Correction e3a-polytech 2021 PC partie Physique

Partie I - Homéothermie des phoques.

Q1. Nom de λ : conductivité thermique.

Dimension $\left[\lambda = \frac{puissance\ L^{-2}}{température L^{-1}} = \frac{puissance}{température\ L} = MLT^{-3}\theta^{-1}\right]$.

Elle peut donc s'exprimer en W m^{-1} K^{-1} ou en kq m s^{-3} K^{-1}.

L'énergie thermique va des zones chaudes vers les zones froides conformément au second principe de la thermodynamique.

Q2. En utilisant la loi de Fourier $\frac{d(r j_d(r))}{dr} = \frac{d}{dr}\left(r\lambda\frac{dT}{dr}\right) = 0$

En intégrant une fois $r\frac{dT}{dr} = cste = k$ et une seconde fois $T(r) = k\ln\left(\frac{r}{r_1}\right) + T_1$ en tenant compte d'une condition aux limites. En tenant compte de l'autre condition limite, $T(r) = T_1 + \frac{T_2-T_1}{ln\frac{r_2}{r_1}}\ ln\frac{r}{r_1}$

Q3. D'après la loi de Fourier,

$$\varphi(r) = -2\pi rL\lambda\frac{dT}{dr} = -\frac{T_2-T_1}{ln\frac{r_2}{r_1}}2\pi L\lambda = \frac{T_1-T_2}{ln\frac{r_2}{r_1}}2\pi\lambda L \text{ indépendante de r.}$$

Q4. Par définition la résistance thermique vaut $R = \frac{T_1-T_2}{\varphi}$ ce qui donne $R = \frac{1}{2\pi\lambda L}\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$.

Q5. La perte d'énergie en τ = 1 jour est assimilée à la quantité :

$$\varphi\tau = \frac{\theta_{eq}-\theta_0}{R}\tau = 2\pi\lambda \mathrm{L}\frac{\theta_{eq}-\theta_0}{Ln(\frac{\mathrm{r}}{\mathrm{r-e}})}\tau$$

Application numérique : 9 400 kJ par jour.

Le poisson lui apporte une énergie suffisante avec un gain quotidien de 18 400 kJ par jour.

Q6. Ses dimensions sont divisées par 2,5 donc son volume par $(2{,}5)^3$et si on admet que sa masse volumique reste la même sa masse est aussi divisée par $(2{,}5)^3$.

On obtient $m = \frac{150}{(2{,}5)^3} = 9{,}6$ kg.

La nouvelle résistance est une association série de deux résistances (celle de la graisse et celle du duvet) $R = R' + R'' = \frac{2{,}5}{2\pi\lambda L}\ln\left(\frac{r\prime}{r\prime-e\prime}\right) + \frac{2{,}5}{2\pi L\lambda\prime\prime}\ln\left(\frac{r\prime+e"}{r\prime}\right)$.

En passant à l'application numérique on obtient R' = 0,793 K W^{-1} et R'' = 2,37 K W^{-1}

L'énergie perdue p en 1 jour par le petit phoque vaut donc $\frac{\theta_{eq}-\theta_0}{R}\tau = 935$ kJ. La consommation du bébé phoque doit être égale à $m = \frac{935}{4600} + 0{,}5 = 0{,}7$ Kg par jour.

Sans duvet protecteur la résistance aurait valu $R' = \frac{2,5}{2\pi\lambda L}\ln\left(\frac{r}{r-e}\right)$ = 0,793 K W^{-1}. L'énergie supplémentaire perdue par le petit phoque sans duvet vaudrait donc $\frac{\theta_{eq}-\theta_0}{R}\tau\left(\frac{R''}{R'}\right) = 2825\ \mathrm{kJ}$ ce qui fait environ 600 g de poisson de plus par jour.

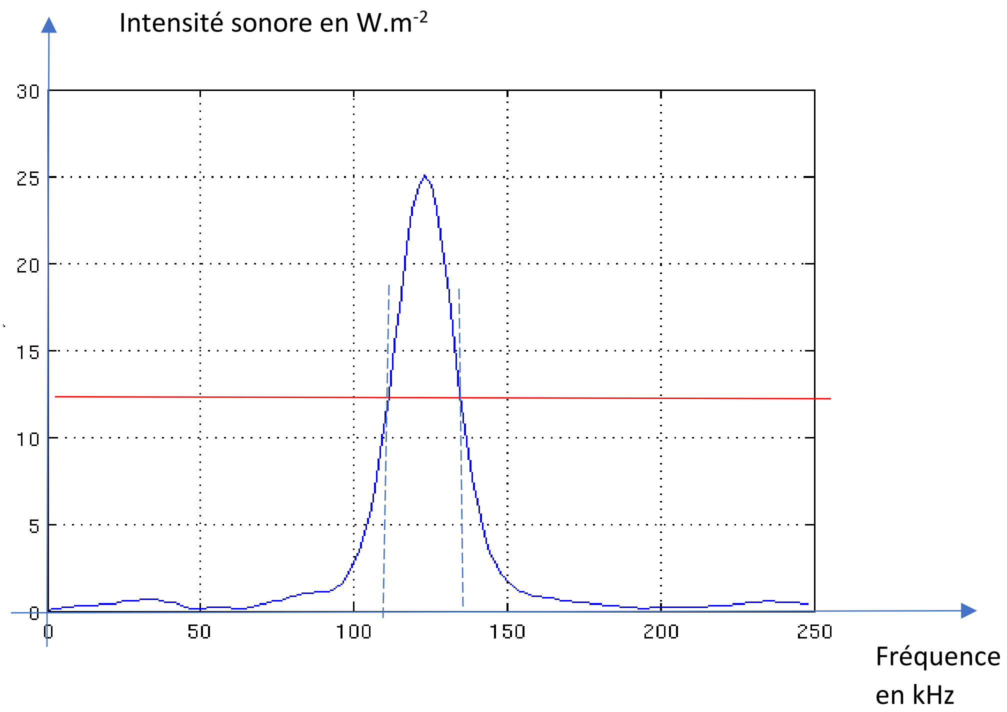
Partie II Echolocalisation des dauphins

Q7. Dans le cadre de l'approximation acoustique, on considère un état « voisin » de l'état de l'équilibre : la modification de la pression, celle de la masse volumique et la vitesse sont considérés comme petits. On travaille au premier ordre de développement.

D'après l'étude dimensionnelle de l'équation de D'Alembert ce coefficient est homogène au carré d'une vitesse.

Q8. $\mathrm{c} = 1\ 400\ \mathrm{m\ s^{-1}}$ valeur plus grande que celle dans l'air.

Q9.



- Entre 100 Hz et 200 kHz dans le domaine des ultrasons. Sur la **figure 4**, on peut noter que la largeur spectrale à mi-hauteur (bande passante) est à peu près $[110\ \mathrm{kHz}; 135\ \mathrm{kHz}]$ ce qui donne un temps de cohérence de la source de l'ordre de $\tau_c = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{25} = 40\ \mu s.$
- Sur la **figure 5** on voit que la durée du « clic » est de $\delta t = 90\mu s$ en r_0, donc du même ordre que la durée de cohérence.
- On en déduit la longueur de cohérence temporelle de la source :
  $\mathrm{L}_c = c\tau_c = 1400 \cdot 4 \cdot 10^{-5}\mathrm{m} = 5,6\ \mathrm{cm}$
- Ordres de grandeur très différents de l'optique !

Q10. Ecrivons la loi de Laplace entre l'état (x, V+sx, P_{ext}) et l'état (x+ξ, V+sx+sξ, P_{ext}+p) du gaz à droite : $P_{ext}V^{\gamma}(1+\frac{sx}{V})^{\gamma}=(P_{ext}+p)V^{\gamma}(1+\frac{sx+s\xi}{V})^{\gamma}$.

On obtient au premier ordre la relation demandée.

Deuxième loi de Newton $(\rho\ \delta x\ s)\frac{d^2\xi}{dt^2}=ps=-\gamma\frac{s^2\xi}{V}P_{ext}$

$$\frac{d^2\xi}{dt^2}+\gamma\frac{s}{\rho\ \delta x\ \ V}P_{ext}\xi=0.$$

La pulsation caractéristique de la solution est $\omega=\sqrt{\frac{\gamma s P_{ext}}{\rho\ \delta x\ \ V}}$

et donc la fréquence $f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\gamma s P_{ext}}{\rho\ \delta x\ \ V}}$

Q11. En exploitant la formule de décroissance de l'intensité $\alpha=\frac{Ln\,2}{50}=1{,}4.10^{-2}$

Le rapport de la surpression à la vitesse peut s'exprimer en Pa s m^{-1} (ou kg m^{-2} s^{-1}).

On obtient R = $3{,}9.10^{-4}$.

On aura $\mathrm{Q}=\exp(-\alpha r)\,Rexp(-\alpha r)=4{,}8.10^{-5}$.

D'après la formule de l'effet Doppler, avec cos Θ = 1, $\mathrm{U}=\frac{c}{2}\frac{\delta f}{f}$ = 5,6 m s^{-1}.

Partie III - Migration des baleines.

Q12. En utilisant le fait que les lignes sont en tout point tangentes au champ $\vec{B}$ on peut écrire $\frac{d\rho}{2\cos\theta}=\frac{\rho d\theta}{sin\theta}$ soit en intégrant $\rho=k(\sin\theta)^2$. On retrouve l'allure indiquée par la **figure 10.**

D'après l'orientation des lignes de champ (**figure 10)** le moment de la Terre pointe vers le pôle Sud magnétique.

Une boussole, qui est elle-même un dipôle, subit un couple $\Gamma=\overrightarrow{m_{boussole}}\wedge\overrightarrow{B_{terre.}}$ La boussole va donc s'aligner sur les lignes du champ (moment nul) montrant ainsi la direction locale du champ magnétique. Son pôle plus pointant vers le pôle sud magnétique. Si on regarde l'autre extrémité de la boussole elle pointe vers le nord magnétique peu éloigné du pôle Nord géographique (distance voisine de 6400 .11π/180).

Q13. Pour la norme du champ magnétique $B=\mathrm{M}\frac{\mu_0}{4\pi R^3}\sqrt{4\cos^2\theta+\sin^2\theta}$ avec $\theta=169$ ° et on en déduit $\mathrm{M}=\frac{4\pi R^3 B}{\mu_0\sqrt{4\cos^2\theta+\sin^2\theta}}=8\cdot10^{22}\ \mathrm{A\,m^2}$.

Q14. La variation relative d'énergie potentielle vaut $\frac{B_1-B_0}{B_0}$ donc une variation relative de $-0{,}20\ ou\ de+0{,}40$. Si on le ramène en linéaire cela donne 0,025 % par km et 0,05% par km. Les baleines ont deux fois plus de chance d'être déroutées dans les zones Antarctiques que vers l'Argentine (cas limite).