

CLASSE : Terminale

EXERCICE II : au choix du candidat (10 points)

VOIE :  Générale

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ: Sciences de l'ingénieur- Partie Sciences physiques

DURÉE DE L'EXERCICE : 30 min

CALCULATRICE AUTORISÉE :  Oui « type collège »**EXERCICE II - COMBIEN DE TEMPS UN PARAPENTISTE PEUT-IL RESTER EN VOL AVANT D'ÊTRE EN DANGER D'HYPOTHERMIE ?**

*Mots clés : premier principe de la thermodynamique, transfert thermique, évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat*

Un parapentiste, de masse  $m = 75,3$  kg, vole à une altitude stabilisée de 2 450 m à laquelle règne une température  $\theta_{\text{air}} = 10,8$  °C considérée comme constante.

Pour simplifier, la température du parapentiste est supposée uniforme, c'est-à-dire identique en tous points de son corps. Sa température évolue au cours du temps et sera notée  $\theta(t)$ .

Le parapentiste est naturellement réchauffé par de l'énergie produite par son métabolisme et représentée par un flux constant :  $P_{th} = 116$  W.

Les échanges thermiques entre l'air et le parapentiste sont de type conducto-convectifs. Ils peuvent alors être modélisés par la loi phénoménologique de Newton

$\Phi_{cc}(t) = h \times S \times (\theta_{\text{air}} - \theta(t))$  avec  $S$  la surface de contact du parapentiste avec l'air et  $h$  le coefficient de transfert thermique.

**Données :**

- coefficient de transfert thermique de l'air :  $h = 100$  W·m<sup>-2</sup>·K<sup>-1</sup>
- surface d'échange entre le parapentiste et l'air :  $S = 1,9$  m<sup>2</sup>
- 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 homéotherme (« 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, hypothermie est moyenne ;
  - en dessous de 30 °C, hypothermie est grave.

1. Après avoir indiqué le sens du transfert thermique entre l'air et le parapentiste, démontrer, en expliquant précisément le raisonnement, la relation :

$$\Delta U = P_{th} \times \Delta t + \Phi_{cc} \times \Delta t$$

où  $\Delta U$  est la variation d'énergie interne du parapentiste pendant une durée suffisamment courte  $\Delta t$ .

2. Montrer que la température, supposée uniforme, ( $\theta$ ) du parapentiste vérifie l'équation différentielle suivante :

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau} \theta = \frac{\theta_{air}}{\tau} + \frac{P_{th}}{m \times c}$$

avec  $\tau = 1,4 \times 10^3$  s

Donner l'expression littérale de  $\tau$  et vérifier sa valeur fournie ci-dessus.

On considère qu'à  $t = 0$ ,  $\theta(0) = 37$  °C à 2 450 m.

La température de l'air à cette altitude est de  $\theta_{air} = 10,8$  °C.

3. Montrer que l'expression de la température du système en fonction du temps a pour expression :

$$\theta(t) = 25,6 \times e^{-\frac{t}{1,4 \times 10^3}} + 11,4$$

avec  $t$  en s et  $\theta$  en °C

4. Déterminer la durée maximale de vol envisageable avant d'atteindre l'hypothermie grave. Commenter en critiquant les hypothèses retenues.