

# BCPST 1C - Devoir Surveillé n°9

Mercredi 27 mai 2026 – 2h00

Usage de la calculatrice : interdit

Toute réponse doit être justifiée. Tout résultat final doit être mis en valeur.

On attend un résultat littéral préalablement à toute application numérique, ainsi que des réponses concises mais précises.

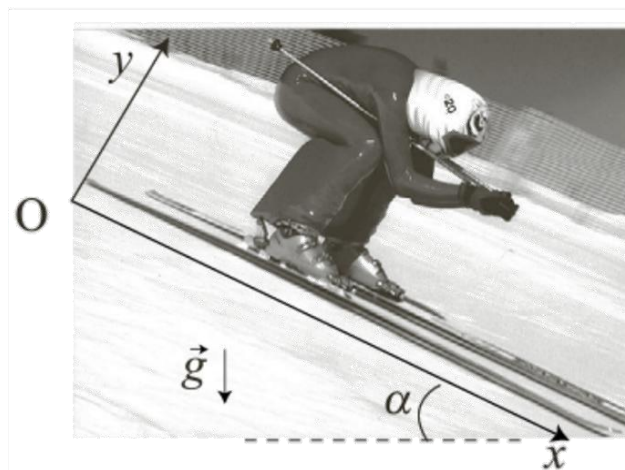
Les 4 exercices sont indépendants et peuvent être traités dans l'ordre de votre choix

## ♣ PHYSIQUE 01 : Descente à ski

(≈ 25 % du barème)

Un skieur de masse  $m = 100 \text{ kg}$  s'élance sans vitesse initiale du sommet  $O$  d'une piste rectiligne inclinée d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale. Au bout d'un certain temps, il atteint une vitesse limite.

Le skieur est assimilé à son centre d'inertie  $G$  dont la position est repérée sur un axe  $(Ox)$  de même direction que la ligne de plus grande pente et orienté dans le sens du mouvement. On note  $(Oy)$  l'axe perpendiculaire au plan incliné et orienté vers le haut. Les vecteurs  $\vec{u}_x$  et  $\vec{u}_y$  sont des vecteurs unitaires dirigés respectivement selon les axes  $(Ox)$  et  $(Oy)$ .



Dans la suite, on considère que le champ de pesanteur est uniforme ( $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$ ) et que les normes  $\|\vec{R}_T\|$  et  $\|\vec{R}_N\|$  des composantes tangentielle et normale de la neige sur les skis vérifient la relation :  $\|\vec{R}_T\| = f_D \times \|\vec{R}_N\|$  avec  $f_D = 0,10$  le coefficient de frottement dynamique.

Dans un premier temps, on néglige les frottements exercés par l'air.

- 1- En appliquant le principe fondamental de la dynamique, montrer que  $R_T = f_D \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$ .
- 2- En déduire l'expression de la vitesse  $v(t)$  du skieur en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $\alpha$ ,  $f_D$  et  $t$ .
- 3- Pourquoi cette expression n'est-elle pas compatible avec la possibilité d'atteindre une vitesse limite ?

Dans un second temps, on ne néglige plus les frottements exercés par l'air. On les modélise par une force de frottement  $\vec{F} = -k \cdot \vec{v}$  où  $k = 10 \text{ kg.s}^{-1}$  est une constante positive.

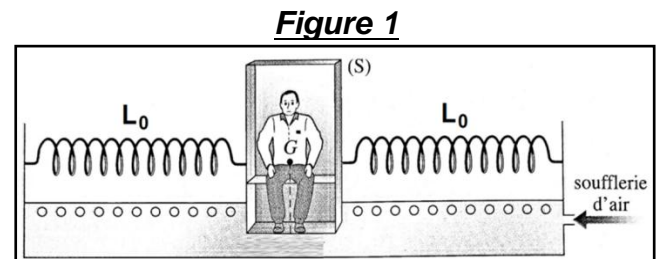
- 4- Etablir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse  $v(t)$  du skieur dans ce nouveau modèle (l'expression de  $R_T$  fournie en question 1- est toujours valable).
- 5- En déduire l'expression de la vitesse limite  $v_{lim}$  atteinte par le skieur en fonction de  $m$ ,  $g$ ,  $\alpha$ ,  $f_D$  et  $k$  (la résolution de l'équation différentielle n'est pas nécessaire). Faire l'application numérique.
- 6- Estimer la durée  $\Delta t_{lim}$  nécessaire au skieur pour atteindre cette vitesse limite.

## ♣ PHYSIQUE 02 : Préparation des astronautes (≈ 35 % du barème)

### ● PARTIE A : Pesée des astronautes

La mesure de sa masse est un des éléments du bilan médical auquel doit s'astreindre un astronaute. Mais comment se peser dans une station spatiale où règne l'impesanteur est où l'utilisation d'un pèse-personne n'est donc plus possible ?

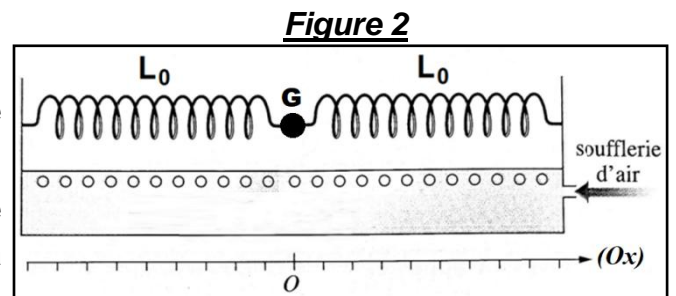
Les scientifiques ont imaginé le dispositif de la **Figure 1** : l'astronaute de masse  $M$  prend place dans une cabine mobile de masse  $m_C = 20,0$  kg qui peut se déplacer le long d'un rail à coussin d'air sans aucun frottement. La cabine oscille librement sous l'action de deux ressorts de longueur à vide  $L_0$  et de constante de raideur  $k = 2,00 \cdot 10^3$  N.m<sup>-1</sup>.



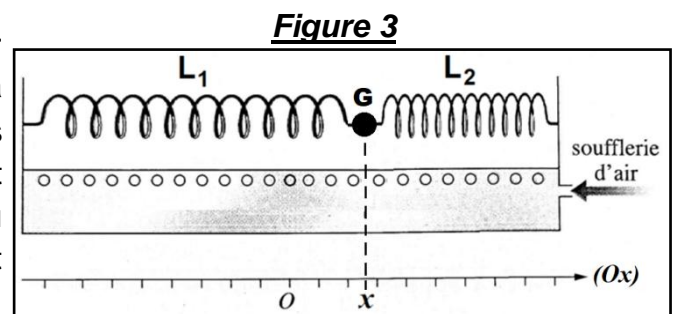
Dans la suite :

# on suppose le système {cabine + astronaute} comme ponctuel et on le représente par son centre d'inertie  $G$ .

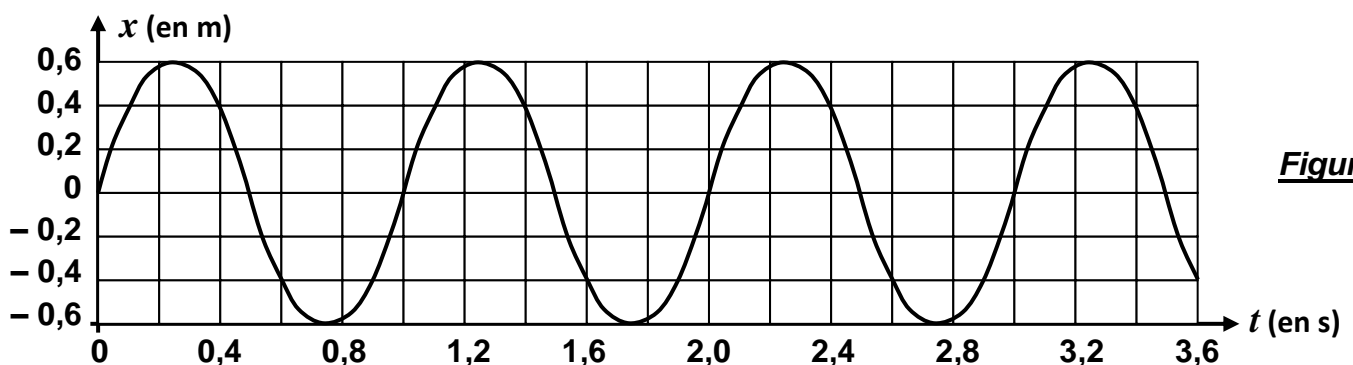
# on définit un axe  $(Ox)$  horizontal orienté vers la droite (vecteur unitaire  $\vec{u}_x$ ) dont l'origine est confondue avec la position de  $G$  quand les deux ressorts ont leur longueur à vide  $L_0$  (**Figure 2**).



Pour tester le dispositif sur Terre, l'astronaute s'installe dans la cabine. A  $t = 0$ , le système {cabine + astronaute} est à une abscisse  $x_0 = 0$  et est poussé vers la droite avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0 = v_0 \vec{u}_x$  : il décrit alors des oscillations sur le rail à coussin d'air. A un instant quelconque de sa course, on note  $L_1$  la longueur du ressort de gauche,  $L_2$  la longueur du ressort de droite et  $x$  l'abscisse du centre d'inertie  $G$  (**Figure 3**).



On obtient la courbe de la **Figure 4**, qui représente la position  $x$  du centre d'inertie du système au cours du temps.

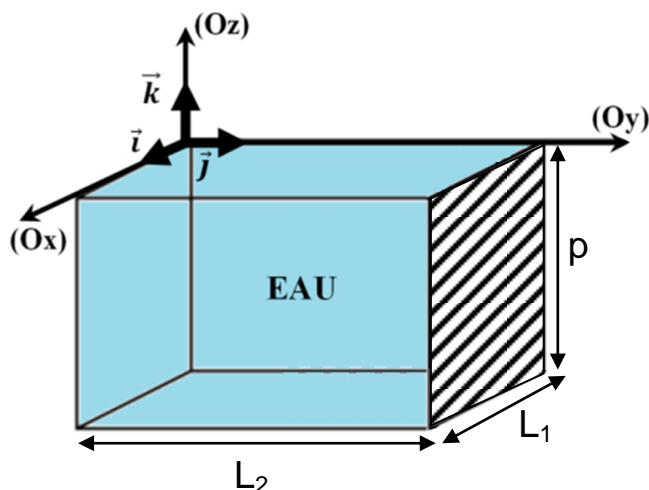


**Figure 4**

- 1- Faire un bilan des forces subies par le système {cabine + astronaute} pendant les oscillations et les représenter sur le schéma de la **Figure 3** à reproduire sur votre copie (en le simplifiant).
- 2- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par  $x$  est :  $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{2k}{m_C + M} x = 0$ .
- 3- Résoudre cette équation différentielle pour trouver l'expression temporelle de  $x(t)$  dans laquelle devront apparaître la constante  $v_0$  et la pulsation propre  $\omega_0$  à définir.
- 4- Exploiter le graphique de la **Figure 4** pour déterminer la valeur de la masse  $M$  de l'astronaute (*Aide au calcul* :  $\pi^2 \approx 10$ ).

### ● PARTIE B : Entraînement des astronautes

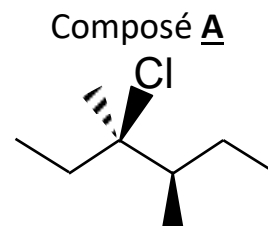
Afin de se préparer aux sorties extravéhiculaires, les astronautes qui rejoindront la station spatiale internationale s'entraînent sur Terre, dans d'immenses bassins prévus à cet effet. Les astronautes, vêtus de combinaisons spatiales, plongent vers une maquette de l'ISS immergée dans la piscine d'entraînement de profondeur  $p = 12$  m, de largeur  $L_1 = 30$  m et de longueur  $L_2 = 60$  m. On supposera pour l'étude que le champ de pesanteur est uniforme ( $g \approx 10 \text{ m.s}^{-2}$ ).



- 5- Montrer que dans l'eau, la pression vérifie la relation :  $P(z) = P_0 - \rho_{\text{eau}} \cdot g \cdot z$  où  $P_0$  est la pression atmosphérique ( $P_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ) et  $\rho_{\text{eau}}$  la masse volumique de l'eau.
- 6- En déduire l'expression vectorielle de la force pressante  $\vec{F}_B$  exercée par l'eau sur la face hachurée du bassin.

### ♣ Chimie 01 : Réactions classiques (≈ 25 % du barème)

Le composé **A** représenté ci-contre est traité à température ambiante par une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ ,  $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) dans l'éthanol.



- 1- Nommer le composé **A** en précisant la configuration de ses carbones asymétriques (indiquer sans justifier la priorité de chaque substituant sur une représentation de la molécule).
- 2- A l'aide du formalisme des flèches courbes, écrire les deux mécanismes réactionnels possibles. En déduire la formule topologique du(des) produit(s) obtenu(s) pour chaque mécanisme.
- 3- Le mélange réactionnel final sera-t-il optiquement actif ? Une réponse est attendue pour chaque mécanisme.
- 4- Lequel de ces mécanismes est ici le plus probable ?

L'analyse polarimétrique montre que le mélange réactionnel contient  $x_B = 60$  % d'un produit **B** et  $x_C = 40$  % d'un produit **C**, ce qui implique que les deux mécanismes réactionnels ont eu lieu.

- 5- Identifier **B** et **C** parmi les produits obtenus à la question 2-.
- 6- En déduire quelle proportion de molécules **A** a subi quel mécanisme (on notera  $x_1$  et  $x_2$  ces proportions et on les exprimera en fonction de  $x_B$  et  $x_C$  avant de procéder au calcul).

Le composé **A** a été obtenu à partir d'un alcène **X**.

- 7- Ecrire la formule topologique de tous les alcènes qui pourraient convenir et préciser le réactif à rajouter et les conditions opératoires (aucun mécanisme réactionnel n'est demandé).

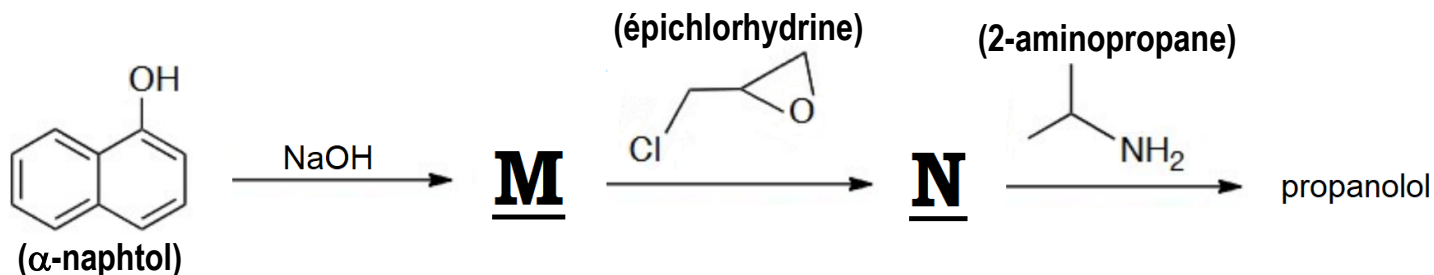
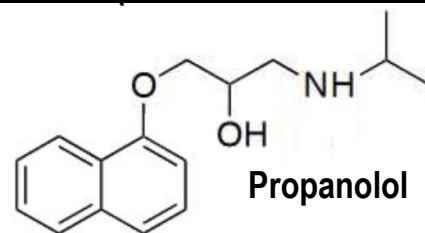
Le composé **A** est introduit progressivement dans une solution d'éther anhydre contenant des copeaux de magnésium. Il se forme un composé organique **D**.

- 8- Ecrire la formule topologique du composé organique **D** : on précisera à quelle famille de molécules organiques il appartient, l'intérêt de travailler avec un solvant anhydre et une autre condition opératoire qu'il faut respecter lors de sa synthèse.

## ♣ Chimie 02 : Synthèse du propanolol (≈ 15 % du barème)

Le *Tenormine* est un médicament bêta-bloquant qui a pour rôle de diminuer la pression sanguine afin d'éviter l'hypertension. Son principe actif est le propanolol représenté ci-contre.

La synthèse du propanolol est effectuée à partir du  $\alpha$ -naphthol selon le schéma réactionnel ci-dessous :



La transformation de l' $\alpha$ -naphthol en composé **M** est une réaction acido-basique entre l'hydroxyde de sodium NaOH et le groupe hydroxyle du  $\alpha$ -naphthol.

- 1- A l'aide du formalisme des flèches courbes, écrire un mécanisme réactionnel en une étape pour la transformation  $\alpha$ -naphthol  $\rightarrow$  **M**. En déduire la formule topologique du composé organique **M**.

Le composé **M** est traité par l'épichlorhydrine : on obtient le composé **N** de formule brute  $\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{O}_2$  dans lequel le cycle époxyde de l'épichlorhydrine est conservé.



- 2- A l'aide du formalisme des flèches courbes, écrire un mécanisme réactionnel pour la transformation **M**  $\rightarrow$  **N** (justifier le type de mécanisme envisagé). En déduire la formule topologique du composé organique **N**.

Le composé **N** est traité par le 2-aminopropane : on obtient le propanolol par un mécanisme en deux étapes :

# Première étape : substitution nucléophile de type  $\text{S}_{\text{N}}2$  sur le cycle époxyde présent dans **N**.

# Seconde étape : réaction acido-basique intramoléculaire.

- 3- En justifiant, identifier les sites électrophiles du cycle époxyde présent dans **N**. Lequel doit être attaqué par le 2-aminopropane pour conduire au propanolol ? Proposer une explication à cette régiosélectivité.
- 4- A l'aide du formalisme des flèches courbes, écrire le mécanisme réactionnel en deux étapes de la transformation **N**  $\rightarrow$  **propanolol**.