

UE4 – Physique

Annales Classées

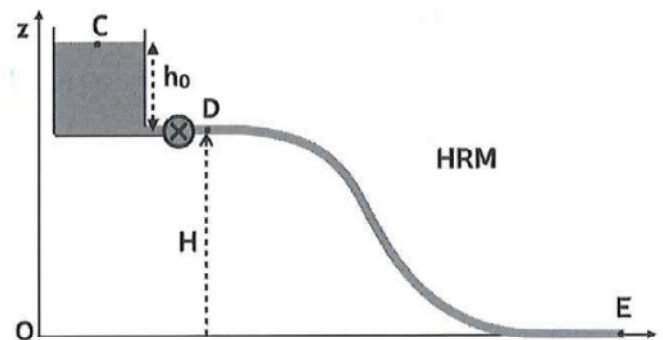
FLUIDES VISQUEUX

SUJET

Pressions œsophagiennes

Un anneau de constriction se propage le long de l'œsophage, provoquant une surpression derrière le bol alimentaire pour le pousser vers l'estomac. Les appareils suivants permettent de diagnostiquer des anomalies de contraction de la paroi œsophagienne. On donne la masse volumique $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ des liquides incompressibles (eau et solution saline), l'accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ et la pression atmosphérique $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$.

Le système HRM descend dans l'œsophage un réseau de tubes de section constante et de longueurs différentes, à l'extrémité E desquels on mesure l'écart δp_E de pression par rapport à la pression atmosphérique pour suivre l'onde de contraction. Ces tubes sont raccordés à un réservoir d'eau ouvert à la pression atmosphérique et de grand volume par rapport aux tubes. On étudie l'un des tubes. Une pompe y maintient un débit $Q = 0,3 \text{ ml/minute}$ d'eau qui s'écoule dans l'œsophage par l'extrémité E où l'œsophage impose δp_E .



La différence de hauteur entre le point D de sortie de pompe et l'extrémité E vaut $H = 45 \text{ cm}$. La hauteur d'eau dans le réservoir au-dessus de D vaut $h_0 = 10 \text{ cm}$.

Question 5 La paroi œsophagienne impose une surpression $\delta p_E = 80 \text{ mm Hg}$ à l'extrémité du tube et la pompe assure le débit Q précité. On néglige les variations de densité volumique d'énergie cinétique d'ensemble le long de l'écoulement ainsi que la viscosité de l'eau. Calculer la surpression Δp_p et la puissance P_p que doit fournir la pompe. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $\Delta p_p = 39 \text{ mm Hg}$
- B. $\Delta p_p = 41 \text{ mm Hg}$
- C. $\Delta p_p = 121 \text{ mm Hg}$
- D. $P_p = 80 \text{ } \mu\text{W}$
- E. $P_p = 26 \text{ } \mu\text{W}$

Question 6 Le tube a une résistance hydraulique $R_t = 5 \times 10^{10} \text{ Pa s m}^{-3}$ pour la viscosité de l'eau. Calculer la perte de charge Δp_d et la puissance P_d dissipée par frottements dans l'écoulement dans les mêmes conditions de débit et de pression œsophagienne qu'à la question précédente. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $\Delta p_d = 1,9 \text{ mm Hg}$
- B. $\Delta p_d = 114 \text{ mm Hg}$
- C. $P_d = 1,3 \text{ } \mu\text{W}$
- D. $P_d = 4,5 \text{ mW}$
- E. $P_d = 1,3 \text{ W}$

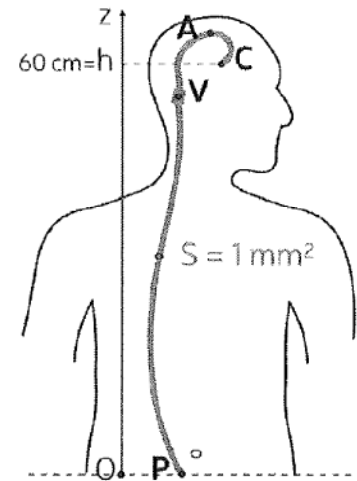
Dérivation ventriculo-péritonéale

En cas d'hydrocéphalie, on peut dériver l'excès de liquide céphalo-rachidien du cerveau (point C) jusque dans la cavité péritonéale (point P) dans l'abdomen. Les tensions dans le cerveau, T_C et dans la cavité péritonéale, T_P , dépendent

de la position du patient et valent :

tension	allongé	debout
T_C	1320 Pa	0 Pa
T_P	1180 Pa	1480 Pa

En station debout, on mesure une différence d'altitude $h = 60$ cm entre les points d'entrée C et de sortie P de la dérivation. Celle-ci comprend un cathéter court CV, une valve V et un cathéter long VP. Les deux cathéters ont la même section $S = 1$ mm² constante. Le liquide céphalo-rachidien, incompressible, a une densité $d = 1,02$ et une viscosité telle que la résistance hydraulique du cathéter CV vaut $R_{CV} = 3,8 \times 10^9$ Pa s m⁻³ et celle du cathéter VP vaut $R_{VP} = 3,8 \times 10^{10}$ Pa s m⁻³. On néglige la vitesse du liquide dans le cerveau. On donne la masse volumique $\rho = 10^3$ kg/m³ de l'eau, l'accélération $g = 9,81$ m/s² de la pesanteur et la pression atmosphérique $p_{atm} = 1$ atm.



On oriente l'axe vertical Oz vers le haut et on note A le point le plus haut de la dérivation en position debout. En position allongée, on néglige les différences d'altitude entre les différents endroits de la dérivation. La valve est pleinement ouverte.

On prend en compte la viscosité du liquide céphalo-rachidien pour la suite de l'exercice. On néglige tout d'abord la résistance hydraulique de la valve.

Question 15 Le chirurgien hésite entre deux formats de cathéters, ceux de résistances R_{CV} et R_{VP} précitées, et un second jeu de mêmes longueurs que les précédents mais de rayon plus petit. On note R'_{CV} et R'_{VP} les résistances du second jeu et on donne le rapport $r/r' = 1,2$ des rayons des deux jeux de cathéters. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $R'_{VP}/R_{VP} = 0,5$
- B. $R'_{CV}/R_{CV} = 0,8$
- C. $R'_{VP}/R_{VP} = 1,2$
- D. $R'_{CV}/R_{CV} = 1,4$
- E. $R'_{CV}/R_{CV} = 2,1$

Question 16 Le chirurgien choisit le jeu de cathéters de résistances R_{CV} et R_{VP} citées dans l'énoncé. On note R la résistance totale de la dérivation entre les points C et P. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. Le cathéter VP est 10 fois plus long que le cathéter CV.
- B. Le cathéter VP est 1,8 fois plus long que le cathéter CV.
- C. $R = 3,46 \times 10^9 \text{ Pa s m}^{-3}$
- D. $R = 3,42 \times 10^{10} \text{ Pa s m}^{-3}$
- E. $R = 4,18 \times 10^{10} \text{ Pa s m}^{-3}$

Question 17 Le patient est allongé à l'horizontale. On note Δp la perte de charge de Poiseuille entre les points C et P, $\bar{v}$ la vitesse moyenne de l'écoulement et ρ_l la masse volumique du liquide. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La vitesse $\bar{v}$ est constante le long des cathéters.
- B. La vitesse $\bar{v}$ diminue le long du cathéter à cause des frottements.
- C. $\frac{1}{2} \rho_l \bar{v}^2 - \Delta p + T_P - T_C = 0$
- D. $\frac{1}{2} \rho_l \bar{v}^2 + \Delta p + T_P - T_C = 0$
- E. $\frac{1}{2} \rho_l \bar{v}^2 + \Delta p - T_P + T_C = 0$

Pour le reste de l'exercice, on néglige les densités volumiques d'énergie cinétique d'ensemble devant les autres densités volumiques d'énergie de l'écoulement.

Question 18 Le patient est toujours allongé. Calculer le débit Q' de la dérivation. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $Q' = 146 \text{ ml/ heure}$
- B. $Q' = 128 \text{ ml/ heure}$
- C. $Q' = 14,7 \text{ ml/ heure}$
- D. $Q' = 12,1 \text{ ml/ heure}$
- E. $Q' = 6 \text{ ml/ heure}$

La valve est conçue pour avoir une résistance R_V variable pour limiter le débit à une valeur maximale quelle que soit la position. Le chirurgien choisit un débit $Q'' = 20$ ml/ heure qui correspond au taux de production de liquide céphalo-rachidien du patient.

Question 19 **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La valve a une résistance plus forte en position debout qu'en position allongée.
- B. La valve a une résistance plus faible en position debout qu'en position allongée.
- C. La puissance dissipée dans la dérivation est indépendante de la position.
- D. La puissance dissipée dans la dérivation est plus forte en position debout qu'en position allongée.
- E. La puissance dissipée dans la dérivation est plus faible en position debout qu'en position allongée.

Question 20 Calculer la valeur de R_V qui assure le débit $Q'' = 20$ ml/ heure lorsque le patient est debout.

Laquelle des propositions suivantes est exacte :

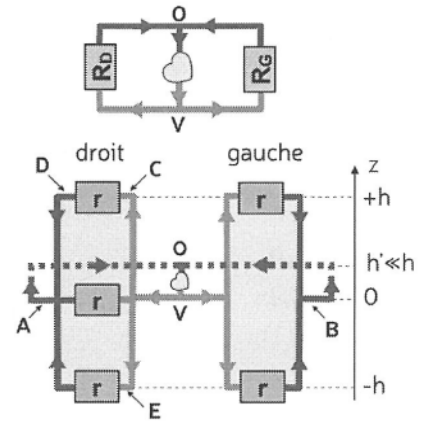
- A. $R_V = 2,2 \times 10^{11} \text{ Pa s m}^{-3}$
- B. $R_V = 7,7 \times 10^{11} \text{ Pa s m}^{-3}$
- C. $R_V = 8,1 \times 10^{11} \text{ Pa s m}^{-3}$
- D. $R_V = 10^{12} \text{ Pa s m}^{-3}$
- E. $R_V = 1,3 \times 10^{12} \text{ Pa s m}^{-3}$

Circulation pulmonaire du volleyeur

Les schémas ci-contre modélisent la circulation pulmonaire du joueur de volley. Elle est répartie en parallèle entre les poumons droit et gauche dont on note respectivement R_D et R_G les résistances hydrauliques totales. Le circuit artériel (en gris clair) puis veineux (en gris sombre) part du ventricule cardiaque droit et revient par l'oreillette gauche. Il assure un débit global Q . Les traits pleins et pointillés marquent les parties avant et arrière du circuit. Les tensions sanguines valent en moyenne $T_V = 2000$ Pa à la première jonction artérielle en sortie du ventricule (point V) et $T_O = 1100$ Pa à la dernière jonction à l'entrée de l'oreillette (point O). Contrairement au dessin, on néglige la différence d'altitude $h' \approx 0$ entre les points V et O lorsque la personne est debout.

Le poumon droit se subdivise en 3 lobes en parallèle et le poumon gauche en 2 lobes en parallèle.

Chaque lobe a la même résistance $r = 5 \times 10^7$ Pa.s.m⁻³. Les lobes supérieurs et inférieurs des deux poumons se situent à la même hauteur de part et d'autre du niveau du coeur. Le dénivelé de part et d'autre vaut $h = 10$ cm. Le lobe moyen droit est à la même hauteur que le coeur.



Le sang a une viscosité η et une masse volumique $\rho = 1060$ kg.m⁻³. On néglige les pertes de Poiseuille en dehors des résistances r ainsi que les pressions dynamiques $\left(\frac{1}{2}\rho v^2\right)$ dans tout le circuit. La pression atmosphérique ambiante vaut $p_{atm} = 10^5$ Pa. On note $g = 9,81$ m.s⁻² l'accélération de la pesanteur. Pour toutes les questions, on considère que la personne est debout.

Question 13 Calculer les pressions aux points V, A et B indiqués sur le schéma. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $p_V = 2 \times 10^3$ Pa
- B. $p_V = 10^5$ Pa
- C. $p_V = 1,020 \times 10^5$ Pa
- D. $p_A = 0,989 \times 10^5$ Pa
- E. $p_B = 1,011 \times 10^5$ Pa

Question 14 Calculer la différence de pression artérielle $p_C - p_E$ entre les entrées des lobes supérieur et inférieur du poumon droit. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $p_C - p_E = -2080$ Pa
- B. $p_C - p_E = -1040$ Pa
- C. $p_C - p_E = 0$ Pa
- D. $p_C - p_E = 1040$ Pa
- E. $p_C - p_E = 2080$ Pa

Question 15 Exprimer en fonction de r la résistance équivalente de chaque poumon ainsi que la résistance R_P du circuit pulmonaire complet aux bornes du cœur. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $R_D = 3r$ et $R_G = 2r$
- B. $R_D = r / 3$ et $R_G = r / 2$
- C. $R_P = 5r$
- D. $R_P = r / 5$
- E. $R_P = 5r / 6$

Question 16 Calculer le débit Q global de la circulation pulmonaire. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

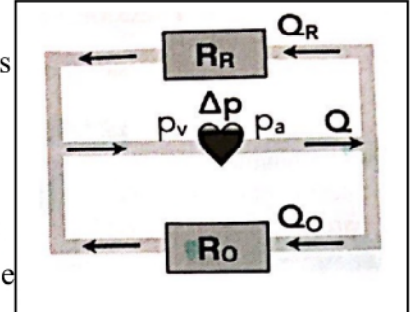
- A. $Q = 3,6 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
- B. $Q = 7,2 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s}$
- C. $Q = 2,2 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$
- D. $Q = 9 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$
- E. $Q = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$

Question 17 Le débit global se subdivise à la jonction artérielle V en $Q_D = \frac{3}{5}Q$ vers le poumon droit et $Q_G = \frac{2}{5}Q$ vers le poumon gauche. Calculer la tension artérielle T_D en sortie du lobe supérieur droit (point D). **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $T_D = 60 \text{ Pa}$
- B. $T_D = 900 \text{ Pa}$
- C. $T_D = 960 \text{ Pa}$
- D. $T_D = 1860 \text{ Pa}$
- E. $T_D = 2140 \text{ Pa}$

CIRCULATION SANGUINE À L'EFFORT (questions 7 à 10)

On constate une augmentation de la fréquence et du débit cardiaque lors d'un effort physique. La répartition des débits sanguins dans les différents organes est modifiée (par contraction ou dilatation des artères) pour répondre aux différents besoins énergétiques. Au repos, on mesure une différence de pression $\Delta p = p_a - p_v$ aux bornes du cœur (entre pression artérielle et veineuse) et un débit cardiaque Q . À l'effort, la différence de pression cardiaque devient $\Delta p' = (3/2)\Delta p$ et le débit $Q' = 5Q$. On modélise la circulation sanguine entre le cœur, les reins (de résistance hydraulique



R_R) et le reste de l'organisme (de résistance R_O) selon le schéma ci-contre. Le débit dans les reins vaut $Q_R = Q/5$ au repos et $Q'_R = Q_R/4$ à l'effort. On note R_T la résistance totale de la circulation aux bornes du cœur au repos et R'_T celle à l'effort. On néglige les pertes de charge en dehors des résistances.

Question n°7

Concernant la circulation sanguine au repos. **Indiquer la ou les propositions exactes :**

- A. La pression sanguine est plus faible à l'entrée qu'à la sortie des reins.
- B. $Q_O = Q_R$
- C. $R_R/R_O = 4$
- D. $R_R/R_O = 1$
- E. $R_R/R_O = 1/4$

Question n°8

Calculer le rapport des résistances R_T/R_R au repos. **Indiquer la proposition exacte:**

- A. $R_T/R_R = 1/5$
- B. $R_T/R_R = 1/2$
- C. $R_T/R_R = 4/5$
- D. $R_T/R_R = 2$
- E. $R_T/R_R = 5$

Question n°9

Calculer le rapport R'_T/R_T des résistances totales et le rapport P'/P des puissances cardiaques entre effort et repos. **Indiquer la ou les propositions exactes :**

- A. $R'_T/R_T = 1,2$
- B. $R'_T/R_T = 0,3$
- C. $R'_T/R_T = 3$
- D. $P'/P = 7,5$
- E. $P'/P = 0,3$

Question n°10

Calculer le rapport R'_R/R_R des résistances des reins entre effort et repos. **Indiquer la ou les propositions exactes :**

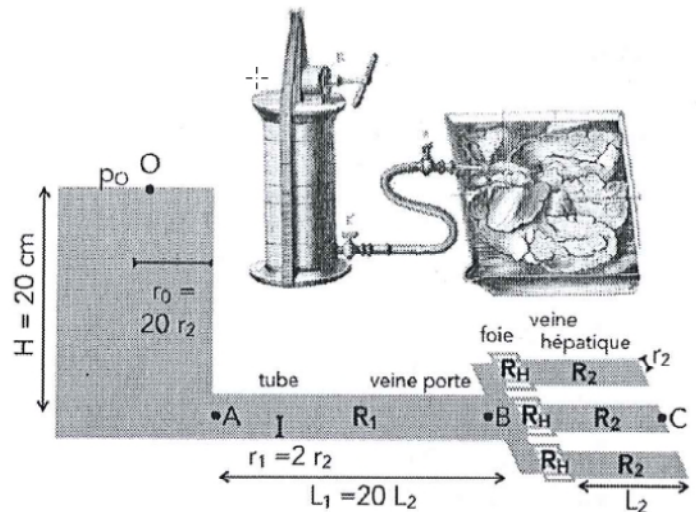
- A. $R'_R/R_R = 3/8$
- B. $R'_R/R_R = 1,5$
- C. $R'_R/R_R = 6$
- D. Le rein subit une forte vasoconstriction à l'effort.
- E. Le rein subit une forte vasodilatation à l'effort.

2019

Expérience du foie lavé de Claude Bernard (1855)

(Questions 1 à 6)

Cette expérience a montré que le foie peut stocker puis libérer du glucose pour réguler la glycémie. Pour cela, Claude Bernard a lavé un foie pour le débarrasser du glucose sanguin. Il l'a retrouvé le lendemain de nouveau riche en glucose. Le dispositif d'injection d'eau de lavage dans le réseau sanguin est modélisé ci-contre. L'eau provient d'un réservoir légèrement pressurisé. La pression au point O d'altitude $H=20$ cm est maintenue à $p_O=1,06$ atm pour une pression atmosphérique $p_{atm} = 1$ atm. L'eau, de masse volumique $\rho=10^3$ kg.m⁻³, s'écoule dans un tube inséré dans la veine porte. Le tube et la veine ont le même rayon r_1 et l'ensemble des deux a une longueur L_1 . L'eau traverse le foie et ressort à l'air libre par les 3 veines hépatiques qu'on supposera identiques, de rayon $r_2=r_1/2$ et de longueur $L_2=L_1/20$. Tout l'écoulement après la sortie du réservoir est horizontal. On néglige la vitesse de l'eau dans le réservoir devant celle dans les veines. On prendra l'accélération de la pesanteur $g = 10$ m.s⁻² pour simplifier les calculs.



On prend en compte la viscosité de l'eau. On note R_1 la résistance hydraulique de l'ensemble du tube et de la veine porte (entre les points A et B) et R_2 la résistance de chaque veine hépatique. La résistance R_H du réseau en amont de chaque veine hépatique représente les lobes du foie et vaut $R_H = 50 R_2$. On néglige les résistances hydrauliques ailleurs.

Question n°4

Comparer les résistances R_1 et R_2 des veines. Calculer en fonction de R_2 la résistance totale R'_2 entre les points B et C de l'un des trois tronçons hépatiques. **Cocher la (ou les) proposition(s) vraie(s) :**

- A. $R_1/R_2 = 1/16$
- B. $R_1/R_2 = 5/4$
- C. $R_1/R_2 = 5$
- D. $R'_2/R_2 = 51$
- E. $R'_2/R_2 = 50/51$

Question n°5

Comparer la perte de charge Δp_1 entre A et B dans le tube et la veine porte et la perte de charge $\Delta p'_2$ entre B et C dans l'un des tronçons hépatiques. **Cocher la (ou les) proposition(s) vraie(s) :**

- A. $p_A > p_B$
- B. $p_B = p_C$
- C. La perte de charge la plus forte vient du réseau R_H et des capillaires qu'il contient
- D. $\Delta p'_2/\Delta p_1 = 204/15$
- E. $\Delta p'_2/\Delta p_1 = 40$

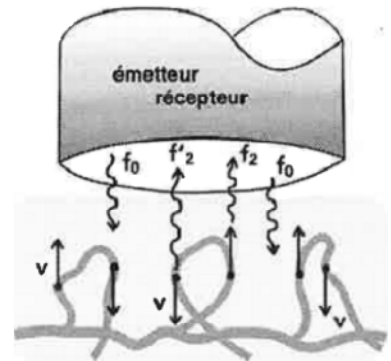
Question n°6

Exprimer la conservation de l'énergie entre les points O et C. **Cocher la proposition vraie :**

- A. $p_O - p_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + 40 R_2 Q_2 + \rho g H$
- B. $p_O - p_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + 41 R_2 Q_2 - \rho g H$
- C. $p_O - p_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \frac{219}{4} R_2 Q_2 - \rho g H$
- D. $p_O - p_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \frac{219}{4} R_2 Q_2 + \rho g H$
- E. $p_O - p_{atm} = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \frac{219}{4} R_2 Q_2 - \rho g H$

Effets hémodynamiques de la nicotine

On effectue des mesures Doppler par laser de la vitesse moyenne du sang visqueux dans les vaisseaux capillaires de la peau. On considère que chaque capillaire a la même longueur et le même rayon a constant sur la longueur. Le module v de la vitesse moyenne est identique dans tous les capillaires. Les rayons laser, de fréquence f_0 , pénètrent dans les tissus perpendiculairement à la surface de la peau. On s'intéresse aux rayons réfléchis par les globules dont les vecteurs vitesse sont parallèle ou anti-parallèles aux rayons incidents. Le récepteur les reçoit à la fréquence f_2 après réflexion sur des globules s'approchant du récepteur et à la fréquence f'_2 après réflexion sur des globules s'éloignant du récepteur. On rappelle le rapport de fréquence Doppler pour une source mobile, $f_{\text{reçue}}/f_{\text{source}} = \frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{1-\frac{v}{c}\cos\theta}$, et pour un observateur



mobile, $f_{\text{reçue}}/f_{\text{source}} = \frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{1-\frac{v}{c}\cos(\pi-\theta)}$, pour les notations données en cours. On rappelle l'approximation $(1+\varepsilon)^a \approx 1+a\varepsilon$ si $\varepsilon \ll 1$.

Chaque capillaire présente une résistance hydraulique R au débit Q qui le traverse. Les N capillaires sont disposés en parallèle sous une différence de pression Δp (en valeur absolue). On note R_N la résistance équivalente du réseau de N capillaires et Q_N le débit qui alimente le réseau. On néglige les différences d'altitude dans l'épaisseur de la peau.

Question n°5

Cocher la ou les propositions vraies :

- A. La pression sanguine est plus forte en amont qu'en aval d'un capillaire
- B. La tension sanguine est constante le long d'un capillaire
- C. La résistance R_N est N fois supérieure à la résistance individuelle R
- D. Le débit individuel Q est N fois inférieur au débit Q_N
- E. La résistance R augmente si le capillaire se dilate

Après la prise de nicotine, les mesures Doppler révèlent une diminution de la vitesse moyenne du sang dans les capillaires qui passe à la valeur $v' < v$. On note a' , Q' et R' le rayon, le débit et la résistance d'un capillaire après la prise de nicotine. La différence de pression Δp aux bornes des capillaires et la longueur des capillaires n'ont pas changé.

Question n°6

Cocher la ou les propositions vraies :

- A. $v'/v = (a'/a)^4$
- B. $v'/v = (a'/a)^2$
- C. $a' < a$
- D. $Q'/Q = v'/v$
- E. $R' > R$

Stimulateurs et défibrillateurs cardiaques

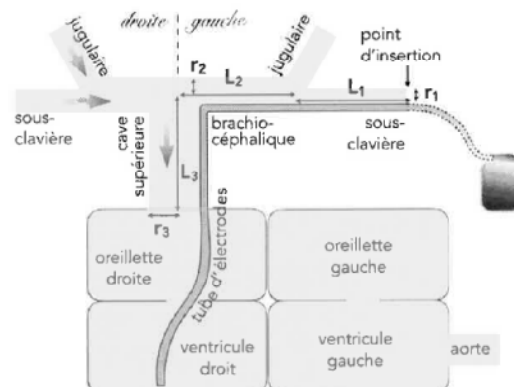
On implante dans l'organisme des dispositifs de surveillance et de correction du rythme cardiaque. On compare un stimulateur (pacemaker) qui délivre continûment de faibles impulsions électriques pour compenser des battements trop lents, et un défibrillateur qui délivre un fort choc électrique au ventricule si ses battements s'emballent (fibrillation, tachycardie). Les deux dispositifs sont munis de condensateurs plans qui déchargent rapidement leur différence de potentiel au bout de longues électrodes disposées sur les parois internes des cavités cardiaques. Les électrodes qui délivrent les impulsions et qui sondent l'état électrique du cœur sont contenues dans un tube souple qu'on insère dans la veine sous-clavière gauche. Le tube remonte par la veine brachio-céphalique gauche, puis par la veine cave supérieure jusqu'à l'oreillette droite et au ventricule droit du cœur (voir le schéma ci-dessous). A gauche comme à droite, les veines sous-clavière et jugulaire alimentent la veine brachio-céphalique. Les deux veines brachio-céphaliques se rejoignent pour alimenter la veine cave supérieure et l'oreillette droite.

Pour une circulation optimale, avec ou sans dispositif, le cœur du patient doit avoir un débit $Q_c = 6$ litres par minute, une fréquence $v_c = 1$ Hz, une tension moyenne artérielle $p_A = 0,13$ atm en sortie du ventricule gauche dans l'aorte et une tension moyenne veineuse $p_v = 0,01$ atm à l'entrée de l'oreillette droite.

On donne les caractéristiques suivantes :

- Condensateur plan du stimulateur de capacité $C = 5 \cdot 10^{-6}$ F et fournissant une différence de potentiel électrique $|\Delta V| = 2$ V à ses bornes lorsqu'il est pleinement chargé,
- Condensateur plan du défibrillateur de capacité $C' = 20 \times C$ et fournissant une différence de potentiel électrique $|\Delta V'| = 400 \times |\Delta V|$ à ses bornes lorsqu'il est pleinement chargé,
- Tube cylindrique d'électrodes, de rayon $r = 1$ mm et qui parcourt une longueur $L_1 = 5$ cm dans la veine sous-clavière, $L_2 = L_1$ dans la veine brachio-céphalique et $L_3 = L_1$ dans la veine cave supérieure.
- Les veines sont cylindriques et de rayon constant sur les longueurs considérées, de rayon $r_1 = 4$ mm pour la veine sous-clavière, $r_2 = (3/2) \times r_1$ pour la veine brachio-céphalique et $r_3 = 3 \times r_1$ pour la veine cave supérieure.

Pour simplifier les calculs, on considère qu'en présence du tube d'électrodes dans une veine de rayon r_i , la partie libre pour la circulation sanguine est équivalente à un tuyau cylindrique de rayon $r_i - r$.



Tension dans la veine sous-clavière

Le sang est visqueux. Les veines sous-clavières et brachio-céphaliques sont horizontales, à une altitude L_3 au-dessus de l'oreillette lorsque le patient est debout. En fonctionnement cardiaque normal, en présence ou non d'un stimulateur, les débits veineux valent $Q_1 = Q_c/8$ dans la veine sous-clavière gauche, $Q_2 = Q_c/4$ dans la veine brachio-céphalique gauche et $Q_3 = Q_c/2$ dans la veine cave supérieure.

La masse volumique ρ du sang et l'accélération g de la pesanteur donnent un produit $\rho g = 10^4 \text{ Pa/m}$. Pour la vitesse moyenne v_1 déduite des mesures précédentes dans la veine sous-clavière, on obtient la densité volumique d'énergie cinétique $\frac{1}{2}\rho v_1^2$ proche de 200 Pa.

On donne : $(2/3)^2 = 0,4$ $(2/3)^4 = 0,2$ $(4/3)^2 = 1,8$ $(4/3)^4 = 3,2$ $(4/5)^2 = 0,6$ $(4/5)^4 = 0,4$

Question n°9

Exprimer les débits Q_J dans la veine jugulaire gauche et Q_{BG} dans la veine brachio-céphalique droite.

(Indiquer **la ou les** propositions exactes)

- A. $Q_J = Q_c / 8$
- B. $Q_J = Q_c / 4$
- C. $Q_J = Q_c / 2$
- D. $Q_{BG} = Q_c / 4$
- E. $Q_{BG} = Q_c / 2$

Question n°10

Le stimulateur n'est pas encore implanté. Calculer le rapport des vitesses moyennes v_1 dans la veine sous-clavière gauche et v_3 dans la veine cave supérieure.

(Indiquer **la** proposition exacte)

- A. $v_1/v_3 = 3 / 4$
- B. $v_1/v_3 = 9 / 8$
- C. $v_1/v_3 = 9 / 4$
- D. $v_1/v_3 = 3$
- E. $v_1/v_3 = 9$

Question n°11

On s'intéresse aux pertes de charges Δp_1 dans la veine sous-clavière gauche (pour la longueur L_1 que parcourra le tube du stimulateur), Δp_2 dans la veine brachio-céphalique gauche et Δp_3 dans la veine cave supérieure. Calculer les rapports $\Delta p_2/\Delta p_1$ et $\Delta p_3/\Delta p_1$.

(Indiquer **la ou les** propositions exactes)

- A. $\Delta p_2/\Delta p_1 = 0,2$
- B. $\Delta p_2/\Delta p_1 = 0,4$
- C. $\Delta p_3/\Delta p_1 = 1/81$
- D. $\Delta p_3/\Delta p_1 = 4/9$
- E. $\Delta p_3/\Delta p_1 = 4/81$

Question n°12

Exprimer la perte de charge totale Δp_{tot} entre le futur point d'insertion du tube du stimulateur et l'entrée de l'oreillette droite, en faisant les approximations nécessaires.

(Indiquer **la** proposition exacte)

- A. $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p_1 \Delta p_2 / (\Delta p_1 + \Delta p_2)$
- B. $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p_1 \Delta p_2 / (\Delta p_1 - \Delta p_2)$
- C. $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p_3$
- D. $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p_3 + \Delta p_2$
- E. $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p_1 + \Delta p_2$

Question n°13

Exprimer la pression veineuse p_1 au futur point d'insertion du tube.

(Indiquer **la** proposition exacte)

- A. $p_1 = p_v + \Delta p_{\text{tot}} - (\frac{1}{2}\rho v_1^2) + \rho g L_3$
- B. $p_1 = p_v + \Delta p_{\text{tot}} + (\frac{1}{2}\rho v_1^2) - \rho g L_3$
- C. $p_1 = p_v + \Delta p_{\text{tot}} - 0,8 (\frac{1}{2}\rho v_1^2) + \rho g L_3$
- D. $p_1 = p_v + \Delta p_{\text{tot}} - 0,8 (\frac{1}{2}\rho v_1^2) - \rho g L_3$
- E. $p_1 = p_v - \Delta p_{\text{tot}} - 0,8 (\frac{1}{2}\rho v_1^2) - \rho g L_3$

Question n°14

On met le stimulateur en place. On s'intéresse au changement de vitesse moyenne du sang dans la veine sous-clavière. Calculer le rapport des vitesses v'_1 avec tube et v_1 sans tube. (Indiquer la proposition exacte)

- A. $v'_1/v_1 = 3,2$
- B. $v'_1/v_1 = 1,8$
- C. $v'_1/v_1 = 1,3$
- D. $v'_1/v_1 = 1$
- E. $v'_1/v_1 = 0,6$

Question n°15

On s'intéresse aux nouvelles pertes de charge $\Delta p'_1$ dans la veine sous-clavière gauche et $\Delta p'_2$ dans la veine brachio-céphalique gauche alors que le tube est en place. Calculer leur rapport sur la perte de charge Δp_1 dans la veine sous-clavière sans tube. (Indiquer la ou les propositions exactes)

- A. $\Delta p'_1/\Delta p_1 = 3,2$
- B. $\Delta p'_1/\Delta p_1 = 1,8$
- C. $\Delta p'_1/\Delta p_1 = 1,3$
- D. $\Delta p'_2/\Delta p_1 = 0,4$
- E. $\Delta p'_2/\Delta p_1 = 0,8$

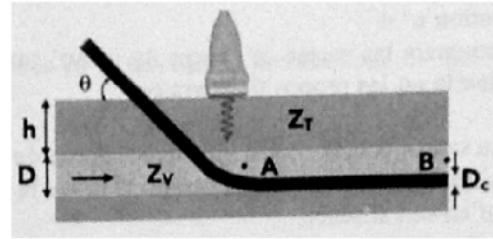
Question n°16

Calculer le rapport de la perte de charge totale entre le point d'insertion et l'entrée de l'oreillette avec tube ($\Delta p'_{tot}$) et sans tube (Δp_{tot}), en faisant les mêmes approximations qu'à la question 12. (Indiquer la proposition exacte)

- A. $\Delta p'_{tot}/\Delta p_{tot} = 0,3$
- B. $\Delta p'_{tot}/\Delta p_{tot} = 0,6$
- C. $\Delta p'_{tot}/\Delta p_{tot} = 1$
- D. $\Delta p'_{tot}/\Delta p_{tot} = 2,9$
- E. $\Delta p'_{tot}/\Delta p_{tot} = 6,9$

Pose d'un cathéter veineux central (PICC-line)

On pose un cathéter veineux sous contrôle échographique dans la veine basilique du bras d'un patient. Elle est située à une profondeur $h = 1$ cm sous la peau. Le cathéter remonte la veine basilique sur une longueur $L_{AB} \approx 20$ cm horizontale (le schéma n'est pas à l'échelle). Le diamètre $D = 3$ mm de la veine reste constant sur toute la longueur.



La sonde émet des ondes ultrasonores planes avec une intensité sonore I_0 et un niveau sonore L_0 . On utilise un gel d'adaptation d'impédance entre la peau et la sonde. La peau et les tissus traversés ont une impédance acoustique Z_T et le sang veineux a une impédance Z_V . On donne la valeur $R_{TV} = 10^{-3}$ du coefficient de réflexion en intensité à l'interface entre les tissus et le sang veineux. Le coefficient d'absorption des ondes dans les tissus vaut $\alpha = 5$ dB/cm et on néglige les effets d'absorption dans le sang.

Le sang est visqueux. On note R et R' les résistances hydrauliques de la veine sur la longueur L_{AB} avant et après la pose du cathéter. La présence du cathéter revient d'un point de vue résistif à diminuer le diamètre de la veine d'une épaisseur D_c (cf schéma) telle qu'on a un facteur 5 entre les résistances R et R' (R'/R ou R/R' non précisé). On néglige les effets du "virage" d'entrée du cathéter dans la veine. La veine garde le même débit avant et après la pose.

Question n° 4

On compare les pertes de charge Δp et $\Delta p'$ sur la longueur L_{AB} avant et après la pose du cathéter. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. Le sang s'écoule moins vite après la pose du cathéter.
- B. L'écart de vitesse entre le centre du flot et la paroi veineuse est plus grand en présence du cathéter qu'en son absence.
- C. $\Delta p' < \Delta p$ à cause de la surface lisse du cathéter.
- D. $\Delta p' / \Delta p = [D / (D - D_c)]^4$
- E. $\Delta p' / \Delta p = [(D - D_c) / D]^4$

Question n° 5

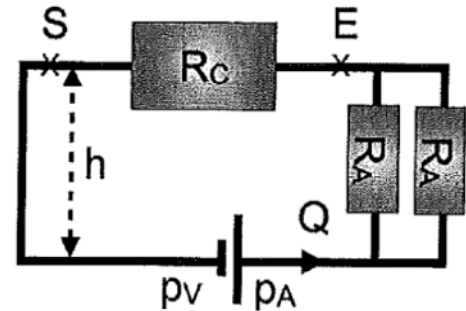
On compare les puissances dissipées P et P' sur la longueur L_{AB} avant et après la pose du cathéter. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. Sans cathéter, la tension sanguine est constante sur la longueur L_{AB} .
- B. Avec cathéter, la tension sanguine est plus forte au point A d'entrée du cathéter qu'au point B.
- C. L'énergie cinétique du flot sanguin fournit la puissance dissipée par frottements.
- D. $P' / P = 5^4$
- E. $P' / P = 5$

2015

Circulation cérébrale

Le cerveau de l'astronaute est irrigué selon le schéma ci-contre. On note p_A la pression aortique et p_V la pression du retour veineux. Le débit sanguin vaut $Q = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ et les résistances artérielles et du cerveau valent $R_A = 2 \cdot 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$ et $R_C = 9 \cdot 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$. On néglige les résistances dans le reste du circuit. Tous les vaisseaux ont la même section droite. On note la hauteur moyenne h entre le cœur et le cerveau de l'astronaute en station debout. La masse volumique du sang est notée ρ_s .



8. Question

L'astronaute est allongé sur son lit dans le dôme. Exprimer la résistance totale R_T du circuit. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $R_T = R_C + 2 R_A$
- B. $R_T = R_C + (R_A / 2)$
- C. $R_T = (R_C + R_A) / 2$
- D. la pression à l'entrée du cerveau est supérieure à la pression aortique
- E. la pression à l'entrée du cerveau est inférieure à la pression aortique

9. Question

L'astronaute se met debout. Exprimer les pressions sanguines en divers points du circuit. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $p_E = p_A + \rho_s g_M h + R_A Q / 2$
- B. $p_S = p_A - \rho_s g_M h + R_C Q$
- C. $p_S = p_A - \rho_s g_M h - R_T Q$
- D. $p_V = p_A + \rho_s g_M h + R_C Q$
- E. $p_V = p_A - R_T Q$

10. Question

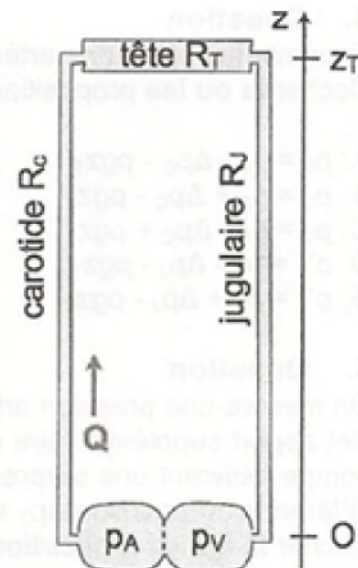
Calculer la puissance Π nécessaire pour irriguer le cerveau de l'astronaute. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $\Pi = 0,17 \text{ W}$
- B. $\Pi = 0,25 \text{ W}$
- C. $\Pi = 0,09 \text{ W}$
- D. le cerveau est mieux irrigué (p_E plus forte) sur Mars que sur Terre
- E. la circulation cérébrale requiert moins de puissance sur Mars que sur Terre

Hypertension de la girafe

Le système cardio-vasculaire de la girafe fournit un exemple d'étude de tensions artérielles beaucoup plus fortes que celles des humains qui servent à irriguer son cerveau haut perché, sans pour autant endommager les organes sensibles à l'hypertension comme le cœur ou les reins.

On modélise l'irrigation sanguine de la tête selon le circuit ci-contre comprenant une artère carotide verticale, de section constante et de résistance hydraulique $R_C = 1,6 \cdot 10^7 \text{ Pa s m}^{-3}$, une veine jugulaire verticale, de section constante et de résistance hydraulique $R_J = 3,6 \cdot 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$, et une section horizontale de résistance hydraulique R_T pour la circulation sanguine dans la tête. Celle-ci est située à l'altitude $z_T = 1,6 \text{ m}$ au-dessus du cœur. On donne les tensions artérielle $p_A = 0,24 \text{ atm}$ et veineuse $p_V = 0 \text{ atm}$ au niveau du cœur, à $z = 0$. Le débit sanguin, constant, vaut $Q = 3 \text{ litres/mn} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. On prend en compte la viscosité du sang, sa masse volumique $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$ et l'accélération $g \approx 10 \text{ m s}^{-2}$ de la pesanteur.



1. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. la tension artérielle diminue en montant dans le cou à cause des pertes de Poiseuille.
- B. la tension artérielle diminue en montant dans le cou à cause de la gravité.
- C. la tension veineuse diminue en descendant dans le cou à cause de la gravité.
- D. la pression en sortie de tête est égale à celle en entrée.
- E. la pression en bas de la carotide vaut 1,24 atm

2. Question

Exprimer la résistance R équivalente de tout le circuit (hors cœur).

Cocher **la** proposition vraie :

- A. $R = (R_C^{-1} + R_T^{-1} + R_J^{-1})$
- B. $R = (R_C^{-1} + R_T^{-1} + R_J^{-1})^{-1}$
- C. $R = R_C + R_T + R_J$
- D. $R = (R_C + R_T + R_J)^{-1}$
- E. $R = (R_C + R_T + R_J) / 2$

3. Question

Calculer les valeurs absolues, Δp_C et Δp_J , des pertes de charge dans la carotide et la jugulaire. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. $\Delta p_C = 0,016 \text{ atm}$
- B. $\Delta p_C = 0,008 \text{ atm}$
- C. $\Delta p_J = 0,36 \text{ atm}$
- D. $\Delta p_J = 0,18 \text{ atm}$
- E. aucune des valeurs précédentes n'est juste.

4. Question

Exprimer les pressions artérielle p_T et veineuse p'_T à l'entrée et à la sortie de la tête. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. $p_T = p_A - \Delta p_C - \rho g z_T$
- B. $p_T = p_A + \Delta p_C - \rho g z_T$
- C. $p_T = p_A - \Delta p_C + \rho g z_T$
- D. $p'_T = p_V - \Delta p_J - \rho g z_T$
- E. $p'_T = p_V + \Delta p_J - \rho g z_T$

5. Question

On mesure une pression artérielle en haut de la carotide plus forte que la valeur p_T attendue. Cet apport supplémentaire de pression reste inexpliqué. On en tient compte en insérant une pompe délivrant une surpression $\delta p = 0,06 \text{ atm}$ dans le circuit et on s'intéresse à la nouvelle différence de pression Δp_T entre l'entrée et la sortie de la tête.

Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. On place la pompe supplémentaire dans la partie jugulaire du circuit.
- B. On place la pompe supplémentaire dans la partie carotide du circuit.
- C. $\Delta p_T = p_A - \delta p - p_V - \Delta p_C - \Delta p_J$
- D. $\Delta p_T = p_A + \delta p - p_V - \Delta p_C - \Delta p_J$
- E. $\Delta p_T = p_A + \delta p - p_V + \Delta p_C + \Delta p_J$

6. Question

Calculer le nombre N de vaisseaux capillaires disposés en parallèle dans la tête de la girafe si chacun présente une résistance hydraulique $R_{\text{cap}} = 1,1 \cdot 10^{17} \text{ Pa s m}^{-3}$.

Cocher **la** proposition vraie:

- A. $N = 10^7$
- B. $N = 5 \cdot 10^7$
- C. $N = 10^8$
- D. $N = 5 \cdot 10^8$
- E. $N = 10^9$

2013

Urgence dans la station spatiale

Rappel utile pour les calculs analytiques et numériques dans plusieurs questions :

$$(1 + \varepsilon)^a \approx 1 + a \cdot \varepsilon \quad \text{si } \varepsilon \ll 1$$

Des astronautes dans la station spatiale s'occupent d'un de leur camarade malade. Les conditions dans la station sont proches de celles sur Terre (pression de l'air $p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$, température de l'air $T_{\text{atm}} = 20^\circ\text{C}$) mais ils sont en apesanteur. On considérera l'air comme un gaz parfait.

Le malade a besoin d'une perfusion. Un purificateur d'eau fournit un volume $V_s = 0,5$ litre de solution saline stérilisée, incompressible, de masse volumique $\rho = 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, de viscosité η . Ils la versent dans une poche souple qu'ils ferment hermétiquement en emprisonnant un volume $V_{\text{air}} = 0,1$ litre d'air. La poche est souple mais inextensible au-delà d'un volume $V_{\text{max}} = 0,7$ litre.

Ils relient à la poche un tube de longueur $L = 1 \text{ m}$ et de section $S = 10 \text{ mm}^2$ constante, qui se termine par un fin cathéter de longueur $L' = 1 \text{ cm}$ et de section $S' = S/10$ à insérer dans une veine du bras du malade où la tension veineuse vaut $p_v = 7,6 \text{ mm Hg}$.

3. On néglige la résistance hydraulique de la poche. On note respectivement Δp , $\Delta p'$ et Δp_{tot} les pertes de charge dans le tube, le cathéter et la perte totale du dispositif. **Cocher la ou les propositions vraies:**

- A- $\Delta p' \gg \Delta p$
- B- $\Delta p' = \Delta p$
- C- $\Delta p_{\text{tot}} \approx \Delta p'$
- D- $\Delta p_{\text{tot}} = 2 \Delta p$
- E- $\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p / 2$

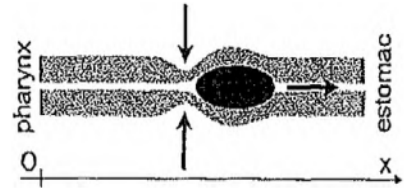
4. On note v et v' les vitesses d'écoulement dans le grand tube et le cathéter, respectivement. **Cocher la ou les propositions vraies:**

- A- $\delta p = p_{\text{atm}} + p_v + \Delta p_{\text{tot}}$
- B- $\delta p = p_v - \Delta p_{\text{tot}}$
- C- $\delta p = p_v + \Delta p_{\text{tot}} + 0,5 \rho (v'^2 + v^2)$
- D- $\delta p = p_v + \Delta p_{\text{tot}} + 0,5 \rho (v'^2 - v^2)$
- E- $\delta p = p_{\text{atm}} + p_v - \Delta p_{\text{tot}} + 0,5 \rho (v'^2 - v^2)$

5. Les astronautes veulent injecter $V_s = 0,5$ litre de solution en 5000 secondes. La résistance hydraulique totale du dispositif vaut $R_{\text{tot}} = 10^9 \text{ Pa m}^{-3} \text{ s}$. Calculer la surpression δp qu'ils doivent maintenir constante dans la poche pendant la perfusion. **Cocher la ou les propositions vraies:**

- A- $\delta p = 1105 \text{ Pa}$
- B- $\delta p = 1,1 \text{ atm}$
- C- $\delta p = 1000 \text{ Pa}$
- D- $\delta p = 0,1 \text{ atm}$
- E- $\delta p = 105 \text{ Pa}$

En apesanteur, seule la contraction de la paroi musculaire de l'œsophage permet aux aliments d'atteindre l'estomac. Un anneau de constriction se propage le long de l'œsophage, provoquant une surpression locale, d'amplitude maximale $\Delta p_a = 0,1 \text{ atm}$, qui propulse le bol alimentaire vers l'estomac, le long de l'axe Ox . La durée du cycle de contraction/relâchement d'un anneau dure $\Delta T = 4 \text{ secondes}$. La surpression parcourt 15 cm en 5 secondes. On note c la célérité de l'onde de surpression



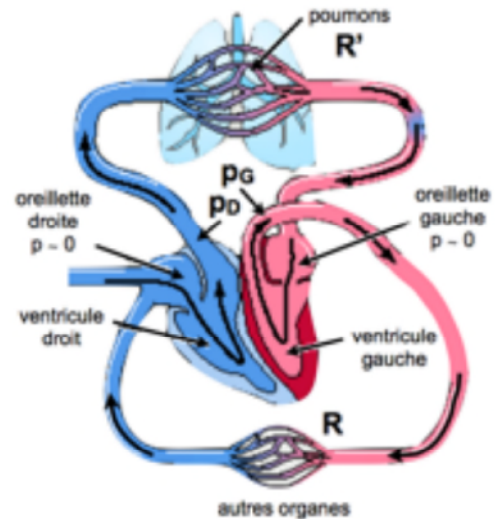
12. Le profil temporel de la surpression ressemble plus à une large impulsion qu'à une sinusoïde. On prendra sa valeur moyenne $\langle \Delta p \rangle = \Delta p_a / 2$. On note Q_0 le débit moyen des aliments dans l'œsophage de section interne $S_0 = (1/3) 10^{-3} \text{ m}^2$ et de longueur $L_0 = 30 \text{ cm}$. Calculer la puissance Π et le travail W nécessaires pour vaincre les frottements sur la totalité du transit œsophagien. **Cocher la ou les propositions vraies:**

- A- $\Pi = Q_0 \Delta p_a / 2$
- B- $\Pi = 2 Q_0 / \Delta p_a$
- C- $W = 0,5 \text{ J}$
- D- $W = 1 \text{ J}$
- E- $W = 5 \text{ J}$

Assistance ventriculaire gauche

Pour attendre une transplantation cardiaque dans les meilleures conditions, on installe à un patient une petite pompe entre le bas du ventricule gauche et l'aorte. Elle remplace l'activité systolique du ventricule gauche. La pompe d'assistance, d'une puissance électrique $P_{el} = 9 \text{ W}$, est conçue pour assurer un débit Q_a et une différence de pression Δp_a entre ses bornes. La circulation systémique du patient présente une résistance hydraulique équivalente $R = 1.5 \cdot 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$.

Le ventricule droit, sain, assure normalement la circulation pulmonaire avec une tension artérielle $p_p = 3000 \text{ Pa}$ et un débit Q_p en sortie du ventricule, pour une résistance équivalente des poumons $R_p = R/5$. On néglige la valeur de la pression à l'entrée du ventricule droit et à l'entrée de la pompe. La pression atmosphérique vaut $p_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$.



1. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. la pression à l'entrée artérielle des organes est plus forte qu'à la sortie veineuse
- B. la pression à l'entrée artérielle des organes est plus faible qu'à la sortie veineuse
- C. la pression artérielle en sortie du ventricule droit vaut $103\,000 \text{ Pa}$
- D. $Q_a = Q_p$
- E. $Q_a < Q_p$

2. Question

Calculer la surpression Δp_a que délivre la pompe pendant la systole. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. $\Delta p_a = R_p p_p$
- B. $\Delta p_a = R Q_a$
- C. $\Delta p_a = 600 \text{ Pa}$
- D. $\Delta p_a = 3000 \text{ Pa}$
- E. $\Delta p_a = 15000 \text{ Pa}$

3. Question

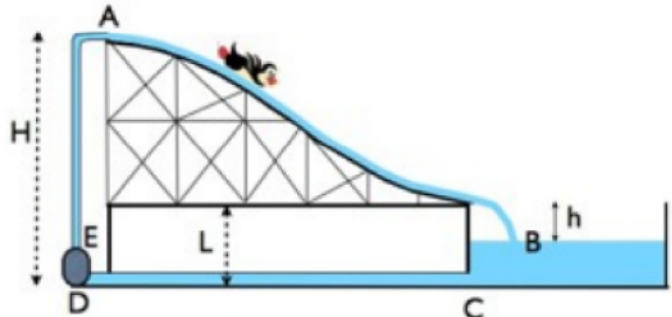
On note P_a la puissance mécanique de la pompe d'assistance et η son rendement. Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. $|P_a| = R Q_a$
- B. $|P_a| = R^2 Q_a$
- C. $|P_a| = R Q_a^2$
- D. $\eta = 1.7 \cdot 10^{-5}$
- E. $\eta = 0,17$

2010

Toboggan de plage

Dans un parc d'attraction, on installe le toboggan d'eau ci-contre. La hauteur du point d'injection d'eau, en A, vaut $H = 10$ m, celle du point de sortie du toboggan, vaut $L = 2$ m. Le niveau d'eau dans la piscine (en B) est situé à une hauteur $h = 1$ m plus bas que le point de sortie du toboggan. Le niveau d'eau en B est stable. La taille de la pompe et les épaisseurs des canalisations et de la coulée d'eau sur le toboggan sont négligeables devant les hauteurs du système (contrairement au dessin). Le circuit d'eau est continu, permanent et alimenté par une pompe électrique située entre les points D et E pour compenser les pertes par frottements dans les tuyaux CD et EA. Les frottements sont négligeables dans le reste du circuit. La canalisation CD a une section $S = 0.01$ m², un rayon r_{CD} et une longueur l_{CD} . La canalisation EA a un rayon $r_{EA} = r_{CD}/2$ et une longueur $l_{EA} = l_{CD}/2$. Les pertes de Poiseuille dans le tronçon CD sont estimées à $|\Delta p_{CD}| = 6000$ Pa. On mesure une vitesse $v_A = 0.5$ m/s de l'eau en A. On note p_{atm} la pression atmosphérique, $g = 10$ m s⁻² l'accélération de la pesanteur et $\rho = 10^3$ kg m⁻³ la masse volumique de l'eau.



Le circuit d'eau est continu, permanent et alimenté par une pompe électrique située entre les points D et E pour compenser les pertes par frottements dans les tuyaux CD et EA. Les frottements sont négligeables dans le reste du circuit. La canalisation CD a une section $S = 0.01$ m², un rayon r_{CD} et une longueur l_{CD} . La canalisation EA a un rayon $r_{EA} = r_{CD}/2$ et une longueur $l_{EA} = l_{CD}/2$. Les pertes de Poiseuille dans le tronçon CD sont estimées à $|\Delta p_{CD}| = 6000$ Pa. On mesure une vitesse $v_A = 0.5$ m/s de l'eau en A. On note p_{atm} la pression atmosphérique, $g = 10$ m s⁻² l'accélération de la pesanteur et $\rho = 10^3$ kg m⁻³ la masse volumique de l'eau.

Un pingouin, de masse $m = 20$ kg, s'élance en A à la même vitesse v_A que l'eau. Il glisse sans frotter, puis plonge dans la piscine.

Note (voir ACC de la fiche de cours n°2): v_{ip} est la vitesse d'impact du pingouin à la surface de l'eau :

$$v_{ip} = \sqrt{2g(H + h - L) + v_A^2} = 13,4 \text{ m/s}$$

8. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies concernant la pression de l'eau le long du toboggan :

- A. elle diminue en descendant
- B. elle est uniforme le long du toboggan
- C. elle augmente en descendant
- D. elle est nulle
- E. elle est égale à la pression atmosphérique en A

13. Question

On étudie les vitesses de l'eau le long du circuit. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. la vitesse est constante le long du toboggan
- B. l'eau de la piscine, à la surface, a une vitesse $v_B = v_{ip}$
- C. la vitesse sur le tronçon CD vaut $v_{CD} = v_A/4$
- D. $v_{CD} = v_A/2$
- E. $v_{CD} = 2 v_A$

14. Question

On étudie les pertes de Poiseuille Δp_{CD} et Δp_{EA} dans les tuyaux CD et EA, en valeur absolue. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. les pertes sont plus fortes dans le long tuyau CD
- B. $\Delta p_{CD} / \Delta p_{EA} = 1/16$
- C. $\Delta p_{CD} / \Delta p_{EA} = 1/8$
- D. $\Delta p_{CD} / \Delta p_{EA} = 2$
- E. $\Delta p_{CD} / \Delta p_{EA} = 32$

15. Question

On étudie l'écoulement visqueux de l'eau entre le point B à la surface de la piscine et le point D d'entrée de la pompe. On note p_B et p_D les pressions en ces points. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $p_B + 0.5\rho v_{IP}^2 + \rho g(L-h) = p_D + 0.5\rho v_{CD}^2 + \Delta p_{CD}$
- B. $p_B + \rho g(L-h) = p_D + 0.5\rho v_{CD}^2 + \Delta p_{CD}$
- C. $p_B + \rho g(L-h) = p_D + 0.5\rho v_{CD}^2 - \Delta p_{CD}$
- D. $p_B + 0.5\rho v_{IP}^2 + \rho g(L-h) = p_D + 0.5\rho v_{CD}^2 - \Delta p_{CD}$
- E. aucune des équations précédentes n'est vraie.

16. Question

On étudie l'écoulement visqueux de l'eau entre l'entrée de la pompe, D, et le haut du toboggan, A. On note $\Delta\pi$ la surpression, en valeur absolue, délivrée par la pompe. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $p_E = p_D + \Delta\pi$
- B. $p_E = p_D - \Delta\pi$
- C. $p_A + \Delta p_{EA} + 0.5\rho v_A^2 + \rho gH = p_D + \Delta\pi + 0.5\rho v_{CD}^2$
- D. $p_A + \Delta\pi + 0.5\rho v_A^2 + \rho gH = p_D + \Delta p_{EA} + 0.5\rho v_{CD}^2$
- E. $p_A + 0.5\rho v_A^2 + \rho gH = p_D + \Delta p_{EA} + \Delta\pi + 0.5\rho v_{CD}^2$

17. Question

Calculer la surpression $\Delta\pi$ délivrée par la pompe. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $\Delta\pi = -1 \text{ atm}$
- B. $\Delta\pi = -0.5 \text{ atm}$
- C. $\Delta\pi = 0.4 \text{ atm}$
- D. $\Delta\pi = 1 \text{ atm}$
- E. $\Delta\pi = 1.4 \text{ atm}$

18. Question

On considère la puissance P mécanique que doit délivrer la pompe. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $P < 0$
- B. $P > 0$
- C. $|P| = S v_{CD} \Delta\pi$
- D. $|P| = S v_A \Delta\pi$
- E. la puissance P s'exprime en $\text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$

19. Question

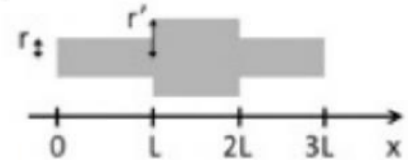
Cocher **la** proposition vraie :

- A. $|P| = 10 \text{ W}$
- B. $|P| = 50 \text{ W}$
- C. $|P| = 120 \text{ W}$
- D. $|P| = 180 \text{ W}$
- E. $|P| = 500 \text{ W}$

2009

Anévrisme

L'artère sous-clavière, visible au-dessus de la crosse de l'aorte sur la photographie ci-contre montre un anévrisme important (flèche). On modélise un tronçon de longueur $3L$ de l'artère selon le schéma ci-dessous et on le compare à un tronçon de même longueur de l'artère saine. On note r le rayon de cette dernière et $r' = 2r$ le rayon au niveau de l'anévrisme. L'axe Ox donne le sens d'écoulement du sang. Le patient est allongé et l'artère est horizontale. La vitesse du sang dans l'artère saine vaut $v = 40$ cm/s et on note Q le débit sanguin. La pression sanguine à l'entrée du tronçon, en $x = 0$ vaut $p(0) = 13100$ Pa. On prend la masse volumique du sang $\rho \sim 10^3$ kg/m³ et on note η sa viscosité.



On tient compte de la viscosité.

18. Question

Exprimer la perte de charge $\Delta p = p(L) - p(0)$ sur la première partie saine ($0 \leq x \leq L$). Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. Δp a pour unité kg m s⁻²
- B. Δp a pour unité kg m⁻¹ s⁻²
- C. Δp est uniquement due aux frottements du sang sur la paroi de l'artère
- D. $|\Delta p| = 8 \eta L / (\pi r^4)$
- E. $|\Delta p| = 8 \eta L Q / (\pi r^4)$

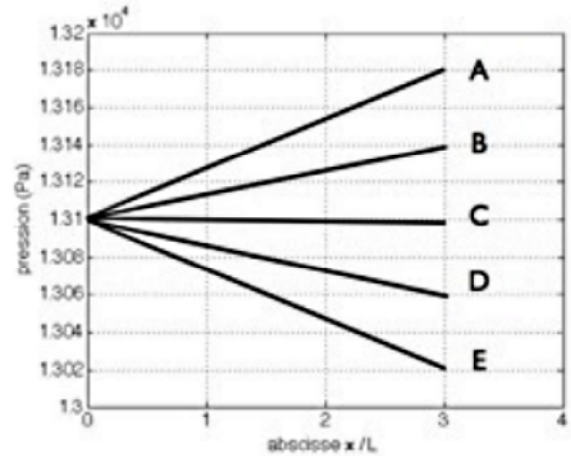
19. Question

On donne $|\Delta p| = 15$ Pa pour un tronçon sain de longueur L . Calculer la perte de charge $|\Delta p'|$ due à la viscosité dans l'anévrisme. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. sur la longueur L , les frottements sont plus forts dans l'anévrisme à cause de l'hypertrophie de la paroi
- B. sur la longueur L , les frottements sont plus forts dans l'étroite artère saine que dans l'anévrisme
- C. $|\Delta p'| = 0.9$ Pa
- D. $|\Delta p'| = 3.8$ Pa
- E. $|\Delta p'| = 60$ Pa

20. Question

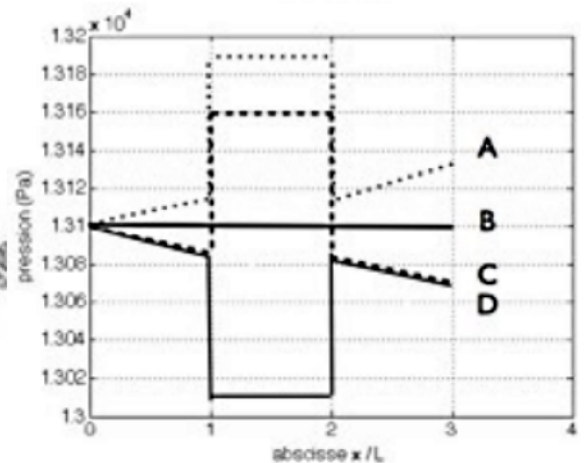
Dessiner sur le graphe ci-contre l'allure de la pression $p(x)$ pour une artère totalement saine pour $0 \leq x \leq 3L$. Cocher **la** proposition vraie :



21. Question

Même question pour l'artère malade étudiée ci-dessus. Cocher **la** proposition vraie :

E. aucune des courbes dessinées n'est vraie



22. Question

Calculer la pression sanguine $p(3L)$ en sortie du tronçon dans le cas avec anévrisme. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $p(3L) = 13\,130\text{ Pa}$
- B. $p(3L) = 13\,100\text{ Pa}$
- C. $p(3L) = 13\,070\text{ Pa}$
- D. $p(3L)$ donne la pression artérielle dans le sang
- E. $p(3L)$ mesure une surpression par rapport à la pression atmosphérique

23. Question

Un tronçon d'artère saine a une résistance hydraulique R sur une longueur L . On considère l'artère saine, de longueur $3L$. On note R_a sa résistance et P_a la puissance perdue par viscosité. Cocher **la ou les** propositions vraies :

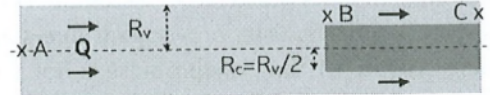
- A. $R_a = R/3$
- B. $R_a = 3R$
- C. $|P_a| = \Delta p / R_a$
- D. $|P_a| = \Delta p^2 / 3R$
- E. $|P_a| = 3 \Delta p^2 / R$

Annales Classées Supplémentaires

2022 Session 2

Thrombose de la veine porte

L'image de la veine porte d'un autre patient montre une thrombose, c'est-à-dire la présence d'un caillot situé le long de l'axe de la veine et qui s'obstrue partiellement. On fait l'approximation que la veine et le caillot sont cylindriques, avec un rayon R_v pour la partie saine de la veine et un rayon $R_c = R_v / 2$ pour le caillot.



$R_c = R_v / 2$ pour le caillot.

Sur le schéma ci-dessus, on note les points A au début de la veine saine, B juste après le début du caillot et C juste avant la fin du caillot. La circulation sanguine va de A vers C avec un débit Q . Le patient est allongé et on néglige les différences d'altitude à l'intérieur de la veine. On note ρ la masse volumique du sang.

Question 14 On prend maintenant en compte la viscosité du sang et on note R_{AB} la résistance hydraulique de la partie saine de la veine, $R_{BC} = 2R_{AB}$ celle de la partie thrombosée et R_{AC} la résistance totale de A à C. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

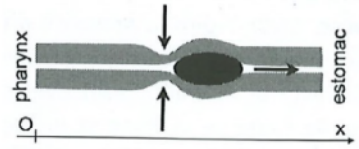
- A. R_{AB} dépend du débit dans la veine
- B. $R_{BC} > R_{AB}$ car la pression du sang le long du caillot a changé
- C. $R_{AC} = 3R_{AB}$
- D. $R_{AC} = 2R_{AB} / 3$
- E. $R_{AC} = 1,5R_{AB}$

Question 15 Exprimer les pressions p'_B et p'_C du sang au début et à la fin du caillot dans le cas du sang visqueux. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $p'_C > p'_B > p_A$
- B. $p'_C < p'_B < p_A$
- C. $p'_C = p_A + \frac{1}{2}\rho(v^2 - v'^2) - \frac{3}{2}R_{AB}Q$
- D. $p'_C = p_A + \frac{1}{2}\rho(v^2 - v'^2) - 3R_{AB}Q$
- E. $p'_C = p_A + \frac{1}{2}\rho(v^2 - v'^2) + 3R_{AB}Q$

Digestion en apesanteur

En apesanteur, seule la contraction de la paroi musculaire de l'œsophage permet aux aliments d'atteindre l'estomac. Un anneau de constriction se propage le long de l'œsophage, provoquant une surpression locale, d'amplitude maximale $\Delta p_a = 0,1 \text{ atm}$, qui propulse le bol alimentaire vers l'estomac, le long de l'axe Ox . La durée du cycle de contraction/relâchement d'un anneau dure $\Delta T = 4 \text{ secondes}$. La surpression parcourt une longueur $L = 15 \text{ cm}$ en une durée $\delta t = 5 \text{ secondes}$.



Question 18 Le profil de la surpression ressemble plus à une impulsion large qu'à une sinusoïde. On considérera que le bol alimentaire reçoit une surpression moyenne $\langle \Delta p \rangle = \Delta p_a / 2$ au passage d'une contraction. On note Q_0 le débit moyen des aliments dans l'œsophage de section interne $S_0 = (1/3)10^{-3} \text{ m}^2$ et de longueur $L_0 = 30 \text{ cm}$. Calculer la puissance moyenne Π reçue pendant une contraction. Calculer le travail W que doit fournir la paroi œsophagienne pour vaincre les frottements visqueux sur la totalité du transit œsophagien. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

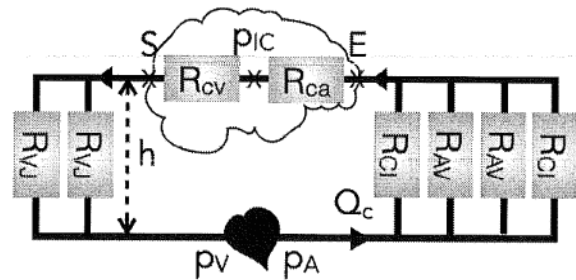
- A. $\Pi = Q_0 \Delta p_a / 2$
- B. $\Pi = 2Q_0 \Delta p_a$
- C. $W = 0,5 \text{ J}$
- D. $W = 1 \text{ J}$
- E. $W = 5 \text{ J}$

2021 Session 2

Pour tous les exercices on prendra l'accélération de la pesanteur égale $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$.

Cerveau et polyglobulie

Le cerveau d'un patient est irrigué selon le schéma ci-contre. Au niveau du cœur, on note $\pi_A = 100 \text{ mm Hg}$ la tension aortique et $\pi_V = 5 \text{ mm Hg}$ la tension du retour veineux. Le débit sanguin cérébral vaut $Q_c = 750 \text{ ml/minute}$. Le cerveau est alimenté par 4 artères en parallèle : les deux carotides internes (chacune de résistance hydraulique $R_{CI} = 4,9 \times 10^7 \text{ Pa s m}^{-3}$) et les deux artères vertébrales (chacune de résistance $R_{AV} = 6R_{CI}$). On néglige les densités volumiques d'énergie cinétique liées à l'écoulement sanguin dans l'exercice.



Les résistances du réseau vasculaire du cerveau valent respectivement $R_{ca} = 8,7 \times 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$ pour la partie artérielle et $R_{cv} = 7,4 \times 10^7 \text{ Pa s m}^{-3}$ pour la partie veineuse. On note π_{IC} la tension intracrânienne entre R_{ca} et R_{cv} . Le retour veineux au cœur est assuré par deux veines jugulaires en parallèle (chacune de résistance R_{VJ}). On note $h = 28 \text{ cm}$ la hauteur moyenne entre le cœur et le cerveau du patient en position debout. La masse volumique du sang vaut $\rho = 1,06 \times 10^3 \text{ kg m}^{-3}$, sa viscosité $\eta = 4 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$.

Question 12 Le patient est allongé horizontalement. On note p_A la pression sanguine au niveau de l'aorte, p_E celle à l'entrée E du cerveau, p_{IC} la pression intra-crânienne (entre R_{ca} et R_{cv}), et p_S la pression en sortie S du cerveau. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $p_A = 1,32 \times 10^4 \text{ Pa}$.
- B. $p_A = 1,13 \times 10^5 \text{ Pa}$.
- C. $p_E < p_S$
- D. $p_E < p_A$
- E. $p_{IC} < p_E$

Question 13 Exprimer la résistance équivalente R_v des veines jugulaires et calculer la résistance R_c totale du cerveau entre les points d'entrée E et de sortie S. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $R_v = R_{VJ} / 2$
- B. $R_v = 2R_{VJ}$
- C. $R_c = 9,4 \times 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$
- D. $R_c = 7,8 \times 10^8 \text{ Pa s m}^{-3}$
- E. $R_c = 1,4 \times 10^9 \text{ Pa s m}^{-3}$

Question 14 Exprimer la résistance équivalente R_a des artères d'alimentation du cerveau. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $R_a = 4R_{CI}$
- B. $R_a = 14R_{CI}$
- C. $R_a = 3R_{CI} / 7$
- D. $R_a = \frac{R_{CI}}{2} + \frac{R_{AV}}{2}$
- E. $R_a = \frac{R_{CI} + R_{AV}}{4}$

Question 15 Calculer la perte de charge $p_E - p_S$ dans le cerveau. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $p_E - p_S = +1,12 \text{ atm}$
- B. $p_E - p_S = +0,12 \text{ atm}$
- C. $p_E - p_S = +0,009 \text{ atm}$
- D. $p_E - p_S = -0,11 \text{ atm}$
- E. $p_E - p_S = -0,12 \text{ atm}$

Question 16 Calculer la tension intracrânienne π_{IC} . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $\pi_{IC} \approx 13 \text{ mm Hg}$
- B. $\pi_{IC} \approx 15 \text{ mm Hg}$
- C. $\pi_{IC} \approx 17 \text{ mm Hg}$
- D. $\pi_{IC} \approx 60 \text{ mm Hg}$
- E. $\pi_{IC} \approx 81 \text{ mm Hg}$

Question 17 Calculer la puissance P dissipée dans le cerveau. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $P \approx 1 \text{ mW}$
- B. $P \approx 10 \text{ mW}$
- C. $P \approx 70 \text{ mW}$
- D. $P \approx 150 \text{ mW}$
- E. $P \approx 1,4 \text{ W}$

Question 18 Le patient se relève verticalement sans changement de fréquence cardiaque. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La tension intracrânienne augmente.
- B. La tension au point E reste inchangée.
- C. La pression aortique augmente.
- D. La perte de charge dans les artères augmente.
- E. la pression au point S diminue.

Question 19 Exprimer la pression p_E au point d'entrée E. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $p_E = p_A - \rho gh - R_{CI}Q_c$
- B. $p_E = p_A - \rho gh + R_{CI}Q_c / 4$
- C. $p_E = p_A + \rho gh + R_aQ_c$
- D. $p_E = p_A + \rho gh - R_aQ_c$
- E. $p_E = p_A - \rho gh - R_aQ_c$

On s'intéresse aux performances du cœur d'un patient atteint de polyglobulie par rapport à son état antérieur sain. La surabondance de globules rouges pendant la polyglobulie induit une augmentation de viscosité sanguine de 30%. Le cœur bat au même rythme avant et pendant la polyglobulie. On néglige les effets de vasodilatation.

Question 20 On s'intéresse aux pertes de charge dans la circulation. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. La perte de charge dans les artères est inchangée lors de la polyglobulie.
- B. La perte de charge dans le cerveau augmente de moins de 30% avec la polyglobulie.
- C. La perte de charge dans les veines diminue de 30% lors de la polyglobulie.
- D. La perte de charge dans les capillaires augmente de 30% lors de la polyglobulie.
- E. La perte de charge totale dans la circulation augmente avec la polyglobulie en station debout mais pas allongée.

Question 21 Calculer la variation relative de puissance cardiaque que doit fournir le cœur du patient avec et sans polyglobulie. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $\frac{P_{glob} - P_{sain}}{P_{sain}} = +30\%$
- B. $\frac{P_{glob} - P_{sain}}{P_{sain}} = -30\%$
- C. $\frac{P_{glob} - P_{sain}}{P_{sain}} = +69\%$
- D. $\frac{P_{glob} - P_{sain}}{P_{sain}} = -69\%$
- E. $\frac{P_{glob} - P_{sain}}{P_{sain}} = +91\%$

Valeurs et approximations numériques

Développements limités pouvant éventuellement être utiles si $x \ll 1$:

$$(1+x)^\alpha \approx 1 + \alpha x$$

$$e^x \approx 1 + x$$

$$\ln(1+x) \approx x - \frac{x^2}{2}$$

Valeurs approchées de logarithmes décimaux, $\log_{10} N$, de logarithmes népériens, $\ln N$, d'exponentielles, e^N , pouvant éventuellement être utiles :

N	$\log_{10} N$	$\ln N$	e^N
0	$-\infty$	$-\infty$	1
1	0	0	2,7
2	0,30	0,69	7,4
3	0,48	1,10	20,1
4	0,60	1,39	54,6
5	0,70	1,61	148
6	0,78	1,79	403
7	0,85	1,95	1 097
8	0,90	2,08	2 981
9	0,95	2,20	8 103
10	1	2,30	$2,203 \times 10^4$
11	1,04	2,40	$5,987 \times 10^4$
12	1,08	2,49	$1,628 \times 10^5$
13	1,11	2,57	$4,424 \times 10^5$
14	1,15	2,64	$1,203 \times 10^6$
15	1,18	2,71	$3,269 \times 10^6$
16	1,20	2,77	$8,886 \times 10^6$
17	1,23	2,83	$2,415 \times 10^7$
18	1,26	2,89	$6,566 \times 10^7$
19	1,28	2,94	$1,785 \times 10^8$
20	1,30	3,00	$4,852 \times 10^8$