  $p = 3$ )

- A - La résistance mécanique à l'écoulement de l'aiguille est de  $6,6 \cdot 10^{10} \text{ Pa.s.m}^{-3}$
- B - La perte de charge due à l'aiguille est de 11220 Pa
- C - La hauteur à laquelle doit être installé le flacon est d'environ 1,2 m
- D - Peu importe la longueur de l'aiguille, c'est le diamètre de la lumière de l'aiguille qui modifie sa résistance mécanique à l'écoulement
- E - Peu importe la hauteur, du moment que l'on génère une pression supérieure à la pression veineuse

15

15

15 - Une huile de densité 0,8 est contenue dans un large récipient dont le niveau est supposé constant à 50 cm du fond. Pour déterminer la viscosité de l'huile, on la fait s'écouler par le fond du récipient, à travers un tube cylindrique horizontal de diamètre intérieur 6 mm et de longueur 15 cm. On suppose l'écoulement laminaire. En une minute, il s'écoule 60 mL d'huile. Quelle est la viscosité ( $\eta$ ) de cette huile ? On prendra  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$  et  $\pi = 3$

16

16



16 - Du sang, de viscosité  $2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$  et de densité 1, s'écoule dans une artère horizontale de 4 mm de diamètre. Jusqu'à quelle valeur du débit sanguin l'écoulement restera sûrement laminaire ? ( $\rho=3$  et  $g=10 \text{ m.s}^{-2}$ )

17