

UE4 – Physique

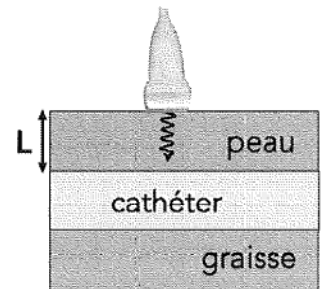
Annales Classées

ONDES ET ACOUSTIQUE

SUJET

Echographie du cathéter ventriculo-péritonéal

On vérifie le positionnement et le débit de la dérivation ventriculo-péritonéale par échographie ultrasonore. La sonde émet un faisceau collimaté d'ondes ultrasonores planes qui pénètre dans la peau avec une intensité $I_0 = 10 \text{ W/m}^2$ grâce à un gel d'adaptation d'impédance. Le cathéter passe sous une épaisseur $L = 1 \text{ mm}$ de peau et devant une couche de graisse. On donne les coefficients de réflexion en intensité des interfaces peau-cathéter, $R_{PC} = 0,08$, et cathéter-graisse, $R_{cg} = 0,03$. L'intensité de référence pour les niveaux sonores vaut $I_{ref} = 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$. On néglige l'absorption des ultrasons dans les différents matériaux pour la question 21.



Question 21 Calculer le niveau sonore L_0 qui pénètre dans la peau. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $L_0 = 13 \text{ dB}$
- B. $L_0 = 110 \text{ dB}$
- C. $L_0 = 130 \text{ dB}$
- D. L'intensité des ultrasons décroît avec le carré de la profondeur dans la peau.
- E. L'intensité des ultrasons est constante dans la peau.

CONDUCTION SONORE OSSEUSE (questions 4 à 6)

Question n°4

On règle l'intensité d'une source sonore isotrope pour obtenir un niveau $L_0 = 60$ dB à une distance $D_0 = 1$ m de la source et on place cette source à une distance $D = 3$ m d'un patient. Calculer le niveau sonore L perçu par le patient. **Indiquer la proposition exacte :**

- A. $L = 50$ dB
- B. $L = 55$ dB
- C. $L = 60$ dB
- D. $L = 65$ dB
- E. $L = 70$ dB

On règle maintenant l'intensité sonore pour obtenir un niveau $L_1 = 80$ dB dans l'air devant l'oreille du patient. Le coefficient de transmission de l'intensité sonore entre l'air et les tissus mous vaut $T_{at} = 8.10^{-4}$. L'amplification du signal sonore dans l'oreille fournit un gain $\Delta L_1 = 20$ dB entre le pavillon et le tympan, puis un gain $\Delta L_2 = 5$ dB par les osselets. La transmission des forces de pression est supposée parfaite entre le tympan et le marteau ainsi qu'entre l'étrier et la cochlée.

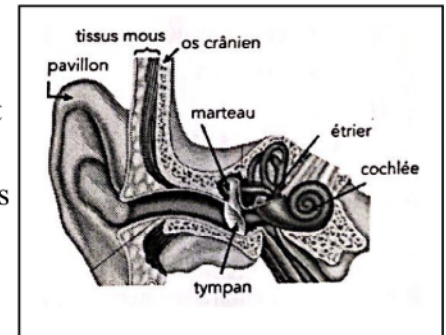
Question n°5

On considère tout d'abord la transmission des sons à la cochlée par voie aérienne, c'est à dire par le conduit auditif et les osselets. Calculer le niveau sonore L_2 qui pénètre dans le tympan et le niveau L_C qui atteint la cochlée. **Indiquer la ou les propositions exactes :**

- A. $L_2 = 40,6$ dB
- B. $L_2 = 49$ dB
- C. $L_2 = 69$ dB
- D. $L_C = 54$ dB
- E. $L_C = 74$ dB

Question n°6

On considère la transmission des sons par conduction osseuse indépendamment du conduit auditif et des osselets: les sons pénètrent dans les os du crâne à travers les tissus mous (cuir chevelu, muscles) et il se propage dans les os jusqu'à la cochlée qui vibre à leur contact. Le coefficient de transmission de l'intensité sonore entre les tissus et les os vaut $T_{10} = 0,6$. Il y a une perte $\Delta L_3 = -10$ dB entre le niveau sonore qui pénètre dans les os du crâne et le niveau transmis à la cochlée. Calculer le niveau L'_C qui atteint la cochlée par conduction osseuse.



Indiquer la proposition exacte :

- A. $L'_C = 37$ dB
- B. $L'_C = 39$ dB
- C. $L'_C = 47$ dB
- D. $L'_C = 49$ dB
- E. $L'_C = 57$ dB

Voix de fausset (Questions 10 à 13)

Les poumons d'un étudiant contiennent au repos un volume $V_a = 3,1$ litres d'air, de masse molaire $M_a = 29$ g/mol, à la température $T_a = 37^\circ\text{C}$ et à la pression atmosphérique $p_{\text{atm}} = 1$ atm. Pour maquiller sa voix, il va inhaler un volume $V_h = 0,5$ litre d'hélium d'un réservoir à la pression atmosphérique et à la température $T_h = 27^\circ\text{C}$. La masse molaire de l'hélium vaut $M_h = 4$ g/mol. La constante des gaz parfaits vaut $R = 8,3 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$. On donne également $1/R = 0,12 \text{ J}^{-1}.\text{K}.\text{mol}$.

Question n°10

Calculer le nombre n_a de moles d'air et n_h de moles d'hélium qui constituent le mélange gazeux final.

Cocher la (ou les) proposition(s) vraie(s) :

- A. $n_a = 120$ moles
- B. $n_a = 0,12$ moles
- C. $n_a = 0,0012$ moles
- D. $n_h = 0,02$ moles
- E. $n_h = 0,0002$ moles

Question n°11

L'étudiant retient sa respiration quelques instants pour laisser l'hélium se mélanger à l'air. Calculer la pression partielle de l'hélium, p_h , dans le mélange et exprimer la masse molaire M_m du mélange.

Cocher la (ou les) proposition(s) vraie(s) :

- A. $p_h = 1/7$ atm
- B. $p_h = 1/6$ atm
- C. $M_m = n_a M_a + n_h M_h$
- D. $M_m = (n_a M_a + n_h M_h)/n_a$
- E. $M_m = (n_a M_a + n_h M_h)/(n_a + n_h)$

Question n°12

Comparer la vitesse c_a du son dans les poumons remplis d'air pur et la vitesse c_m du son dans les poumons remplis du mélange gazeux dans les mêmes conditions. Comparer la hauteur des sons que prononce l'étudiant sachant que les longueurs d'onde des vibrations de ses cordes vocales sont inchangées. **Cocher la (ou les) proposition(s) vraie(s) :**

- A. $c_m = c_a$ car la température est identique
- B. $c_m < c_a$ car la densité volumique des molécules a changé
- C. $c_m > c_a$ car la masse molaire du gaz a changé
- D. La voix de l'étudiant est plus aiguë après inhalation de l'hélium
- E. La voix de l'étudiant est plus grave après inhalation de l'hélium

Question n°13

L'étudiant parle avec un niveau sonore $L = 70$ dB à une distance $D = 0,5$ m. Il émet des ondes sonores sphériques.

Calculer le niveau sonore L' à une distance $D' = 1$ m. **Cocher la proposition exacte :**

- A. $L' = 64$ dB
- B. $L' = 67$ dB
- C. $L' = 70$ dB
- D. $L' = 73$ dB
- E. $L' = 76$ dB

2015

Conversations en extérieur

A l'extérieur, les astronautes portent un casque pressurisé avec de l'air de caractéristiques (pression p_T , masse volumique ρ_T et composition) semblables aux conditions terrestres. L'air martien (essentiellement CO_2) a une pression $p_M = 0,006 p_T$ et une masse volumique $\rho_M = 0,02 \rho_T$. Le rapport des indices adiabatiques de l'air martien et de l'air terrestre vaut $\gamma_M/\gamma_T \approx 1$. On s'intéresse à la transmission du son d'un appel d'un astronaute à l'un de ses proches coéquipiers

3. Question

Calculer le rapport des vitesses c_M/c_T du son dans l'air martien et du casque. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $c_M / c_T \approx 0,01$
- B. $c_M / c_T \approx 0,3$
- C. $c_M / c_T \approx 0,5$
- D. un son émis dans le casque est plus grave au passage dans l'air martien
- E. un son émis dans le casque est inchangé au passage dans l'air martien

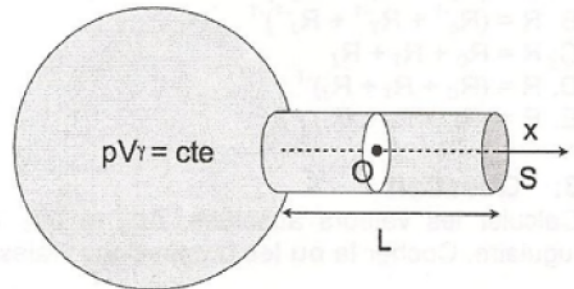
4. Question

Calculer le rapport Z_M/Z_T des impédances acoustiques de l'air martien et de l'air de type terrestre du casque. Exprimer, en faisant les approximations nécessaires, le coefficient de transmission, T_{TM} , des intensités sonores si on mettait l'air du casque en interface avec l'air martien. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $Z_M / Z_T \approx 0,01$
- B. $Z_M / Z_T \approx 0,006$
- C. $T_{TM} \approx 4 Z_M / Z_T$
- D. $T_{TM} \approx 1$
- E. $T_{TM} \approx Z_T / (2Z_M)$

Voix des girafes

Les girafes communiquent par infrasons qu'elles produisent en faisant vibrer la colonne d'air de leur longue trachée, de section $S = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ et de longueur $L = 1,5 \text{ m}$ pour la girafe considérée précédemment. On modélise le comportement de l'air des poumons et de la trachée par un résonateur de Helmholtz comprenant un réservoir sphérique (poumon) et un tube cylindrique (trachée), tous deux rigides. Le tube est fermé par un capot étanche, de section S , mobile sans frottement (en blanc sur la figure). A l'équilibre, pour une pression externe $p_0 = 1 \text{ atm}$ et une masse volumique d'air $\rho_0 = 1,2 \text{ kg m}^{-3}$, le capot est à l'abscisse $x = 0$ et le volume d'air enfermé vaut $V_0 = 14 \text{ litres}$. Hors équilibre, le capot oscille le long de l'axe Ox et l'air enfermé, de pression p et volume V , évolue adiabatiquement en maintenant le produit pV^γ constant, avec un indice adiabatique $\gamma = 1,4$. On considère l'air comme un gaz parfait. Si besoin, prendre $\pi^2 \approx 10$.



8. Question

La relation fondamentale de la dynamique appliquée à la masse de la colonne d'air de la trachée donne l'équation du mouvement :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\gamma p_0}{\rho_0} \frac{S}{LV_0} x = 0$$

Calculer la fréquence propre f_0 de la trachée de la girafe.

Cocher la proposition vraie:

- A. 0,1 Hz
- B. 14 Hz
- C. 91 Hz
- D. 210 Hz
- E. 8300 Hz

On a mesuré des appels infrasonores entre les girafes avec un niveau sonore $L = 70 \text{ dB}$ relevé à la fréquence f_0 à une distance $D = 5 \text{ m}$ de l'animal. Le son est émis de manière isotrope. On prend $I_{\text{réf}} = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ comme intensité de référence de l'échelle sonore. La vitesse du son dans l'air chaud de la savane vaut $c = 345 \text{ m/s}$.

9. Question

Calculer la puissance sonore Π_{son} que doit produire la girafe pendant un appel.

Cocher la proposition vraie:

- A. 0,05 mW
- B. 0,31 mW
- C. 0,62 mW
- D. 3,1 mW
- E. 6,2 mW

10. Question

Calculer la distance maximum D' à laquelle une girafe peut percevoir l'appel d'un congénère avec un niveau sonore supérieur ou égal au niveau ambiant $L_{\text{vent}} = 30 \text{ dB}$ dû au vent.

Cocher **la** proposition vraie:

- A. 10 m
- B. 100 m
- C. 500 m
- D. 1 km
- E. 5 km

12. Question

Un girafon a un résonateur vocal réduit ($V'_0 = V_0/5$, $L' = L/2$, $S' = S/3$) par rapport à sa mère étudiée ci-dessus. En imitant celle-ci, il parvient à faire osciller l'air de sa trachée avec la même amplitude x_a que sa mère.

Cocher **la ou les** propositions vraies:

- A. L'appel du girafon est plus aigu que celui de la mère
- B. L'appel du girafon est plus grave que celui de la mère
- C. L'intensité sonore émise par le girafon est plus faible que celle de la mère
- D. L'intensité sonore émise par le girafon est égale à celle de la mère
- E. L'intensité sonore émise par le girafon est plus forte que celle de la mère

13. Question

Calculer le niveau sonore émis par le girafon à une distance $D = 5 \text{ m}$.

Cocher **la** proposition vraie:

- A. 65 dB
- B. 68,5 dB
- C. 70 dB
- D. 72,5 dB
- E. 75 dB

Urgence dans la station spatiale

Un astronaute malade se plaint d'une oreille. Pour renseigner les médecins du centre de contrôle de Houston, les astronautes cherchent à mesurer le seuil de sensibilité de l'oreille douloureuse, puis la pression derrière ce tympan. Ils isolent phoniquement complètement l'oreille saine avec des tampons absorbants.

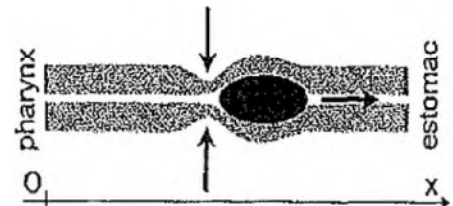
Pour la mesure de sensibilité, ils vont rapprocher doucement le malade d'une source sonore isotrope qui produit un niveau $L = 70$ dB à la distance $D = 0,3$ m. Ils mettent dans l'oreille douloureuse un bouchon qui atténue les sons de 30 dB pour masquer le bruit de fond important des systèmes de survie du module spatial.

8.

Le malade perçoit le son du haut-parleur à partir de la distance $D' = 3$ m. Calculer le seuil L_s de sensibilité de son oreille en décibels. **Cocher la ou les propositions vraies :**

- A- l'intensité sonore du haut-parleur décroît avec le carré de la distance.
- B- l'intensité sonore du haut-parleur décroît linéairement avec la distance.
- C- $L_s = 50$ dB
- D- $L_s = 40$ dB
- E- $L_s = 20$ dB

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 $\Delta p_a = 0,1$ 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 $\Delta T = 4$ secondes. La surpression parcourt 15 cm en 5 secondes. On note c la célérité de l'onde de surpression



11.

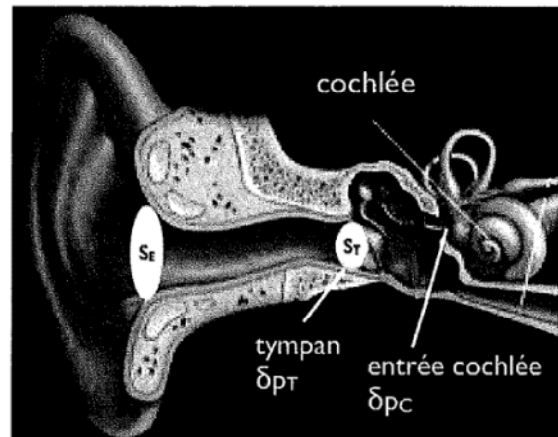
Ecrire l'équation d'évolution de la surpression en un point d'abscisse x à l'instant t pour l'onde sinusoïdale fondamentale. **Cocher la proposition vraie :**

- | | |
|---|---|
| A. $\Delta p = \Delta p_a \sin \left[2\pi \Delta T \left(t + \frac{x}{c} \right) \right]$ | B. $\Delta p = \Delta p_a \sin \left[\frac{2\pi}{\Delta T} (ct - x) \right]$ |
| C. $\Delta p = \Delta p_a \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\Delta T} + cx \right) \right]$ | D. $\Delta p = \Delta p_a \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\Delta T} - \frac{x}{c} \right) \right]$ |
| E. $\Delta p = \Delta p_a \sin \left[\frac{2\pi}{\Delta T} \left(t - \frac{x}{c} \right) \right]$ | |

2012

Le supplice de la goutte d'eau

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 $S_T = S_E/2$. L'amplitude de pression sonore δp_C transmise à l'entrée de la cochlée est $\sqrt{10} = 3,2$ fois supérieure à δp_T qui atteint le tympan. On note I_E et I_C les intensités sonores à l'entrée du conduit externe et à l'entrée de la cochlée.



7. Question

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

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

8. Question

Exprimer la différence de niveau sonore $\Delta L = L_C - L_E$. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $L_C < L_E$
- B. $L_C > L_E$
- C. $\Delta L = 10 \log(\delta p_C / \delta p_T) + 10 \log(S_E / S_T)$
- D. $\Delta L = 20 \log(\delta p_C / \delta p_T) - 10 \log(S_E / S_T)$
- E. $\Delta L = 20 \log(\delta p_C / \delta p_T) + 10 \log(S_E / S_T)$

9. Question

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. $D_S = 1,6$ m
- B. $D_S = 5$ m
- C. $D_S = 10$ m
- D. $D_S = 16$ m
- E. $D_S = 50$ m

Pour échapper à ce bruit insupportable, vous vous éloignez de la salle de bains en marchant à un rythme constant de 20 pas en 10 secondes. A chaque pas, vos oreilles montent et descendent d'une hauteur verticale $|dz| = 2 \text{ cm}$ autour d'une altitude moyenne qu'on prendra comme origine de l'axe Oz ($z=0$). La pression de l'air isotherme de la pièce varie avec l'altitude z comme $p(z) = p_{\text{atm}} e^{-z/z_0}$ avec $z_0 = 8 \text{ km}$. On cherche le niveau sonore L_M provoqué par la variation de pression due à la marche en faisant abstraction du bruit des pas sur le sol et des bruits ambiants. On donne l'impédance acoustique de l'air $Z_{\text{air}} = 400 \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$ et le rapport $1/64 = 0.016$.

13. Question

Exprimer l'amplitude δp_M de variation de pression provoquée par la marche à l'entrée du conduit auditif. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $\delta p_M = (dp/dz)_{z=0} z_0$
- B. $\delta p_M = (dp/dz)_{z=0} Z_0$
- C. $\delta p_M = -p_{\text{atm}} dz / z_0$
- D. $\delta p_M = p_{\text{atm}} dz / z_0$
- E. $\delta p_M = p_{\text{atm}} / z_0$

14. Question

Calculer le niveau sonore L_M provoqué par δp_M pendant la marche. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $L_M = 59 \text{ dB}$
- B. $L_M = 69 \text{ dB}$
- C. $L_M = 79 \text{ dB}$
- D. $L_M = 89 \text{ dB}$
- E. $L_M = 99 \text{ dB}$

15. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies.

- A. la fréquence d'oscillation des tympans vaut 200 Hz.
- B. la fréquence d'oscillation des tympans vaut 2 Hz.
- C. la fréquence d'oscillation des tympans vaut $\frac{1}{2}$ Hz.
- D. le signal sonore provoqué par la marche est audible.
- E. le signal sonore provoqué par la marche est inaudible.

Repérage sonore de baleines bleues

Les baleines bleues émettent des appels sonores très puissants sur une plage de fréquence allant de 10 à 100Hz. Ils sont repérés par un réseau de capteurs en mer. Les hydrophones utilisés dans la faille de Rottneest située à l'ouest de l'Australie ont un seuil de sensibilité $L_{\min}=35\text{dB}$. Ils sont immergés jusqu'à 450 m de profondeur. A une distance $r_1 = 1 \text{ m}$ d'une baleine, on mesure un niveau sonore $L_1=115\text{dB}$ correspondant à une intensité I_1 . La baleine émet de manière isotrope. On prend $I_0=10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ comme intensité de référence de l'échelle sonore, $c=1500\text{m/s}$ pour la vitesse du son dans l'eau de mer et on néglige l'absorption du son par l'eau.

4. Question

Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. à amplitude de surpression égale, les sons aigus ont une intensité moins élevée que les graves.
- B. à amplitude de surpression égale, les sons aigus ont une intensité plus élevée que les graves.
- C. la longueur d'onde des sons augmente avec la fréquence.
- D. L'intensité sonore décroît en r^{-2} avec la distance r .
- E. L'intensité sonore décroît en r^{-1} avec la distance r .

5. Question

Un hydrophone capte un niveau sonore $L = 80 \text{ dB}$. Calculer l'intensité I captée et la densité volumique d'énergie ε de l'onde à cet endroit. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $I = 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$
- B. $I = 10^4 \text{ W m}^{-2}$
- C. $\varepsilon = 6.7 \cdot 10^{-8} \text{ J m}^{-3}$
- D. $\varepsilon = 0.15 \text{ J m}^{-3}$
- E. $\varepsilon = 6.7 \text{ J m}^{-3}$

6. Question

Un groupe de 4 baleines chante simultanément. La taille du groupe est petite devant la distance qui le sépare d'un hydrophone. Au niveau de cet hydrophone on note I_{tot} l'intensité et L_{tot} le niveau sonore du groupe et I l'intensité d'un seul individu. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $I_{\text{tot}} = I / 4$
- B. $I_{\text{tot}} = 4 I$
- C. $\log(I_1/I) = (L_1 - L_{\text{tot}})/10 - 2 \log(2)$
- D. $\log(I_1/I) = (L_1 - L_{\text{tot}})/20 - 2 \log(2)$
- E. $\log(I_1/I) = (L_1 - L_{\text{tot}})/10 + 2 \log(2)$

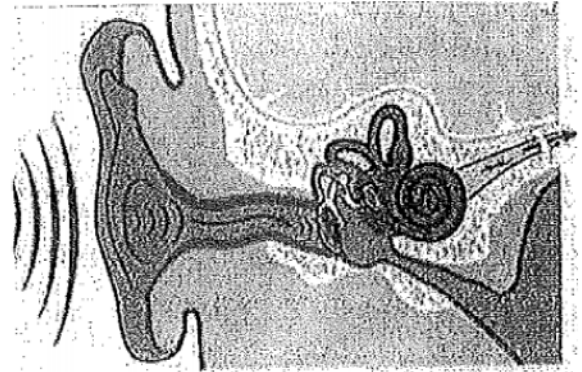
7. Question

Calculer la portée R d'un hydrophone à un tel groupe, c'est-à-dire la distance maximale à laquelle l'hydrophone peut capter un son plus fort que le seuil de sensibilité. On donne $\log(2)=0.3$. Cocher la proposition vraie :

- A. $R=0.1$ km
- B. $R=1$ km
- C. $R=5$ km
- D. $R=20$ km
- E. $R=100$ km

Ecoute sur la plage

Fatigué(e) de la plongée et des descentes en toboggan, vous vous étendez sur la plage et écoutez le bruit des vagues et des conversations aux alentours. Le niveau d'intensité sonore de la mer à l'entrée du pavillon de l'oreille vaut $L_{\text{mer}} = 40 \text{ dB}$. Chaque personne qui parle produit une onde sonore qu'on considérera comme sphérique avec un niveau sonore $L_1(R) = 50 \text{ dB}$ à une distance $R = 1 \text{ m}$ d'elle. Vous comptez 10 personnes autour de vous, chacune à une distance moyenne $D = 10 \text{ m}$. Les ondes sonores atteignent le pavillon de votre oreille externe, de surface $S_P = 6 \text{ cm}^2$. Grâce au conduit auditif, de longueur $L = 2.5 \text{ cm}$, les ondes collectées par le pavillon



sont guidées vers le tympan de surface $S_T = S_P/8$ en conservant la puissance sonore. On note Z_{air} l'impédance acoustique des milieux aériens traversés par l'onde sonore (conduit auditif externe et oreille moyenne située entre le tympan et la cochlée et comprenant les osselets). On note Z_{tissus} l'impédance acoustique moyenne des tissus traversés (membrane du tympan, membrane de la fenêtre ovale à l'entrée de la cochlée, et liquide de la cochlée). On rappelle que l'intensité de référence des niveaux sonores vaut $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$. La vitesse du son dans l'air vaut $c = 340 \text{ m/s}$ en ce beau jour d'été.

20. Question

Calculer l'intensité I_{mer} et la puissance P_{mer} sonores qui pénètrent à l'entrée du pavillon de votre oreille, venant de la mer. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $I_{\text{mer}} = 10^{-16} \text{ W m}^{-2}$
- B. $I_{\text{mer}} = 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$
- C. $I_{\text{mer}} = 4 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$
- D. $P_{\text{mer}} = 6 \cdot 10^{-12} \text{ W}$
- E. $P_{\text{mer}} = 6 \cdot 10^{-8} \text{ W}$

21. Question

On note $I_1(R)$ l'intensité sonore produite par la voix d'une personne à la distance R . Calculer la puissance sonore totale P_1 émise par cette voix dans toutes les directions. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $P_1 = 4\pi R^2 I_1(R)$
- B. $P_1 = \pi R^2 I_1(R)$
- C. $P_1 = R I_1(R)$
- D. $P_1 = I_1(R)/(\pi R^2)$
- E. $P_1 = I_1(R)/(4\pi R^2)$

22. Question

Calculer l'intensité sonore $I_1(D)$ qui atteint l'entrée du pavillon de votre oreille provenant de la voix d'une seule personne. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $I_1(D) = (R/D) I_1(R)$
- B. $I_1(D) = (R/D)^2 I_1(R)$
- C. $I_1(D) = P_1 / (4\pi D^2)$
- D. $I_1(D) = 10^{-8} \text{ W m}^{-2}$
- E. $I_1(D) = 10^{-9} \text{ W m}^{-2}$

23. Question

On étudie l'intensité sonore I_P totale qui atteint le pavillon de votre oreille venant des bruits environnants, ainsi que le niveau sonore L_P correspondant. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $I_P = [I_{\text{mer}}^2 + 100 I_1(D)^2]^{1/2}$
- B. $I_P = I_{\text{mer}} + 10 I_1(D)$
- C. $L_P = 41.5 \text{ dB}$
- D. $L_P = 43 \text{ dB}$
- E. $L_P = 100 \text{ dB}$

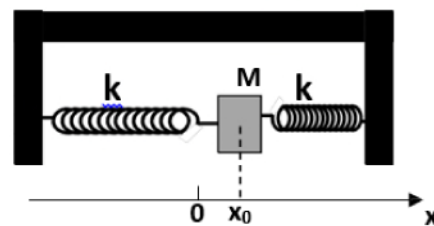
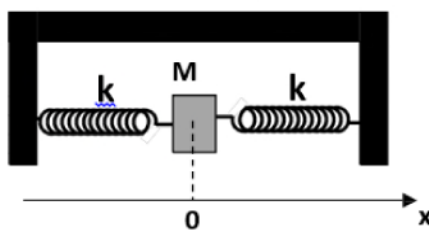
24. Question

Calculer la différence de niveau sonore, $L_T - L_P$ entre le tympan et l'entrée du pavillon. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $L_T - L_P > 0$
- B. $L_T - L_P < 0$
- C. $L_T - L_P = 0 \text{ dB}$
- D. $|L_T - L_P| = 9 \text{ dB}$
- E. $|L_T - L_P| = 18 \text{ dB}$

L'homme dans l'espace

En apesanteur, la masse musculaire, moins sollicitée, diminue. La masse des astronautes est donc étroitement surveillée. En l'absence de gravité, elle est mesurée grâce au système de ressorts illustré ci-contre, que l'on modélisera selon le schéma. La masse M représente l'astronaute dont la position d'équilibre au repos marque l'origine des abscisses. Les deux ressorts ont une raideur $k = 350$ N/m. On lâche initialement l'astronaute sans vitesse initiale à l'abscisse $x_0 = 20$ cm. La période T des oscillations est chronométrée. Pour les applications numériques, on prendra $\pi = 3$ et $\pi^2 = 10$.



15) Exprimer la valeur algébrique de la force F résultante des forces exercées par les ressorts sur la masse M en fonction de son abscisse x . Cocher **la** proposition vraie :

- A. $F = -kx$
- B. $F = +kx$
- C. $F = +2kx$
- D. $F = -2kx$
- E. $F = -2k(x - x_0)$

16) Ecrire l'équation du mouvement. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $M(dx/dt) = -2kx$
- B. $M(d^2x/dt^2) = +2kx$
- C. $M(d^2x/dt^2) = -kx$
- D. $dx/dt = -(k/M)x$
- E. $d^2x/dt^2 = -(2k/M)x$

17) Exprimer la pulsation ω des oscillations. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $\omega = 2k/M$
- B. $\omega = (2k/M)^{1/2}$
- C. $\omega = (k/M)^{1/2}$
- D. $\omega = k/M$
- E. $\omega = M^{1/2}/(2k)^{1/2}$

19) Calculer la masse M , sachant que la période des oscillations mesurée est 2 s. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $M = 35 \text{ kg}$
- B. $M = 0,08 \text{ t}$
- C. $M = 75 \text{ kg}$
- D. $M = 80 \text{ kg}$
- E. $M = 70 \text{ kg}$

20) Exprimer la solution $x(t)$ du mouvement de l'astronaute. Cocher **la ou les** propositions vraies :

- A. $x(t) = x_0 (\sin(\omega t) + \cos(\omega t))$
- B. $x(t) = x_0 \sin(\omega t + kx)$
- C. $x(t) = x_0 \cos(\omega t)$
- D. $x(t) = -x_0 \cos(\omega t)$
- E. $x(t) = x_0 \sin(\omega t)$

22) Calculer l'énergie cinétique moyenne du mouvement sur un cycle. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $E_{\text{cin}} = 7 \text{ J}$
- B. $E_{\text{cin}} = 0$
- C. $E_{\text{cin}} = 8 \text{ J}$
- D. $E_{\text{cin}} = 3,5 \text{ J}$
- E. $E_{\text{cin}} = 4 \text{ J}$

23) Calculer l'énergie totale de l'astronaute. Cocher **la** proposition vraie :

- A. $E_{\text{tot}} = 7 \text{ J}$
- B. $E_{\text{tot}} = 14 \text{ J}$
- C. $E_{\text{tot}} = 20 \text{ J}$
- D. $E_{\text{tot}} = 28 \text{ J}$
- E. $E_{\text{tot}} = 0$

Annales Classées Supplémentaires

2023 Session 2

Conversation chirurgicale

Avant d'entrer au bloc opératoire, une chirurgienne parle à une infirmière située à une distance $D_0 = 2$ m d'elle dans une pièce où la pression vaut $p_0 = 1$ atm et où la température vaut $T_0 = 20$ °C. En parlant, elle émet des ondes sonores isotropes avec une puissance $P = 0,2$ mW. On néglige l'absorption des sons par l'air et celui-ci est considéré comme un gaz parfait. On donne l'intensité de référence des niveaux sonores $I_{\text{ref}} = 10^{-12}$ W m⁻².

Question 8 Calculer l'intensité sonore I_0 qui atteint l'infirmière. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $I_0 = 4 \times 10^{-6}$ W m⁻²
- B. $I_0 = 8 \times 10^{-6}$ W m⁻²
- C. $I_0 = 5 \times 10^{-5}$ W m⁻²
- D. $I_0 = 8 \times 10^{-4}$ W m⁻²
- E. $I_0 = 10^{-2}$ W m⁻²

Question 9 Calculer le niveau sonore L_0 à la distance D_0 . **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $L_0 = 100$ dB
- B. $L_0 = 89$ dB
- C. $L_0 = 77$ dB
- D. $L_0 = 69$ dB
- E. $L_0 = 66$ dB

Question 10 Calculer la différence de niveau sonore $\Delta L = L(D_1) - L(D_0)$ si l'infirmière se rapproche à la distance $D_1 = 1$ m. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $\Delta L = 0$ dB
- B. $\Delta L = +3$ dB
- C. $\Delta L = -3$ dB
- D. $\Delta L = +6$ dB
- E. $\Delta L = -6$ dB

Question 12 Les deux personnes entrent dans le bloc opératoire où la température est la même mais la pression est maintenue à une valeur légèrement supérieure à la pression atmosphérique, $p = p_0 + \delta p$ avec $\delta p = 20$ Pa, pour empêcher l'air de la pièce de pénétrer dans l'air filtré du bloc. Calculer la variation relative $\delta\rho/\rho = (\rho - \rho_0)/\rho_0$ de masse volumique de l'air dans le bloc (ρ) et dans la pièce extérieure (ρ_0). Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :

- A. $\rho > \rho_0$
- B. $\rho = \rho_0$
- C. $\delta\rho/\rho = 0,02 \%$
- D. $\delta\rho/\rho = 0,1 \%$
- E. $\delta\rho/\rho = -0,2 \%$

Formules du cours en acoustique

Ces formules étaient indiquées "à ne pas savoir" dans le cours.

- Vitesse du son dans un milieu compressible : $c = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_{p_0}}$ et surpression $\delta p = c^2 \delta \rho$.
- Vitesse du son dans un gaz parfait : $c = \sqrt{\left(\frac{\partial p}{\partial \rho}\right)_{p_0}} = \sqrt{\gamma \frac{p_0}{\rho_0}} = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}} = \sqrt{\gamma \frac{kT}{m}}$.
- Puissance transportée par une onde sonore (cas 1D) : $P = \frac{dE_{tot}}{dt} = \frac{1}{2} \omega^2 u_a^2 \rho S c$.
- Intensité transportée : $I = \frac{1}{2} \rho c \omega^2 u_a^2 = \frac{\delta p_a^2}{2 \rho c}$

2022 Session 2

Ecoute des baleines

Les baleines bleues émettent des appels sonores sur une plage de fréquence allant de 10 à 100 Hz. Ils sont repérés par un réseau de capteurs (hydrophones) en mer, chacun ayant un seuil de sensibilité $L_s = 35$ dB. Il sont immergés jusqu'à 450 m de profondeur. A une distance $r_1 = 1$ m d'une baleine, on mesure une intensité I_1 correspondant à un niveau sonore $L_1 = 115$ dB. La baleine émet de manière isotrope et on néglige l'absorption du son par l'eau. On prend $I_{\text{ref}} = 10^{-12} \text{ W m}^{-2}$ comme intensité de référence de l'échelle sonore. On donne $\rho = 1020 \text{ kg m}^{-3}$ la masse volumique de l'eau de mer, $c = 1500 \text{ m/s}$ la vitesse du son dans l'eau de mer et $g = 9,81 \text{ m s}^{-2}$ l'accélération de la pesanteur. On considère l'air comme un gaz parfait d'indice adiabatique γ , où la vitesse du son varie avec la pression p_g et la masse volumique ρ_g du gaz comme $c_g = \sqrt{\gamma p_g / \rho_g}$.

Question 2 On écoute une baleine avec un hydrophone situé à une distance r de l'animal. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. à amplitude d'oscillation égale, les sons aigus transportent autant d'énergie que les graves.
- B. à amplitude d'oscillation égale, les sons graves transportent moins d'énergie que les aigus.
- C. la longueur d'onde des sons augmente avec la fréquence.
- D. L'intensité sonore reçue décroît en r^{-2} .
- E. L'intensité sonore reçue décroît en r^{-1} .

Question 3 Un hydrophone capte un niveau sonore $L = 80$ dB. Calculer l'intensité I captée et la densité volumique d'énergie ε de l'onde à cet endroit. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $I = 10^{-4} \text{ W m}^{-2}$
- B. $I = 10^4 \text{ W m}^{-2}$
- C. $\varepsilon = 6,7 \times 10^{-8} \text{ J m}^{-3}$
- D. $\varepsilon = 0,15 \text{ J m}^{-3}$
- E. $\varepsilon = 6,7 \text{ J m}^{-3}$

Question 4 On repère un groupe de 4 baleines qui chantent simultanément. La taille du groupe est petite devant la distance qui le sépare d'un hydrophone. On note I_{tot} l'intensité et L_{tot} le niveau sonore que l'hydrophone reçoit du groupe et I l'intensité qu'il recevrait d'un seul individu. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $I_{\text{tot}} = I / 4$
- B. $I_{\text{tot}} = 4I$
- C. $\log(I_1 / I) = (L_1 - L_{\text{tot}}) / 10 - 2 \log(2)$
- D. $\log(I_1 / I) = (L_1 - L_{\text{tot}}) / 20 - 2 \log(2)$
- E. $\log(I_1 / I) = (L_1 - L_{\text{tot}}) / 10 + 2 \log(2)$

Question 5 Calculer la portée D_m d'un hydrophone à un tel groupe, c'est-à-dire la distance maximale à laquelle l'hydrophone peut détecter le son du groupe. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $D_m = 0.1 \text{ km}$
- B. $D_m = 1 \text{ km}$
- C. $D_m = 5 \text{ km}$
- D. $D_m = 20 \text{ km}$
- E. $D_m = 100 \text{ km}$

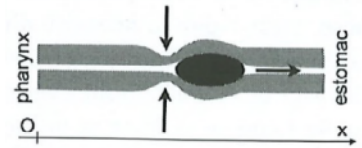
Question 7 Il s'intéresse aussi à l'impédance acoustique Z'_a de l'air emprisonné dans le sac à cette profondeur par rapport à l'impédance $Z_a = 410 \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ de l'air autour de lui.

Laquelle des propositions suivantes est exacte :

- A. $Z'_a / Z_a = 32$
- B. $Z'_a / Z_a = 12$
- C. $Z'_a / Z_a = 10$
- D. $Z'_a / Z_a = 1$
- E. $Z'_a / Z_a = 0,1$

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 16 Calculer la fréquence ν , la longueur d'onde λ , la pulsation ω et le vecteur d'onde k de l'onde de surpression. **Laquelle (lesquelles) des propositions suivantes est (sont) exacte(s) :**

- A. $\nu = 0,20 \text{ Hz}$
- B. $\omega = 1,57 \text{ rad / s}$
- C. $\lambda = 15 \text{ cm}$
- D. $\lambda = 12 \text{ cm}$
- E. $k = 25 \text{ rad / m}$

Question 17 Ecrire l'équation d'évolution de la surpression $\Delta p(x,t)$ en un point d'abscisse x au temps t pour l'onde sinusoïdale fondamentale. **Laquelle des propositions suivantes est exacte :**

- A. $\Delta p(x,t) = \Delta p_a \sin \left[2\pi \Delta T \left(t + \frac{x}{c} \right) \right]$
- B. $\Delta p(x,t) = \Delta p_a \sin \left[\frac{2\pi}{\Delta T} (ct - x) \right]$
- C. $\Delta p(x,t) = \Delta p_a \sin \left[\frac{2\pi}{\Delta T} \left(t - \frac{x}{c} \right) \right]$
- D. $\Delta p(x,t) = \Delta p_a \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\Delta T} + cx \right) \right]$
- E. $\Delta p(x,t) = \Delta p_a \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{\Delta T} - \frac{x}{c} \right) \right]$

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	$4,852 \times 10^8$