

La calculatrice est autorisée

EXERCICE I – MODÉLISATION D'UN PARACHUTE (8 points)

Attention au signe des variations dans cet exercice

L'ouverture d'un parachute modifie le mouvement d'un corps en chute libre. Pour quantifier le processus de freinage, l'étude de la chute d'une boule de pétanque attachée à un petit parachute est conduite au laboratoire.

Physique du parachutisme

« Le parachute est un dispositif qui engendre une forte résistance de l'air, ce qui a pour effet de ralentir le mouvement d'un objet à travers l'atmosphère. Les parachutes sont constitués de matériaux légers comme la soie ou le nylon. Pour qu'un parachute soit efficace il doit diminuer la vitesse limite d'au moins 75% »

D'après https://fr.wikipedia.org/wiki/Physique_du_parachutisme

Au laboratoire, pour étudier le mouvement de chute d'une boule de pétanque accrochée à un parachute, une vidéo a été réalisée à l'aide d'une webcam, puis traitée en utilisant des logiciels de pointage d'images.

On considère le système {boule de pétanque + parachute}.

La masse de la boule de pétanque étant très supérieure à celle des tissus et fils utilisés pour fabriquer le parachute, on assimile la masse du système à la masse de la boule de pétanque.

Le système en chute est soumis :

- à l'action mécanique de la Terre modélisée par le poids \vec{P} du système ;
- à l'action mécanique exercée par l'air modélisée par une force de frottement \vec{f}

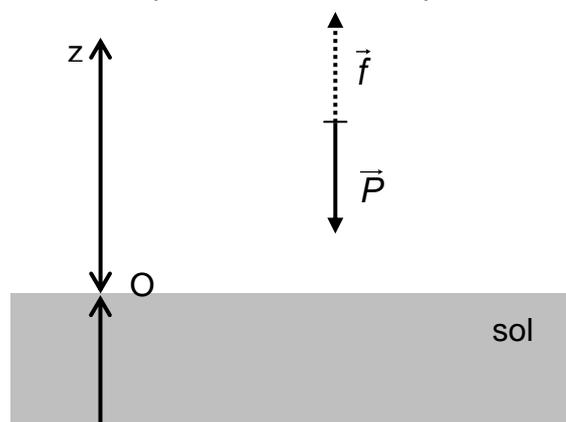


Figure 1 : représentation des forces subies par le système (sans souci d'échelle)

Données :

- l'intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- masse du système étudié : $m = 400 \text{ g}$;

Dans la suite on s'appuie sur les résultats expérimentaux ci-dessous et les données relatives au système fournies précédemment :

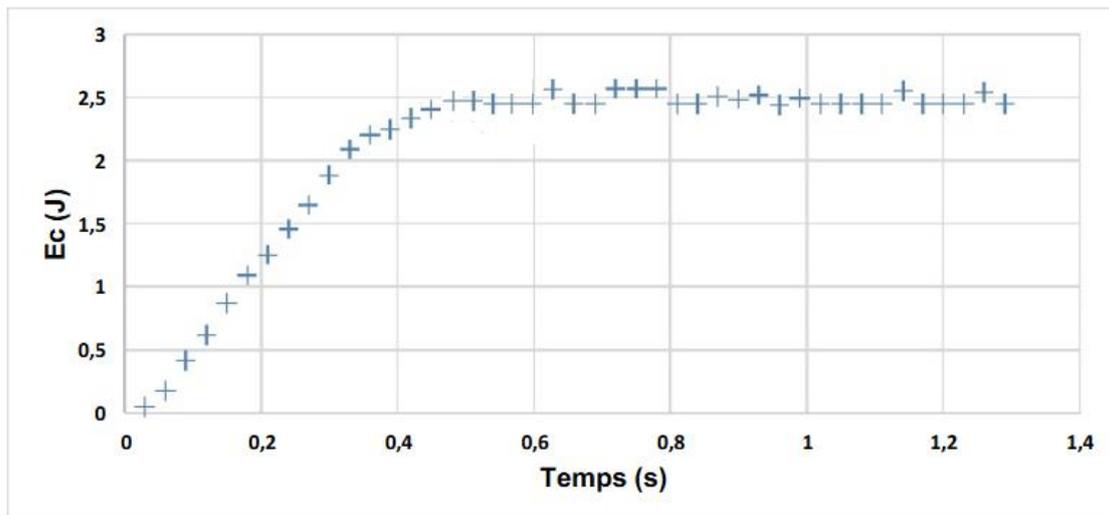


Figure 2 : évolution de l'énergie cinétique du système en fonction du temps

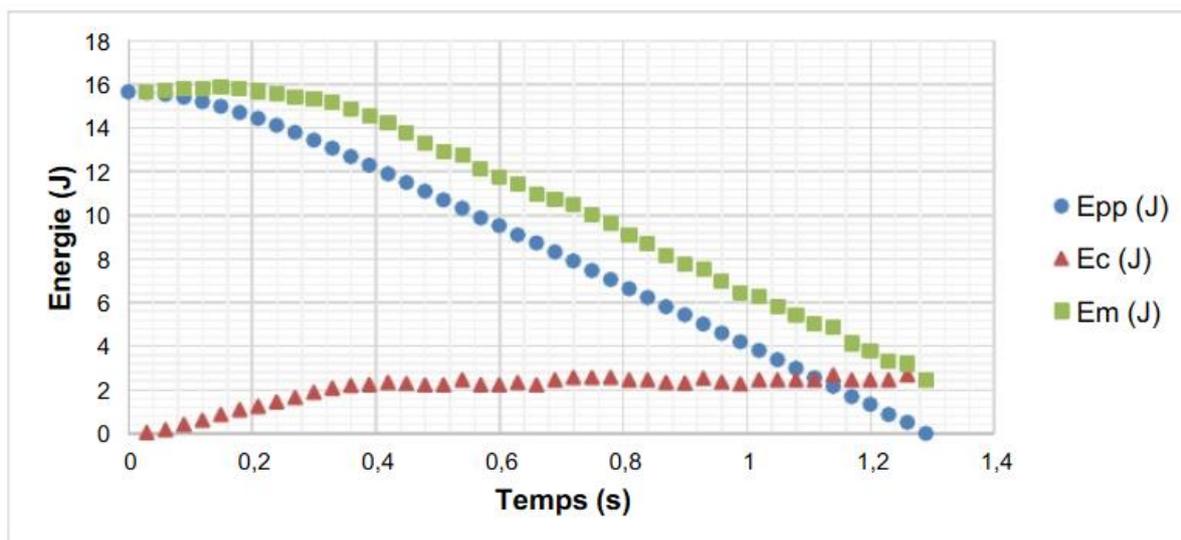


Figure 3 : évolutions des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système en fonction du temps.

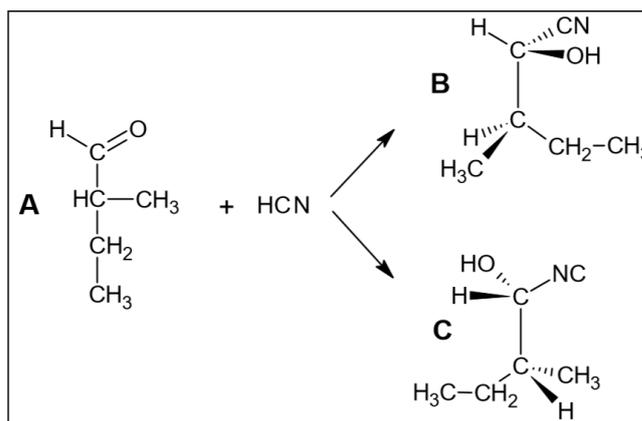
L'énergie potentielle est choisie nulle au niveau du sol ($z = 0$).

1. Comment évolue la vitesse du système lors de sa chute ? Justifier.
2. Estimer la valeur de la « vitesse limite » qui est la vitesse maximale atteinte par le système. À partir de quelle date t_0 cette valeur est-elle atteinte ?
3. En s'appuyant sur l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système, déterminer la valeur Δz de la variation d'altitude du système pendant la phase de mouvement uniforme (entre le début de la phase où la vitesse limite est atteinte et l'atterrissage).
4. Comment l'énergie mécanique du système varie-t-elle au cours du mouvement ? Deux phases sont à étudier.
Que peut-on en conclure sur les forces de frottement de l'air exercées sur le système ?
5. Déterminer la valeur de la variation d'énergie mécanique pendant la phase de mouvement uniforme.
6. En déduire la valeur de la force de frottement supposée constante pendant la phase de mouvement uniforme. Conclure quant au bilan des forces, pendant cette phase.

EXERCICE II : SYNTHÈSE ASYMETRIQUE (6 POINTS)

Il est souvent nécessaire de disposer d'une molécule sous la forme d'un énantiomère pur. Or, lors des synthèses organiques au laboratoire ou dans l'industrie, les chimistes obtiennent le plus souvent deux énantiomères en proportions égales. Cependant, lorsqu'un des réactifs est présent sous la forme d'un seul énantiomère et que l'on introduit un nouvel atome de carbone asymétrique, on obtient généralement deux produits dont l'un est majoritaire : on parle de synthèse asymétrique. Ainsi, pour la réaction écrite ci-contre, les produits B et C ne sont pas obtenus en quantités égales.

D'après Bordas – Collection Espace (2012)



1. Dans quel domaine peut-il être indispensable de disposer un « énantiomère pur » ? Justifier en une phrase.
2. Rappeler le nom donné à un mélange constitué de « deux énantiomères en proportions égales ».
3. Repérer l'atome de carbone responsable de la chiralité de la molécule A. Justifier et donner la représentation de CRAM concernant cet atome.
4. Les molécules B et C sont chirales.
 - 4.1. Représenter la molécule B et son image dans un miroir. Que peut-on dire des 2 molécules ainsi obtenues ?
 - 4.2. Justifier alors que les molécules B et C sont des diastéréoisomères.
 - 4.3. Les molécules B et C se distinguent-elles par leurs propriétés physiques ou chimiques ?

EXERCICE III : Etude d'un mélange (6 POINTS)

L'acide nitreux est un composé chimique de formule HNO_2 . C'est un acide faible de couleur bleue.

Le pH d'une solution aqueuse S_1 d'acide nitreux de concentration en soluté apporté $C_1 = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$ a pour valeur $\text{pH}_1 = 2,0$.

l'ion éthanoate est une base de formule CH_3CO_2^- . C'est une base faible incolore en solution. Une solution aqueuse S_2 d'ion éthanoate de concentration en soluté apporté $C_2 = 0,40 \text{ mol.L}^{-1}$ a une concentration en ion hydroxyde $[\text{HO}^-] = 1,6 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$

On mélange un même volume $V = 200 \text{ mL}$ de chacune des deux solutions précédentes. On note n_1 et n_2 respectivement les quantités d'acide nitreux et d'ions éthanoate introduites dans le mélange.

Le système chimique atteint rapidement un état d'équilibre caractérisé par l'avancement final : $x_f = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

Données à 25°C :

$$\text{p}K_{A1} (\text{HNO}_2 / \text{NO}_2^-) = 3,3 \quad \text{p}K_{A2} (\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} / \text{CH}_3\text{CO}_2^-) = 4,8 \quad K_e = 1,0 \times 10^{-14}$$

1. Etude de la solution S_1
 - 1.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'eau.
 - 1.2. Donner l'expression de la constante d'acidité associée au couple de l'acide nitreux.
2. Etude de la solution S_2
 - 2.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'ion éthanoate et l'eau.
 - 2.2. Déterminer le pH de la solution S_2 d'ions éthanoate.
3. Etude des domaines
 - 3.1. Sur un axe des pH placer les domaines de prédominance des deux couples acide/base mis en jeu.
 - 3.2. Préciser l'espèce prédominante dans chacune des deux solutions précédentes.
4. Etude du mélange
 - 4.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'ion éthanoate.
 - 4.2. Montrer que cette réaction n'est pas totale. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

EXERCICE I – MODÉLISATION D'UN PARACHUTE (8 points)

1. Comment évolue la vitesse du système lors de sa chute ? Justifier.

La figure 2 montre qu'entre $t = 0$ et $t = 0,5$ s, l'énergie cinétique du système augmente, puis pour $t > 0,5$ s, l'énergie cinétique du système est constante. Or l'énergie cinétique est proportionnelle au carré de la

$$\text{vitesse : } E_C = \frac{1}{2}mv^2.$$

La vitesse v du système varie donc comme l'énergie cinétique. Ainsi, entre $t = 0$ et $t = 0,5$ s, la vitesse du système augmente, puis pour $t > 0,5$ s, la vitesse du système est constante.

2. Estimer la valeur de la « vitesse limite » qui est la vitesse maximale atteinte par le système. À partir de quelle date t_0 cette valeur est-elle atteinte ?

Graphiquement $E_{C\max} = 2,5$ J.

$$E_{C\max} = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 \quad \text{donc} \quad v_{\max} = \sqrt{\frac{2E_{C\max}}{m}}$$

$$\text{Soit } v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \times 2,5}{0,400}} = 3,5 \text{ m.s}^{-1}. \text{ La « vitesse limite » de } 3,5 \text{ m.s}^{-1} \text{ est atteinte pour } t_0 = 0,5 \text{ s.}$$

3. En s'appuyant sur l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système, déterminer la valeur Δz de la variation d'altitude du système pendant la phase de mouvement uniforme (entre le début de la phase où la vitesse limite est atteinte et l'atterrissage).

L'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} du système s'écrit : $E_{pp} = m.g.z$.

Pendant la phase de mouvement uniforme du système, entre la date $t_0 = 0,5$ s et la date $t_f = 1,3$ s de l'atterrissage, la variation d'énergie potentielle de pesanteur est : $\Delta E_{pp} = m.g.\Delta z$

$$\text{Avec } \Delta E_{pp} = E_{pp}(t_f) - E_{pp}(t_0) = 0 - E_{pp}(t_0)$$

$$\text{Ainsi } -E_{pp}(t_0) = m.g.\Delta z \quad \text{soit} \quad \Delta z = -\frac{E_{pp}(t_0)}{m.g}$$

Graphiquement sur la figure 2, on lit : $E_{pp}(t_0) = 11$ J.

$$\Delta z = -\frac{11}{0,400 \times 9,8} = -2,8 \text{ m.} \quad \text{Remarque : } \Delta z \text{ est négatif car l'altitude diminue.}$$

4. Comment l'énergie mécanique du système varie-t-elle au cours du mouvement ? Deux phases sont à étudier.

Que peut-on en conclure sur les forces de frottement de l'air exercées sur le système ?

La figure 3 montre que l'énergie mécanique est constante entre $t = 0$ et $t = 0,2$ s puis elle diminue pour $t > 0,2$ s.

Entre $t = 0$ et $t = 0,2$ s, l'énergie mécanique étant constante, les forces de frottement de l'air sont négligeables.

Pour $t > 0,2$ s, l'énergie mécanique diminue : les forces de frottement de l'air ne sont plus négligeables.

5. Déterminer la valeur de la variation d'énergie mécanique pendant la phase de mouvement uniforme.

Pendant la phase de mouvement uniforme, la variation d'énergie mécanique est :

$$\Delta E_m = E_m(t_f) - E_m(t_0)$$

$$\text{soit, d'après la figure 2 : } \Delta E_m = 2 - 13 = -11 \text{ J}$$

6. En déduire la valeur de la force de frottement supposée constante pendant la phase de mouvement uniforme. Conclure quant au bilan des forces, pendant cette phase.

On suppose que la force de frottement est constante pendant la phase de mouvement uniforme. On peut alors écrire : $\Delta E_m = W(\vec{f}) \Leftrightarrow E_m(t_f) - E_m(t_0) = \vec{f} \cdot \overline{AB}$

Avec AB la distance parcourue par le système pendant la phase de mouvement uniforme.

Les vecteurs \vec{f} et \overline{AB} ont même direction mais sont de sens opposés, ainsi :

$$E_m(t_f) - E_m(t_0) = f \cdot AB \cdot \cos 180^\circ = -f \cdot AB$$

$$E_m(t_f) - E_m(t_0) = -f \cdot v_{\max} \cdot (t_f - t_0)$$

Finalement $f = -\frac{E_m(t_f) - E_m(t_0)}{v_{max}(t_f - t_0)} \Leftrightarrow f = -\frac{(2-13)}{3,5 \times (1,3 - 0,5)} = 3,9 \text{ N}$.

On trouve une valeur voisine de celle du poids $P = m.g = 0,400 \times 9,8 = 3,9 \text{ N}$

Ce résultat était attendu. En effet, lors de cette phase, le mouvement est rectiligne et uniforme donc le vecteur vitesse \vec{v} est constant soit $\frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}$. La deuxième loi de Newton implique alors :

$$\vec{P} + \vec{f} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{0}.$$

En projection selon l'axe (Oz) vertical orienté vers le haut : $-P + f = 0$ soit $P = f$.

EXERCICE II : SYNTHÈSE ASYMETRIQUE (6 POINTS)

1. Dans quel domaine peut-il être indispensable de disposer un « énantiomère pur » ? Justifier en une phrase.

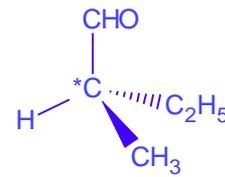
Les énantiomères ont des effets biologiques différents. Une molécule peut avoir un effet thérapeutique tandis que son énantiomère peut avoir des effets néfastes sur l'organisme. Dans le domaine pharmaceutique il est donc très souvent nécessaire de disposer d'un énantiomère pur.

2. Rappeler le nom donné à un mélange constitué de « deux énantiomères en proportions égales ».

Un mélange racémique est composé de 2 énantiomères en proportions égales.

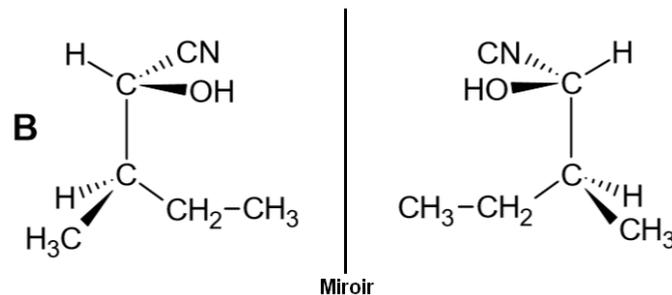
3. Repérer l'atome de carbone responsable de la chiralité de la molécule A. Justifier et donner la représentation de CRAM concernant cet atome.

La molécule A possède un carbone asymétrique noté *, c'est-à-dire qu'il possède 4 substituants différents. La molécule A est donc chirale.



4. Les molécules B et C sont chirales.

4.4. Représenter la molécule B et son image dans un miroir. Que peut-on dire des 2 molécules ainsi obtenues ?



4.5. Justifier alors que les molécules B et C sont des diastéréoisomères.

Les molécules B et C ne sont pas images dans un miroir elles sont donc diastéréoisomères

4.6. Les molécules B et C se distinguent-elles par leurs propriétés physiques ou chimiques ?

Les diastéréoisomères comme les molécules B et C ont des propriétés physiques ou chimiques différentes

EXERCICE III : Etude d'un mélange (6 POINTS)

1. Etude de la solution S₁

1.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'eau.

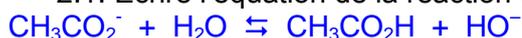


1.2. Donner l'expression de la constante d'acidité associée au couple de l'acide nitreux.

$$K_A = \frac{[\text{NO}_2^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HNO}_2]}$$

2. Etude de la solution S₂

2.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'ion éthanoate et l'eau.



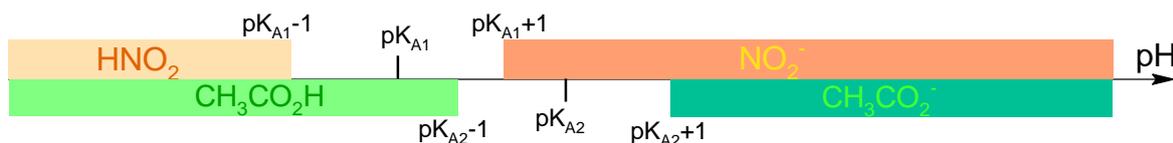
2.2. Déterminer le pH de la solution S₂ d'ions éthanoate.

Produit ionique de l'eau : $[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{HO}^-] = 10^{-14} \quad \Leftrightarrow \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_e}{[\text{HO}^-]}$

pH de la solution d'ion éthanoate : $\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_e}{[\text{HO}^-]} = -\log\left(\frac{10^{-14}}{1,6 \times 10^{-5}}\right) \approx 9,2$

3. Etude des domaines

3.1. Sur un axe des pH placer les domaines de prédominance des deux couples acide/base mis en jeu.



3.2. Préciser l'espèce prédominante dans chacune des deux solutions précédentes.

Dans la solution S₁ : $\text{pH} < \text{pK}_{A1}$ donc l'acide nitreux HNO_2 est dominant.

Dans la solution S₂ : $\text{pH} > \text{pK}_{A2}$ donc l'ion éthanoate CH_3CO_2^- est dominant.

4. Etude du mélange

4.1. Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide nitreux et l'ion éthanoate.



4.2. Montrer que cette réaction n'est pas totale. On pourra s'aider d'un tableau d'avancement.

Quantité initiale d'acide nitreux : $n_1 = C_1 \cdot V_1 = 0,20 \times 0,200 = 0,040 \text{ mol}$

Quantité initiale d'ion éthanoate : $n_2 = C_2 \cdot V_2 = 0,40 \times 0,200 = 0,080 \text{ mol}$

Hypothèse 1 : si l'acide nitreux est le réactif limitant de la réaction totale alors $n_1 - x_{\text{max}} = 0$

Hypothèse 2 : si l'ion éthanoate est le réactif limitant de la réaction totale alors $n_2 - x_{\text{max}} = 0$

Le réactif limitant est l'acide nitreux avec l'avancement maximal est $x_{\text{max}} = 0,04 \text{ mol}$ le plus petit.

Or l'avancement final $x_f = 3,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$ est inférieur à x_{max} .

La réaction entre l'acide nitreux et l'ion éthanoate n'est donc pas totale.