Mécanique des Fluides

PASS - UE 6

Quand les constantes numériques ne sont pas précisées dans les énoncés, vous prendrez les suivantes :

$$\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3} \quad \rho_{\text{sang}} = 1059 \text{ kg.m}^{-3} \quad \bar{g} = 10 \text{ m.s}^{-2} \quad P_{\text{atm}} = 1,013.10^5 \text{ Pa}$$

$$\eta_{\text{eau}} = 10^{-3} \text{ Pa.s} \quad \eta_{\text{sang}} = 2.10^{-3} \text{ Pa.s}$$

$$h_{\text{coeur}} = 1,3 \text{ m} \quad h_{\text{cerveau}} = 1,7 \text{ m} \quad P_{\text{coeur}} = 13,3 \text{ kPa}$$

- 1 - Quelle est la pression éprouvée par un nageur à 5 mètres au-dessous de la surface d'un lac?
- 2 - Calculer en pascals la pression subie par la neige de la part d'un skieur de masse 80 kg.
 - a - Lorsqu'il est en chaussures (surface au sol d'une chaussure = $10 \times 30 \text{ cm}^2$)
 - b - Lorsqu'il est sur ses skis (surface au sol d'un ski = $15 \times 200 \text{ cm}^2$)
- 3 - Quelle est la différence de pression entre le coeur et le cerveau d'une girafe si le cerveau se trouve à 2 m au-dessus du coeur? (on suppose que la vitesse du sang est la même aux deux endroits)
 $\eta_{\text{sang}} = 2.10^{-3} \text{ Pa.s}$, $\rho_{\text{sang}} = 1059 \text{ kg.m}^{-3}$
- 4 - Des photos sous-marines ont été prises à une profondeur de 40 m, quel est l'ordre de grandeur de la force exercée par l'eau salée (densité moyenne = 1,030) sur l'objectif de l'appareil photo, tourné vers le haut, dont le diamètre est de 5 cm ? (On prendra $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $\pi=3$ et $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$)
- 5 - 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 exercée par les liquides sur le fond de l'éprouvette ? Si besoin $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- 6 - Une certaine pression est générée par une colonne d'eau pure d'une hauteur de 0,7 m. La même pression est donnée par une colonne d'une solution saline de 0,6 m de haut. Quelle est la masse volumique de la solution saline? (densité de l'eau = 1) une seule réponse
- 7 - On considère le cas d'une personne en position debout dans un ascenseur qui monte. La pression artérielle moyenne au niveau du coeur est supérieure de 100 mm Hg à la pression atmosphérique supposée normale. Quelle est (approximativement) la pression hydrostatique au niveau des pieds lorsque cette personne est soumise à une accélération totale de $2\bar{g}$? On admettra que la pression artérielle au niveau du coeur ne change pas et que les mécanismes de régulation n'interviennent pas. ($P_{\text{atm}} = 760 \text{ mm Hg}$; hauteur_{cerveau} = 180 cm ; hauteur_{coeur} = 140 cm).
- 8 - Lors d'une manoeuvre dirigée vers le bas, un pilote subit une accélération de $4\bar{g}$. Quelle est la pression du sang au niveau de son cerveau? Supposer que le pilote se tient droit. ($P_{\text{atm}} = 1,013.10^5 \text{ Pa}$ $h_{\text{coeur}} = 1,3 \text{ m}$, $h_{\text{cerveau}} = 1,7 \text{ m}$, $P_{\text{coeur}} = 13,3 \text{ kPa}$, $\rho_{\text{sang}} = 1059,5 \text{ kg.m}^{-3}$)

9 – 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

10 - On remplit un long tube en verre avec un liquide de densité 13,6. Une fois rempli, on le retourne dans une cuve remplie du même liquide, mais en quantité très largement supérieure à celle du tube, les deux liquides devenant alors continus. Le liquide descend et se stabilise dans le tube renversé à une hauteur h . Quelle est cette hauteur h ? (on donne $P_{\text{atm}} = 750 \text{ mmHg}$ et $\vec{g} = 10 \text{ m.s}^{-2}$)

11 - Pour mesurer la pression artérielle d'un chien, on introduit une aiguille de gros calibre dans une artère. Cette aiguille est reliée à un manomètre constitué d'une tubulure et d'un tube en U remplis d'une solution saline de densité 1,3. Une extrémité du tube en U est reliée à l'aiguille via la tubulure, l'autre extrémité étant ouverte et soumise à la pression atmosphérique. On considère que la canule et le manomètre sont dans le même plan horizontal. Quelle est la pression du sang en mm Hg si la différence de hauteur de la solution saline entre les deux branches du manomètre est de 70 cm? ($\pi = 3$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ Kg.m}^{-3}$; $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$; $\rho_{\text{mercure}} = 13000 \text{ Kg.m}^{-3}$)

12 - 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 ?

13 – 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 cm^2 . Plus loin dans le réseau sanguin, le sang pénètre dans un réseau d'artérioles dont la section totale est de 20 cm^2 . En supposant que le système ne présente pas de fuite :

- A – la vitesse du sang dans l'aorte est de 15 cm.s^{-1}
- B – la vitesse du sang dans l'aorte est de 21 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

14 - 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 ? une seule réponse

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

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

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

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

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

15 - 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 m.s^{-1} pour un diamètre de 20mm. Au niveau de la valve pathologique, la vitesse mesurée est 4 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

16 - 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 $\pi = 3$ et $\bar{g} = 10 \text{ m.s}^{-2}$). Une seule réponse

17 - Une aiguille à injection hypodermique est longue de 2 cm. Son rayon intérieur vaut 0,3 mm. Le débit de l'eau forcée à travers l'aiguille est de $10^{-7} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. En supposant que l'écoulement reste laminaire ($\eta_{\text{eau}} = 10^{-3} \text{ Pa.s}$; $\pi = 3$)

- A – la vitesse moyenne de l'eau est de $0,370 \text{ m.s}^{-1}$
- B – la vitesse moyenne de l'eau est de $0,590 \text{ m.s}^{-1}$
- C – la vitesse maximale de l'eau est $1,080 \text{ m.s}^{-1}$
- D – la perte de charge nécessaire pour avoir un tel débit est de 658 Pa
- E – la perte de charge nécessaire pour avoir un tel débit est de 920 Pa

18 - Soit un réseau capillaire constitué de 10^9 capillaires identiques disposés en parallèle, de $10 \mu\text{m}$ de rayon et de longueur unitaire 2mm. Le sang considéré comme newtonien, de viscosité 5.10^{-3} 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 $\pi = 3$)

- 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 $2,7 \cdot 10^6 \text{ Pa.s.m}^{-3}$
- C - la perte de charge dans le réseau capillaire est de 18 Pa
- D - la perte de charge dans le réseau capillaire est de 25 Pa
- E - la loi d'Ohm s'applique quel que soit le régime d'écoulement tant que le liquide est newtonien

19 – 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

20 - Calculer la résistance hydraulique équivalente aux trois résistances R1, R2, R3 du schéma ci-dessous.

21 - Le débit moyen d'un cœur humain moyennement sollicité est de 6 L.min^{-1} . 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^{-1} par un réseau de capillaires (diamètre $6 \mu\text{m}$) en parallèle. ($\eta_{\text{sang}} = 2 \cdot 10^{-3}$ Poiseuille, $\pi = 3$). Quelle est la section totale des capillaires ? Quel est le nombre total de capillaires opérationnels ?

22 - 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 ; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$; $\pi = 3$)

- 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

23 - On considère une portion d'artère horizontale de longueur $L = 10 \text{ cm}$, dans laquelle circule du sang de viscosité $2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$, avec une vitesse moyenne de $0,20 \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est la puissance requise pour entretenir l'écoulement sanguin ? (on prendra $\pi = 3$)

24 - A l'état basal le débit cardiaque est d'environ 5 L.min^{-1} , la pression systolique au niveau de l'aorte est de 130 mm Hg et celle de la veine cave est de 20 mm Hg . En supposant que la résistance à l'écoulement de la grande circulation reste constante, par combien est multipliée la puissance fournie par le ventricule gauche lorsque, au cours d'une activité sportive intense, le débit cardiaque est 5 fois plus élevé ?

25 - La perte de charge le long d'une artère horizontale de rayon 1 cm est de 150 Pa . L'écoulement est supposé laminaire, avec une vitesse moyenne du sang dans cette artère de l'ordre de $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ m.s}^{-1}$. Quelle est la puissance nécessaire correspondant à cet écoulement ? ($\pi = 3$; $\eta_{\text{sang}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Pa.s}$)

26 - 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 (η) de cette huile ? On prendra $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ et $\pi = 3$

27 - La recommandation de débit pour la perfusion intra-veineuse d'un médicament de viscosité négligeable, est de $0,02 \text{ mL.kg.min}^{-1}$. Le médicament prescrit est perfusé par un système cathéter - aiguille dont les diamètres respectifs sont de 2 mm et $0,2 \text{ mm}$. Si le patient pèse 80 kg , quelle est la vitesse v d'écoulement du médicament dans l'aiguille ? On prendra $\pi = 3$

28 - Soit une portion d'artère coronaire horizontale de longueur $l = 5 \text{ cm}$ et de rayon $r = 0,3 \text{ mm}$. Si une plaque d'athérome réduit par 3 le calibre de cette artère sur une longueur de 2 cm , par quel facteur la résistance vasculaire va-t-elle être modifiée ? On prendra $\pi = 3$

29 - Soit une cuve contenant un fluide réel sur une hauteur de 50 cm , de viscosité $\eta = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Poiseuille}$, de masse volumique 16000 kg.m^{-3} . On donne $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$, $\pi = 3$. Cochez la (les) proposition(s) juste(s) ?

A - la pression exercée par le liquide sur le fond de la cuve est de 80000 Pa

B - la pression exercée par le liquide sur le fond de la cuve est de 320000 Pa

C - la loi de Venturi permet d'expliquer la différence de pression entre le haut et le bas de la cuve

D - si le liquide s'écoule de la cuve à un débit de $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ par un tuyau horizontal de rayon ($r = 1 \text{ cm}$) placé dans la paroi latérale de la cuve au niveau de son plancher, la longueur du tuyau est de 25 m

E - le système restant identique, si le liquide s'écoule par le tuyau horizontal placé dans la paroi latérale de la cuve au niveau de son plancher, le débit est constant uniquement si le niveau de fluide dans la cuve est maintenu constant

30 - Un vaisseau sanguin, de diamètre 2 cm, se ramifie en 32 artérioles de diamètre 2 mm. Si la vitesse dans le vaisseau le plus large est de $20 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, quelle est la vitesse dans une artériole ?

31 - Pour mesurer la viscosité du sang d'un patient on utilise un viscosimètre. Dans ce viscosimètre, un volume X d'eau s'écoule en 1 minute ; le même volume de sang du patient s'écoule en 240 secondes. Quelle est la viscosité relative du sang de ce patient ?

32 - Soit une artère avec un débit de $6 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Elle se divise en 100 artérioles supposées identiques et parallèles, de rayon 0,4 mm et de longueur 2 cm. On supposera l'écoulement laminaire. Quelle est la résistance du réseau capillaire? Combien vaut la perte de charge entre l'entrée et la sortie du réseau capillaire?

($\eta_{\text{sang}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, $\pi=3,14$)

33 - Un tube horizontal de diamètre 8 mm est rempli avec une huile de densité 0,9 et comporte deux tubes verticaux distants l'un de l'autre de 600 mm. Pour un débit de $4 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, la différence de hauteur entre les deux tubes est de 300 mm. On suppose que l'écoulement est laminaire. (on prendra $\pi=3$ et $g=10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$); Quelle est la viscosité de cette huile?

34 - Si on augmente d'un facteur 1,5 le rayon d'une artère, cochez la (ou les) réponse(s) exacte(s):

A – si la perte de charge est constante, le débit est approximativement multiplié par 5

B - si la perte de charge est constante, le débit est approximativement divisé par 1,5

C – si le débit ne change pas, la perte de charge par unité de longueur est approximativement divisée par 5

D - si le débit ne change pas, la perte de charge par unité de longueur est approximativement multipliée par 1,5

E – si le débit ne change pas, la perte de charge par unité de longueur est divisée par 2,25

35 - Du sang, de viscosité $2 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 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 ? ($\pi=3$ et $g=10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$)

36 - A chaque battement, 70 mL de sang sont pompés par le cœur d'un patient. Le sang est éjecté dans l'aorte de section $3,5 \text{ cm}^2$, à la vitesse moyenne de $20 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$. Quelle est la fréquence cardiaque de ce patient ?

Réponses :

Question 1	$1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
Question 2	13067 Pa ; 1307 Pa
Question 3	$20,8 \text{ kPa}$
Question 4	770 N
Question 5	2700 Pa
Question 6	$1170 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Question 7	1078 mm Hg
Question 8	$25,75 \cdot 10^3 \text{ Pa}$
Question 9	réponse D
Question 10	$0,75 \text{ m}$
Question 11	70 mm Hg
Question 12	$62,5 \text{ mL}$
Question 13	réponses B et D
Question 14	réponse D
Question 15	réponses A et C
Question 16	13 m
Question 17	réponses A et D
Question 18	réponses A, B et C
Question 19	réponses A, D et E
Question 20	$R = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$
Question 21	$0,10 \text{ m}^2$; $3,7 \cdot 10^9$
Question 22	réponses A, B et C
Question 23	$1,92 \cdot 10^{-4} \text{ W}$
Question 24	25 fois
Question 25	$9 \cdot 10^{-4} \text{ W}$
Question 26	$0,81 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
Question 27	$0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Question 28	environ 30 fois plus grande
Question 29	A, D et E
Question 30	$1,03 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Question 31	4 ($\eta_{\text{sang}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$)
Question 32	$7,96 \cdot 10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$; $7,96 \text{ Pa}$
Question 33	$108 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
Question 34	A et C
Question 35	$12 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
Question 36	60 bpm