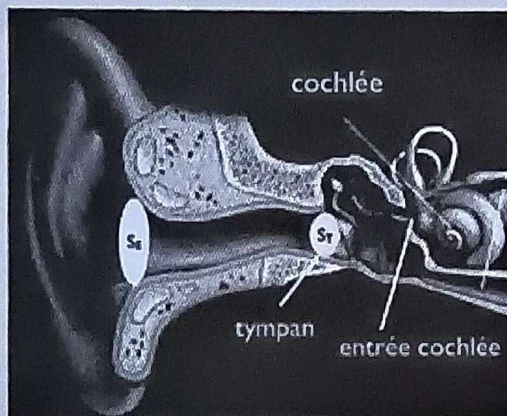


Le supplice de la goutte d'eau

Un robinet fermé fuit goutte à goutte dans une baignoire. L'impact de chaque goutte génère une onde sonore isotrope, de niveau $L_0 = 50$ dB mesuré à une distance $D_0 = 50$ cm du point d'impact. Le conduit auditif externe présente une section d'entrée $S_E = 400$ mm². On néglige l'effet collecteur du pavillon externe. La surface du tympan vaut $S_T = S_E/2$. On note I_E et I_C les intensités sonore à l'entrée du conduit externe et à l'entrée de la cochlée.

On note $g = 10 \text{ m s}^{-2}$ l'accélération de la pesanteur et $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ l'intensité de référence des niveaux sonores.



Question 1 Exprimer la vitesse v' d'impact d'une goutte d'eau au fond de la baignoire. Cocher la proposition vraie :

- A. $v' = 2mgh'$
- B. $v' = mgh'/2$
- C. $v' = (2gh')^{1/2}$
- D. $v' = (2mgh')^{1/2}$
- E. $v' = 2gh'$

Question 2 Calculer la puissance sonore P_0 qui pénètre dans le conduit auditif externe exposé au niveau sonore L_0 . Cocher la proposition vraie :

- A. $4 \cdot 10^{-11} \text{ W}$
- B. $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ W}$
- C. $4 \cdot 10^{-5} \text{ W}$
- D. 40 W
- E. 250 W

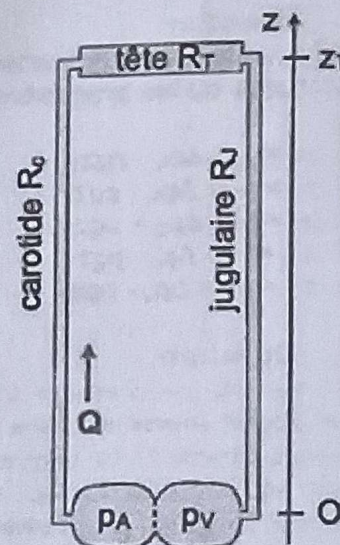
Question 3 On note la différence de niveau sonore $\Delta L = L_C - L_E$. En l'absence d'autres bruits ambiants, le seuil de sensibilité de l'oreille interne (cochlée) au son grave d'impact d'une goutte d'eau vaut $L_S = 33$ dB. Pour $\Delta L = 13$ dB, calculer la distance minimum à laquelle on ne perçoit plus ce bruit énervant (hors obstacles et murs). Cocher la proposition vraie :

- A. $D_S = 1,6 \text{ m}$
- B. $D_S = 5 \text{ m}$
- C. $D_S = 10 \text{ m}$
- D. $D_S = 16 \text{ m}$
- E. $D_S = 50 \text{ m}$

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.



Question 4 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

Question 5 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. $R = (R_C + R_T + R_J) / 2$

Question 6 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.

Question 7 Exprimer les tensions 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. $p'_T = p_V + \Delta p_J - \rho g z_T$

$$p_A \times 0 - \Delta p - \rho g z^t$$

$$p_T' + \rho g z^t \times 0 = p_V + \Delta p -$$

Question 8 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. $\Delta p_T = p_A + \delta p - p_V + \Delta p_C + \Delta p_J$

$$p_A + \delta p - \Delta p_C$$

Question 9 Calculer le nombre N de vaisseaux capillaires disposés en parallèle dans la tête de la girafe si chacun présente une résistance hydraulique $R_{cap} = 1,1 \cdot 10^{17} \text{ Pa s m}^{-3}$.

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. $N = 10^9$

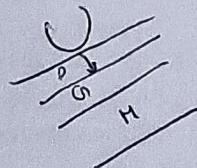
$$v_{s-1} = \frac{d}{\frac{m}{\rho} \times l}$$

Echographie du foie

On fait une échographie du foie à un patient avec une sonde à ultrasons de fréquence $\nu = 3$ MHz. On badigeonne la peau de gel pour adapter parfaitement les impédances entre la sonde et la peau. Avant d'atteindre le foie, les ultrasons traversent successivement les longueurs $L_P = 0.5$ cm de peau, $L_G = 1$ cm de graisse et $L_M = 1.5$ cm de muscle. La vitesse des ultrasons dans ces tissus mous vaut $c \sim 1500$ m/s.

Question 10 Calculer la durée Δt écoulée entre l'émission des ultrasons et le retour d'écho du foie. Cocher la proposition vraie :

- A. $\Delta t = 400 \mu s$
- B. $\Delta t = 200 \mu s$
- C. $\Delta t = 40 \mu s$
- D. $\Delta t = 20 \mu s$
- E. $\Delta t = 4 \mu s$



On note I_0 l'intensité sonore émise par la sonde. On donne les coefficients de réflexion en intensité que l'onde subit à travers les différents milieux : R_{PG} (peau-graisse) = 0.002, R_{GM} (graisse-muscle) = 0.04, R_{MF} (muscle-foie) = 0.02. On donne les coefficients d'absorption en intensité des ultrasons dans les différents milieux : μ_P (peau) = 1 cm^{-1} , μ_G (graisse) = 2 cm^{-1} , μ_M (muscle) = 0.5 cm^{-1} .

Question 11 Exprimer le rapport I_G / I_0 où I_G note l'intensité qui atteint l'interface peau-graisse. Cocher la proposition vraie :

- A. $I_G / I_0 = e^{+\mu_P L_P}$
- B. $I_G / I_0 = e^{-\mu_P L_P}$
- C. $I_G / I_0 = -\mu_P L_P$
- D. $I_G / I_0 = (1 - R_{PG})$
- E. $I_G / I_0 = R_{PG}$

$$\frac{I_G}{I_0}$$

Question 12 Exprimer le rapport $I_{G'}/I_G$ où $I_{G'}$ note l'intensité qui pénètre dans la graisse. Cocher la proposition vraie :

- A. $I_{G'}/I_G = (1 - R_{PG}) e^{-\mu_P L_P}$
- B. $I_{G'}/I_G = e^{+\mu_P L_P}$
- C. $I_{G'}/I_G = 1 - R_{PG}$
- D. $I_{G'}/I_G = 1 / R_{PG}$
- E. $I_{G'}/I_G = R_{PG}$

$$(1 - R_{PG}) \times I_0$$

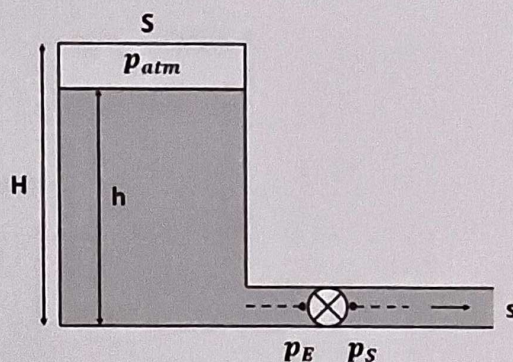
Question 13 Exprimer le rapport I_F / I_0 où I_F note l'intensité qui atteint l'interface muscle-foie. Cocher la proposition vraie :

- A. $I_F / I_0 = R_{PG} \times R_{GM} \times R_{MF} \times e^{-\mu_P L_P - \mu_G L_G - \mu_M L_M}$
- B. $I_F / I_0 = e^{+\mu_P L_P + \mu_G L_G + \mu_M L_M}$
- C. $I_F / I_0 = (1 - R_{PG}) \times (1 - R_{GM}) \times (1 - R_{MF})$
- D. $I_F / I_0 = (1 - R_{PG}) \times (1 - R_{GM}) \times e^{-\mu_P L_P - \mu_G L_G - \mu_M L_M}$
- E. $I_F / I_0 = (1 + R_{PG}) \times (1 + R_{GM}) \times e^{+\mu_P L_P + \mu_G L_G + \mu_M L_M}$

Déversement d'un réservoir

En période de sécheresse, une coopérative agricole décide d'utiliser de l'eau de pluie collectée pendant l'hiver pour abreuver le bétail. L'eau est stockée dans un réservoir cylindrique de hauteur H et de section S relié à une conduite de section s tel que $s \ll S$. On note h le niveau d'eau dans le réservoir. Le dispositif est équipé d'une pompe de puissance mécanique $P = 100 \text{ W}$ et délivre de l'eau à un débit $Q = 60 \text{ L/min}$. On note $p_E = 3 \text{ atm}$ la pression de l'eau à l'entrée de la pompe. Une partie du réservoir est occupée par de l'air composé à 80% de diazote (N_2) et 20% de dioxygène (O_2) à la pression atmosphérique p_{atm} et à la température T .

Dans ce circuit, on néglige les effets de viscosité.



Question 14 Calculer la pression p_S de l'eau à la sortie de la pompe. Cocher la ou les propositions vraies :

- A. $p_S > p_E$
- B. $p_S < p_E$
- C. $p_S = 2 \text{ atm}$
- D. $p_S = 4 \text{ atm}$
- E. $p_S = 8 \text{ atm}$

$$p_E + \Delta p = p_S$$

Question 15 Pour remplir les abreuvoirs, l'agriculteur fixe au bout de la conduite de section s un tuyau de section $s/2$ dans lequel les effets dus à la viscosité ne sont plus négligeables. On note v la vitesse d'écoulement de l'eau dans la conduite et Q_C et Q_T le débit respectivement dans la conduite et le tuyau.

Cochez la ou les propositions vraies :

- A. $Q_C > Q_T$
- B. $Q_C = Q_T$
- C. Dans le tuyau, la vitesse moyenne de l'eau est $2v$.
- D. Dans le tuyau, la vitesse maximale de l'eau est $2v$.
- E. Dans le tuyau, la vitesse de l'eau est nulle sur les parois.