

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2023**

## SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

**JOUR 1**

Durée de l'épreuve : **4 heures**

Partie sciences de l'ingénieur : durée indicative de **3 h** - Coefficient : **12**

Partie sciences physiques : durée indicative de **1 h** - Coefficient : **4**

*L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.*

*L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.*

**Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.**

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 23 pages numérotées de 1/23 à 23/23.

**Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.**

<b>Partie 1 - Sciences de l'ingénieur</b>	20 points
<b>Partie 2 - Sciences Physiques</b>	20 points

**Partie 1 : les documents réponses DR1 à DR3 (pages 18 à 20) sont à rendre avec la copie.**

## Partie 2 : Sciences physiques

### EXERCICE A - Comment s'entendre le jour de la fête de la musique ? (10 points)

Deux personnes se rencontrent lors de la fête de la musique pour assister à un concert. L'objectif de cet exercice est de savoir si elles pourront discuter et s'entendre facilement pendant l'animation musicale.

#### Données

- Intensité sonore de référence dans l'air :  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
- Dans le cas de deux émissions sonores simultanées dont les niveaux d'intensité sonores sont séparés de plus de 8,0 dB, on considèrera que le son le plus faible ne gêne pas l'audition du son le plus fort.
- Modèle de l'atténuation géométrique pour une source ponctuelle : l'intensité sonore  $I$  (en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) à une distance  $d$  (en m) de la source est reliée à la puissance sonore  $P$  (en W) de cette source par la relation :  $I = \frac{P}{4\pi \times d^2}$

#### Première partie

Au cours de la fête de la musique, un groupe de rock anime la place du village. Les haut-parleurs sont modélisés par une source acoustique ponctuelle d'ondes sphériques, de puissance sonore  $P = 1,0 \times 10^{-3} \text{ W}$ .

Une personne se trouve debout à une distance  $d = 5,0 \text{ m}$  de la source sonore musicale.

1. Calculer l'intensité acoustique  $I_1$  reçue par cette personne.
2. En déduire le niveau d'intensité sonore  $L_1$  perçu.

Une deuxième personne vient à 1 m de la première pour discuter avec elle. Les deux personnes sont chacune à la même distance  $d$  du haut-parleur. La conversation à deux est de niveau d'intensité sonore moyen  $L_{\text{conv}} = 70 \text{ dB}$ . Au même moment, le niveau sonore musical perçu par les deux personnes est  $L_2 = 65 \text{ dB}$ .

3. Déterminer quel doit être le niveau d'intensité sonore maximal  $L_{\text{max}}$  en provenance des haut-parleurs et perçu par les deux personnes pour que celles-ci puissent s'entendre sans être gênées par la musique. En déduire si les deux personnes peuvent communiquer aisément.
4. Montrer que l'intensité acoustique maximale correspondant à  $L_{\text{max}}$  est  $I_{\text{max}} = 1,6 \times 10^{-6} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  environ.

Comme il n'est pas possible de demander aux musiciens de jouer moins fort, les deux personnes décident de s'éloigner du groupe.

5. Justifier ce choix en indiquant le type d'atténuation d'une onde sonore mis en œuvre ici.
6. En déduire la distance minimale que doivent parcourir les deux personnes pour tenir une discussion normale sans être du tout gênées et donc obligées de forcer leurs voix.  
*Les candidats sont invités à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.*

## EXERCICE B - Combien de temps avant l'hypothermie ? (10 points)

Wim Hof, surnommé « l'homme de glace » est internationalement connu pour avoir battu plusieurs records du Guinness d'exposition au froid extrême. Il a établi le record du monde du temps le plus long au contact direct du corps avec la glace. Il a réitéré 16 fois l'exploit. Son record le plus long a une durée de 1 heure 53 minutes et 2 secondes en 2013.

L'objectif de cet exercice est d'estimer le temps pendant lequel une personne peut rester dans de l'eau froide avant d'atteindre l'hypothermie.

On considère une personne de masse  $m = 75$  kg plongeant en maillot de bain dans une eau glacée où règne une température notée  $\theta_{\text{eau}} = 2,8$  °C, considérée comme constante.

On supposera que la température du plongeur est uniforme, c'est-à-dire identique en tous points de son corps. Elle évolue au cours du temps et sera notée  $\theta_{\text{int}}(t)$ .

Le corps humain est naturellement réchauffé par de l'énergie produite par son métabolisme et représentée par un flux thermique constant de  $1,0 \times 10^7$  J par jour.

Les échanges thermiques entre le plongeur et l'eau seront modélisés par des échanges de type conducto-convectifs décrits par la loi phénoménologique de Newton :

$$\Phi(t) = h \times S \times (\theta_{\text{eau}} - \theta_{\text{int}}(t))$$

avec  $\Phi(t)$  en W : le flux thermique conducto-convectif

$S = 1,9$  m<sup>2</sup> : surface de contact du plongeur avec l'eau

$h = 100$  W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup> : coefficient de transfert thermique

### Données

- Capacité thermique massique du corps humain :  $c = 3,5 \times 10^3$  J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.
- L'hypothermie est un phénomène au cours duquel une baisse anormale de la température d'un être vivant à sang chaud ne permet plus d'assurer correctement ses fonctions vitales. Pour l'être humain :
  - de 34 à 35 °C, l'hypothermie est modérée,
  - de 30 à 34 °C, l'hypothermie est moyenne,
  - en dessous de 30 °C, l'hypothermie est grave.

1. Montrer que la puissance dissipée par le métabolisme, à flux constant, est  $P_{\text{th}} = 0,12$  kW environ.
2. Montrer que les échanges thermiques entre le plongeur et son environnement pendant une petite durée  $\Delta t$  est donnée par la relation :  $Q = P_{\text{th}} \times \Delta t + \Phi(t) \times \Delta t$ . Donner le signe de  $\Phi(t)$ .
3. En utilisant le premier principe de la thermodynamique et en considérant le plongeur comme un système fermé incompressible, déterminer la relation donnant la variation de l'énergie interne  $\Delta U$  du plongeur en fonction de sa masse  $m$ , de sa capacité thermique massique  $c$  et de la variation de sa température  $\Delta\theta_{\text{int}}$ .

4. Montrer, par le bilan d'énergie précédent, que la température, supposée uniforme,  $\theta_{\text{int}}(t)$  du plongeur vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta_{\text{int}}(t)}{dt} + \frac{\theta_{\text{int}}(t)}{\tau} = \frac{\theta_{\text{eau}}}{\tau} + \frac{P_{\text{th}}}{m \times c} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{m \times c}{h \times S}$$

5. Montrer que la constante  $\tau$  peut s'exprimer en secondes et déterminer sa valeur.

La solution de l'équation différentielle est :

$$\theta_{\text{int}}(t) = 33,6 \times e^{-\frac{t}{1,4 \times 10^3}} + 3,42 \quad \text{avec } t \text{ en s et } \theta_{\text{int}} \text{ en } ^\circ\text{C}.$$

6. Déterminer la durée maximale de plongée envisageable avant d'atteindre l'hypothermie grave.

7. Critiquer le modèle simplifié utilisé ici pour expliquer le record de Win Hof.