

## Partie 1 Un extrait Agro-Véto 2024 op TB

## Partie C : Utilisation du carbone 11 comme radiotraceur

*Synthèse de l'Ibrutinib marqué*

Un radiotraceur est une molécule dans laquelle un atome stable a été remplacé par un isotope radioactif.

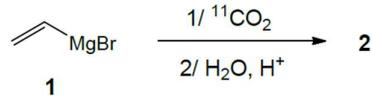
Cette molécule est ensuite introduite dans le corps humain et métabolisée par un organe cible. Il est alors possible, avec des détecteurs particuliers sensibles au rayonnement émis par le radiotraceur, de suivre cette molécule dans l'organisme.

On s'intéresse dans cette partie au carbone 11 qui est un isotope radioactif du carbone. Le carbone 11 possède un temps de demi-vie de 20 min, ce qui est relativement court.

Il est formé dans un cyclotron puis combiné avec le dioxygène de l'air pour former du dioxyde de carbone  $^{11}\text{CO}_2$ .

Il est possible d'intégrer le  $^{11}\text{C}$  dans une molécule organique en utilisant le  $^{11}\text{CO}_2$  comme réactif. En 2016, Shao et son équipe ont réalisé la synthèse de l'Ibrutinib marqué au  $^{11}\text{C}$ . Cette molécule est un médicament utilisé contre certains types de cancer.

L'étape permettant d'introduire le  $^{11}\text{C}$  dans la molécule organique est la suivante :



C1. Proposer une synthèse de **1** en une étape en indiquant les réactifs utilisés.

C2. Voici quelques solvants courants :

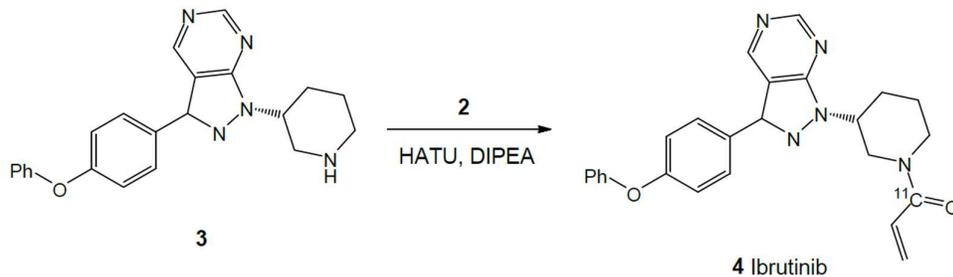
- éthanol ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ )
- diéthyléther ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$ )
- pentane ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ )

Indiquer parmi ces solvants lequel est utilisable pour la synthèse de **1**. Justifier votre réponse.

C3. Lors de cette synthèse, le solvant doit être anhydre. Préciser ce que cela signifie et illustrer par une équation bilan ce qui se produirait si ce n'était pas le cas.

C4. Donner la formule topologique de **2** et écrire le mécanisme de formation de **2** à partir de **1**.

Shao et son équipe réalisent ensuite l'étape suivante :

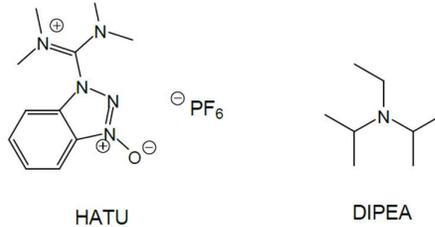


C5. Donner le nom du groupe fonctionnel créé dans la molécule 4.

C6. Les molécules 2 et 3 seules, ne peuvent pas donner 4. Proposer une explication.

C7. Donner des conditions qui permettent de réaliser cette réaction.

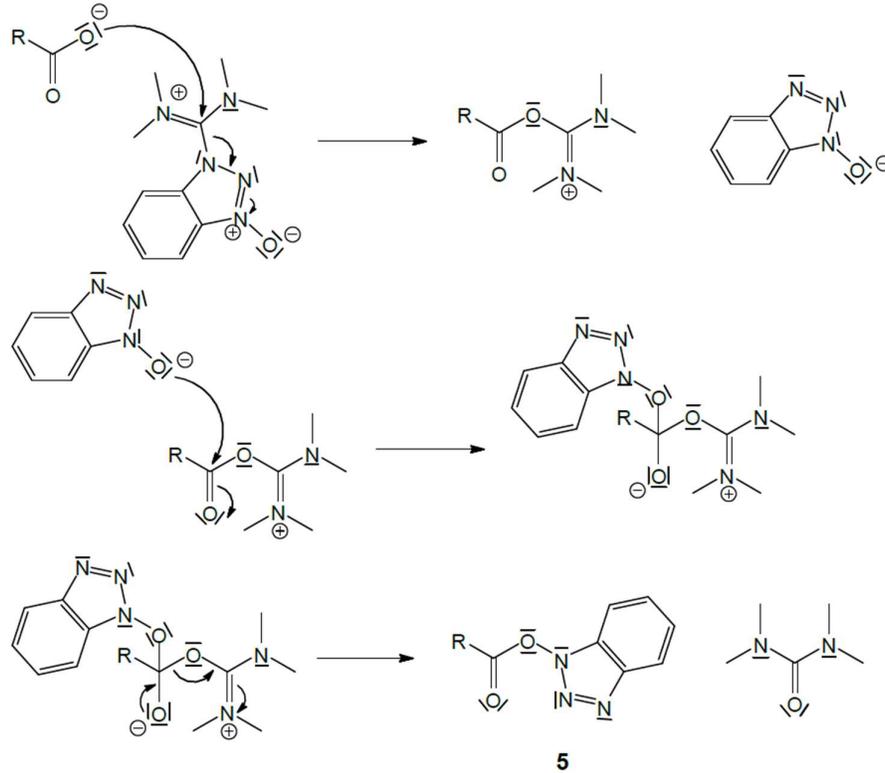
Shao et son équipe utilise le HATU en présence de DIPEA afin de réaliser la réaction. Cette méthode a été développée en 1993 par Carpino. Elle présente l'avantage de nécessiter des conditions très douces, puisque la réaction a lieu à température ambiante et sans précautions particulières.



La première étape consiste en une réaction entre 2 et la DIPEA.

C8. Indiquer la nature de cette réaction, écrire l'équation bilan et calculer la constante d'équilibre thermodynamique de cette réaction.

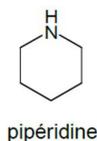
Il se produit ensuite la suite de réactions :



Le composé 3 réagit ensuite avec 5 pour former l'Ibrutinib 4.

C9. Indiquer l'intérêt de former le composé 5.

C10. Proposer un mécanisme pour la formation de 4. La molécule 3 sera simplifiée en pipéridine.



C11. Lors du mécanisme complet de passage de 3 à 4, on peut remarquer que la DIPEA et 3 sont deux fois en concurrence. Indiquer lors de quelles étapes et justifier le choix de la DIPEA.

## Partie 2 Cycle frigorifique

Le fluide d'une machine frigorifique subit des transformations cycliques. Au cours de ce cycle d'une durée  $d$ , le fluide prélève une énergie thermique  $Q_F$  à la source froide et fournit une énergie thermique  $Q_C$  à la source chaude. Le fluide reçoit aussi un travail  $W$  depuis un moteur électrique. Ces trois grandeurs sont **strictement positives**. La source chaude est à la température  $T_C$  et la source froide à la température  $T_F$ .

- 1 - Faire apparaître sur un schéma les échanges d'énergie mettant en jeu le fluide, les sources de chaleur et le moteur.
- 2 - Ecrire une relation entre  $W$ ,  $Q_C$  et  $Q_F$
- 3 - Ecrire l'inégalité de Clausius
- 4 - Définir l'efficacité  $e$  du cycle et donner son expression en fonction des seuls transferts thermiques  $Q_C$  et  $Q_F$ .
- 5 - Montrer que  $e$  est inférieure à une valeur que l'on précisera. Dans quel cas a-t-on l'efficacité maximale  $e_{\max}$  ?
- 6 - Peut-on refroidir la cuisine en laissant ouverte la porte du réfrigérateur ?
- 7 - La puissance du moteur électrique est de 200W. L'efficacité du cycle est de 63% de la valeur maximale. On met de l'eau liquide initialement à  $0^\circ\text{C}$  dans le compartiment à glace du réfrigérateur. Quelle masse de glace peut-on obtenir par seconde ?

Données :  $T_C=50^\circ\text{C}$  ;  $T_F=-5^\circ\text{C}$  ;

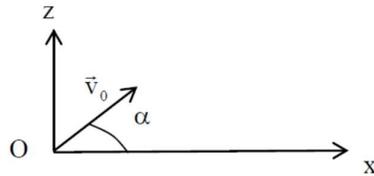
Enthalpie de fusion de la glace :  $L = 320 \text{ J/g}$ ,

durée d'un cycle  $d=10\text{s}$ .

- 8 - Le fluide frigorigène subit des changements d'état au cours du cycle. Expliquer brièvement l'importance de leur rôle et indiquer lequel a lieu à l'intérieur du réfrigérateur ?

### Extrait G2E 2014- 1.Mouvement d'un projectile

Un point matériel, de masse  $m$ , est lancé à l'instant initial du point  $O$  avec une vitesse initiale  $v_0$  faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale. Il n'est soumis qu'à son poids et le mouvement a lieu dans le plan  $(O,x,z)$ .



- 1.1. Déterminer les lois horaires  $x(t)$  et  $z(t)$ .
- 1.2. En déduire l'équation cartésienne  $z(x)$ . A quel type de courbe la trajectoire correspond-elle ?
- 1.3. Déterminer les coordonnées  $X$  et  $Z$  du sommet  $S$  de la courbe.
- 1.4. Soit  $I$  le point d'impact du projectile sur le sol.
  - 1.4.1. Exprimer la portée  $D = OI$  en fonction de  $v_0$ ,  $\alpha$  et  $g$ .
  - 1.4.2. Exprimer la durée  $T$  du mouvement entre  $O$  et  $I$ .
- 1.5. On donne  $v_0 = 180 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et  $\alpha = 45^\circ$ . Calculer  $Z$ ,  $D$  et  $T$ .

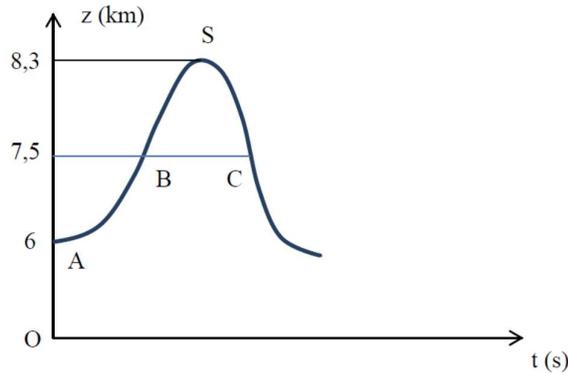
### 2. L'IMPESANTEUR

Un avion, l'Airbus 300 Zéro-G, se déplace dans un plan vertical.

Sa carlingue est équipée pour l'entraînement des astronautes à l'impesanteur.

Il y a impesanteur à l'intérieur de la carlingue, si l'avion n'est soumis qu'à son poids (chute libre sans frottement).

L'altitude de l'avion varie au cours du temps selon la courbe ci-dessous.



En B, sa vitesse est de  $180 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  avec un angle d'inclinaison  $\alpha = 45^\circ$  par rapport à l'horizontale. Le long du trajet BSC, les moteurs sont coupés.

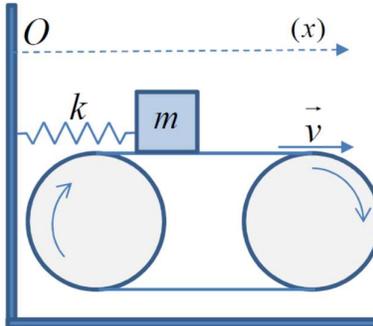
- 2.1. Préciser la trajectoire décrite sur le trajet BSC.
- 2.2. Calculer la durée  $t_{\text{BSC}}$  de l'impesanteur.

On prendra  $g=10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  pour les A.N.

### Partie 3 Un extrait G2E 2021

#### 5. L'OSCILLATEUR DE RELAXATION « STICK-SLIP » : UN MODELE SIMPLE EN GEOPHYSIQUE

Le coulisement entre deux plaques lithosphériques (faille transformante) peut être modélisé en première approximation par le dispositif suivant : un objet considéré comme ponctuel, de masse  $m$ , est posé sur un tapis roulant entraîné à une vitesse  $\vec{v}$  constante (par rapport au sol, considéré comme « fixe »). Cet objet, qui est choisi comme « système », est également relié à un point fixe par l'intermédiaire d'un ressort de raideur  $k$ . La position du centre de l'objet est repérée par son abscisse  $x$  (axe horizontal). A l'instant  $t=0$ , le ressort n'est pas tendu (il n'exerce aucune force sur ses extrémités), et l'abscisse de la masse est notée  $x_0$  (c'est la longueur à vide du ressort).



- 5.1. On constate que tant que l'intensité de la force de traction  $\vec{T}$  exercée par le ressort ne dépasse pas une valeur  $T_{\text{max}}$ , l'objet reste « collé », c'est-à-dire fixe par rapport au tapis. Exprimer alors la loi horaire  $x(t)$  durant cette phase. Ecrire une relation simple entre la force de frottement  $\vec{F}$  exercée par le tapis sur l'objet et la force  $\vec{T}$  exercée par le ressort. Justifier. En déduire la norme  $F(t)$  de la force exercée par le tapis sur l'objet.

Par contre dès que  $\|\vec{T}\|$  atteint la valeur  $T_{\text{max}}$ , l'objet « se décolle » et on considère qu'il glisse sans frottement sur le tapis :  $\vec{F}$  s'annule, et l'objet n'est plus soumis qu'à l'action du ressort.

- 5.2. A quel instant  $t_1$  (à exprimer en fonction de  $T_{\text{max}}, k$  et  $v$ ) l'objet décolle-t-il du tapis ? A quelle équation différentielle obéit la position  $x(t)$  de cet objet dans la phase qui suit ?
- 5.3. Justifier que l'on peut écrire la solution de cette équation différentielle sous la forme  $x(t) = x_0 + A \sin[\omega_0(t-t_1) + \alpha]$ , où  $A, \omega_0$  et  $\alpha$  sont des constantes. Exprimer  $\omega_0$  en fonction de  $k$  et de  $m$ . En tenant compte des conditions initiales, exprimer  $\tan \alpha$  en fonction de  $\omega_0$  et  $t_1$ , et  $A$  en fonction de  $v, t_1$  et  $\omega_0$ .
- 5.4. Lorsque la vitesse de la masse par rapport au tapis s'annule à nouveau, la force de frottement  $\vec{F}$  réapparaît. A quel instant  $t_2$  cela se produit-il ? (exprimer  $t_2$  en fonction de  $t_1, \alpha$  et  $\omega_0$ ). Vérifier qu'à cet instant, la longueur du ressort vaut  $x(t_2) = x_0 - A \sin \alpha$ .
- 5.5. La masse est alors de nouveau entraînée par le tapis à vitesse constante  $v$ . A quel instant  $t_3$  décolle-t-elle à nouveau ? Représenter graphiquement l'allure du mouvement périodique de la masse  $x(t)$ . Exprimer sa période  $T$  en fonction de  $\omega_0, \alpha, A$  et  $v$ .