

DS N°7

Exercice n°1φ : Chute d'un grêlon : 12pts

La grêle se forme dans les cumulo-nimbus situés entre 1000 m et 10000 m d'altitude où la température est très basse, jusqu'à $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le grêlon tombe lorsqu'il n'est plus maintenu au sein du nuage. Au sol sa vitesse peut atteindre 160 km/h.

On étudie un grêlon de masse 13 g qui tombe d'un point O d'altitude 1500 m sans vitesse initiale. Il peut être assimilé à une sphère de diamètre 3,0 cm.

Le point O sera pris comme origine d'un axe Oz orienté positivement vers le bas.

L'intensité de la pesanteur sera considérée comme constante et de valeur $g_0 = 9,80\text{ m.s}^{-2}$.

Données : volume d'une sphère $V = \frac{4}{3}\pi \times r^3$; masse volumique de l'air $\rho = 1,3\text{ kg.m}^{-3}$

A – CHUTE LIBRE

On admettra que le grêlon tombe en chute libre

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les équations horaires donnant la vitesse et la position du centre d'inertie G du grêlon en fonction de la durée t de la chute. **2pts**
2. Calculer la valeur de la vitesse lorsqu'il atteint le sol, ce résultat est-il vraisemblable ? Justifier. **2pts**

B – CHUTE REELLE

En réalité le grêlon est soumis à deux autres forces, la poussée d'Archimède F_A et la force de frottement fluide F proportionnelle au carré de la vitesse telle que $F = K \times v^2$.

1. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité du coefficient K dans le Système International. **1pt**
2. Donner l'expression de la valeur de la poussée d'Archimède ; la calculer et la comparer à celle du poids. Conclure. **1.5pt**
3. On néglige la poussée d'Archimède.

a) Établir l'équation différentielle du mouvement. Montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme $\frac{dv}{dt} = A - B.v^2$ **1.5pt**

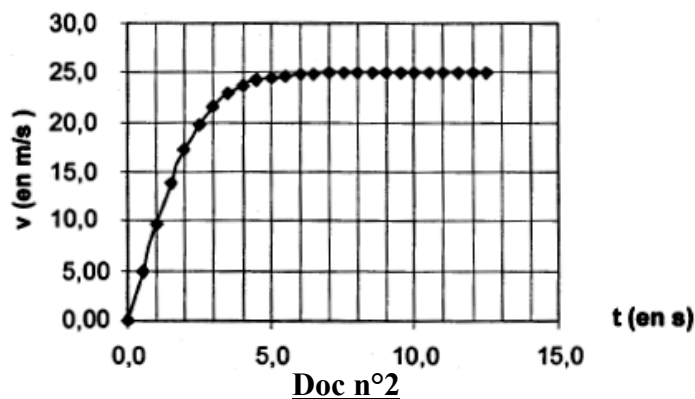
b) On veut résoudre cette équation différentielle par une méthode numérique : la méthode d'Euler.

Le tableau suivant est un extrait d'une feuille de calcul des valeurs de la vitesse (v) et de l'accélération (a) en fonction du temps (t). Il correspond aux valeurs $A = 9,80\text{ m.s}^{-2}$ et $B = 1,56 \times 10^{-2}\text{ m}^{-1}$, pas de variation $\Delta t = 0,5\text{ s}$.

Déterminer a_4 et v_5 en détaillant les calculs. **2pts**

| t (s) | v(m.s ⁻¹) | a (m.s ⁻²) |
|-------|-----------------------|------------------------|
| 0,00 | 0,00 | 9,80 |
| 0,50 | 4,90 | 9,43 |
| 1,00 | 9,61 | 8,36 |
| 1,50 | 13,8 | 6,83 |
| 2,00 | 17,2 | a_4 |
| 2,50 | v_5 | 3,69 |
| 3,00 | 21,6 | 2,49 |

Doc n°1



Doc n°2

c) Exprimer littéralement la vitesse limite atteinte par le grêlon en fonction de A et B puis calculer sa valeur numérique. *1pt*

d) La courbe d'évolution de la vitesse en fonction du temps est donnée dans le doc n°2. Retrouver graphiquement la valeur de la vitesse calculée à la question précédente. *1pt*

Exercice n°2γ : Phéromones : *8pts*

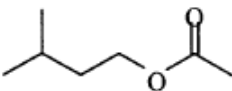
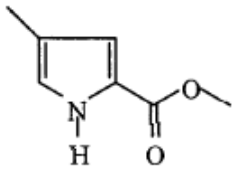
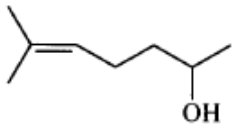
Le transfert d'informations par signaux chimiques entre individus, d'espèces différentes ou de même espèce est courant chez les êtres vivants.

Une **phéromone** est une substance (ou un mélange de substances) qui, après avoir été sécrétée en quantité très faible à l'extérieur par un individu (émetteur), est perçue par un individu de la même espèce (récepteur) chez lequel elle provoque une réaction comportementale spécifique, voire une modification physiologique.

Le mot phéromone vient des mots grecs anciens pherein « transporter » et homân « exciter ».

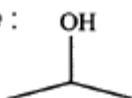
Certaines phéromones sont des signaux d'alarmes, d'autres permettent le marquage d'une piste, enfin certaines (attractives ou aphrodisiaques) attirent les insectes du sexe opposé en vue de la reproduction.

Quelques exemples de phéromones :

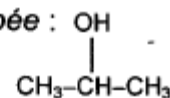
| | |
|---|--|
| Phéromone d'alarme de l'abeille : molécule A : (C ₇ H ₁₄ O ₂) |  |
| Phéromone de piste de la fourmi coupeuse de feuilles : Atta texana molécule B : (C ₇ H ₉ O ₂ N) |  |
| Phéromone sexuelle d'un insecte nuisible pour les conifères molécule C : (C ₈ H ₁₆ O) |  |

Rappel de l'écriture topologique d'une formule chimique : on ne représente pas les atomes de carbone et les atomes d'hydrogène liés à un atome de carbone.

Exemple : Formule topologique :



Formule semi-développée :



Masses molaires atomiques : $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(O) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

- Reproduire sur la copie les molécules A et C, entourer et nommer les groupes caractéristiques présents. *1pt*
- La phéromone d'alarme A, appelée éthanoate de 3-méthylbutyle, peut être synthétisée à partir de l'acide éthanoïque et d'un alcool D.
 - Donner la formule semi développée et le nom de l'alcool D. *1pt*
 - Écrire l'équation de la réaction associée à la transformation chimique de synthèse de la phéromone A, à partir de l'acide éthanoïque et de l'alcool D. *1pt*
Comment appelle-t-on cette réaction chimique ? Préciser ses caractéristiques. *1pt*

c) La même transformation est réalisée en présence d'acide sulfurique. Les affirmations suivantes qui décrivent le rôle de l'acide sulfurique sont-elles vraies ou fausses ? On ne demande pas de justification. *0.5pt*

| | |
|---------------|---|
| Affirmation 1 | L'acide sulfurique est une espèce chimique qui modifie l'état d'équilibre du système. |
| Affirmation 2 | L'acide sulfurique permet d'accroître le taux d'avancement final. |
| Affirmation 3 | L'acide sulfurique augmente la vitesse de réaction sans apparaître dans l'équation de réaction. |

3. La synthèse de la phéromone A peut aussi être réalisée en remplaçant l'acide éthanoïque par de l'anhydride d'acide. Quels sont les effets de ce changement de réactif sur la transformation ? *0.5pt*
4. On réalise l'hydrolyse basique (à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium), de la phéromone B de la fourmi coupeuse de feuilles. Cette phéromone sera notée R-COOCH₃. Écrire l'équation de la réaction associée à cette transformation chimique. Préciser les caractéristiques de cette réaction. *1.5pt*

Les phéromones peuvent être utilisées par l'homme pour piéger les insectes nuisibles en les attirant, soit loin des cultures que l'on veut protéger, soit vers des pièges très sélectifs.

Ainsi il suffit de 10^{-15} g par litre de solution de la molécule C (appelée aussi sulcatol car libérée par le Gnatotricus Sulcatus) pour attirer les insectes vers les forêts non exploitées.

- 5.
- a) Calculer la concentration molaire de cette solution. *1pt*
- b) Au vu des renseignements fournis sur les phéromones dans cet exercice, citer deux avantages des phéromones utilisées comme insecticide par rapport aux insecticides classiques utilisés dans l'agriculture. *0.5pt*

CORRECTION DU DS N°7

Exercice n°10 : Chute d'un grêlon : 8pts

A.1.

- Référentiel : le sol terrestre, référentiel terrestre (supposé galiléen). 0.25pt
- Système : le grêlon. 0.25pt
- Bilan des forces : le système tombe en chute libre, il n'est donc soumis qu'à son poids. 0.25pt
- Appliquons la deuxième loi de Newton : $\vec{P} = m \times \vec{a} \Leftrightarrow m \times \vec{g}_o = m \times \vec{a} \Leftrightarrow \boxed{\vec{g}_o = \vec{a}}$ 0.25pt
- Par projection sur l'axe Oz vertical vers le bas, il vient $\mathbf{a}_z = \mathbf{g}_o$ 0.25pt
- Or $a_z = \frac{dv_z}{dt}$ par intégration on obtient $v_z = g_o \times t + v_{0z}$. 0.25pt
- Condition initiale : le grêlon tombe sans vitesse initiale, soit $v_{0z} = 0 \text{ m.s}^{-1}$ donc : $\boxed{v_z = g_o \times t}$ 0.25pt
- D'autre part $v_z = \frac{dz}{dt}$ par intégration on a : $z = \frac{1}{2} g_o \times t^2 + z_0$.
- Condition initiale : Or à $t = 0 \text{ s}$, le grêlon est en O, donc $z_0 = 0 \text{ m}$ d'où : $\boxed{z = \frac{1}{2} g_o \times t^2}$ 0.25pt

A.2. Quand le grêlon atteint le sol, alors $z = h = 1500 \text{ m}$, exprimons la date t d'arrivée au sol :

On a $h = \frac{1}{2} g_o \times t^2$ soit $t = \sqrt{\frac{2h}{g_o}}$. 0.5pt

On remplace dans l'expression de la vitesse v_z : $v_h = g_o \cdot t = g_o \sqrt{\frac{2h}{g_o}}$ d'où 0.5pt

$v_h = \sqrt{2h \times g_o} = \sqrt{2 \times 9,80 \times 1500} = 171 \text{ m.s}^{-1} = 617 \text{ km.h}^{-1}$ 0.5pt

Cette vitesse n'est pas vraisemblable : d'abord parce que l'on voit difficilement comment un grêlon pourrait atteindre cette vitesse, et ensuite car on nous dit dans le texte que la vitesse est d'environ 160 km.h⁻¹ à l'arrivée au sol. 0.5pt

B.1. Analyse dimensionnelle : $[K] = \frac{[F]}{[v^2]}$ Or $F = m \times a$ en kg.m.s^{-2} et v en m.s^{-1}

D'où $[K] = \frac{[M] \times [L] \times [T]^{-2}}{[L]^2 \times [T]^{-2}} = [M] \times [L]^{-1}$ K s'exprime en kg.m^{-1} 1pt

B.2.

➤ La poussée d'Archimède est égale au poids du volume de fluide déplacé :

0.5pt $F_A = \rho \times V \times g_o = \rho \times \frac{4}{3} \pi \times r^3 \times g_o \Leftrightarrow F_A = \frac{4}{3} \pi \times \left(\frac{3,0}{2} \cdot 10^{-2}\right)^3 \times 1,3 \times 9,80 = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ N}$ 0.5pt

➤ Comparons la poussée d'Archimède avec le poids du grêlon : $P = m \times g_o = 13 \cdot 10^{-3} \times 9,80 = 0,13 \text{ N}$

On effectue le rapport de ces deux forces : $\frac{P}{F_A} = \frac{0,13}{1,8 \cdot 10^{-4}} = 7,2 \cdot 10^2 > 10$. La poussée d'Archimède est négligeable. 0.5pt

B.3.a.

- Référentiel : le sol terrestre, référentiel terrestre (supposé galiléen).
- Système : le grêlon.
- Bilan des forces : le système est soumis à son poids et à la force de frottements de l'air : 0.25pt
- Deuxième loi de Newton : $\vec{P} + \vec{F} = m \times \vec{a}$ 0.25pt

Le poids est vertical dirigé vers le bas, la force de frottement est verticale dirigée vers le haut donc si on projette cette relation sur l'axe Oz vertical et dirigé vers le bas il vient :

0.25pt

$$P - F = m \times a_z \Leftrightarrow m \times \frac{dv}{dt} = m \times g_0 - K \times v^2 \Leftrightarrow \frac{dv}{dt} = g_0 - \frac{K}{m} \times v^2 \quad 0.25pt$$

L'équation différentielle obtenue est bien de la forme $\frac{dv}{dt} = A - B.v^2$ avec $A = g_0$ et $B = \frac{K}{m}$ 0.5pt

B.3.b.

➤ **D'après l'équation différentielle :** $a_i = A - B \times v_i^2$
D'où $a_4 = A - B \times v_4^2 = 9,80 - 1,56 \cdot 10^{-2} \times 17,2^2 = 5,18 \text{ m.s}^{-2}$ 1pt

➤ Or toujours d'après cette équation, si Δt est choisi suffisamment petit, on a : 0.25pt

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = A - B.v^2 \quad \text{donc} \quad \Delta v = (A - B.v^2) \times \Delta t \quad \text{et} \quad v_{i+1} = v_i + \Delta v = v_i + (A - B.v_i^2) \times \Delta t = v_i + a_i \times \Delta t \quad 0.5pt$$

$$\text{Ainsi : } v_5 = v_4 + a_4 \times \Delta t = 17,2 + 5,18 \times 0,5 = 19,8 \text{ m.s}^{-1} \quad 0.25pt$$

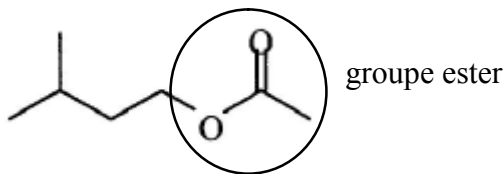
B.3.c. Quand la vitesse limite est atteinte alors celle-ci est constante et $\frac{dv}{dt} = 0$: 0.25pt

$$\text{Donc} \quad A - B \times v_{\text{lim}}^2 = 0 \quad 0.25pt \quad v_{\text{lim}} = \sqrt{\frac{A}{B}} = \sqrt{\frac{9,80}{1,56 \times 10^{-2}}} = 25 \text{ m.s}^{-1} \quad 0.5pt$$

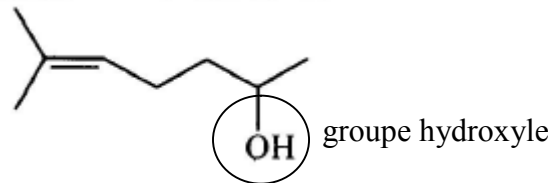
B.3.d. La vitesse limite est obtenue quand la valeur de la vitesse ne varie plus, donc il s'agit de la limite de la vitesse quand t tend vers l'infini : On trace l'asymptote et on a $v_{\text{lim}} = 25 \text{ m.s}^{-1}$ 1pt

Exercice n°2γ : Phéromones :

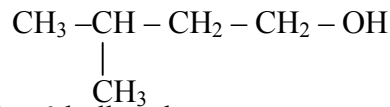
1. Molécule A: 1pt



Molécule C:



2.a) La formule semi développées de l'alcool utilisé, le 3-méthylbutan-1-ol est : 1pt



b) acide éthanoïque + 3-méthylbutan-1-ol = éthanoate de 3-méthylbutyle + eau
 $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} = \text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 1pt

Cette réaction est une réaction d'estérification, celle-ci est lente et limitée. 1pt

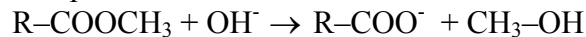
c) Affirmation 1 : fausse, au contraire, un catalyseur ne modifie pas l'état d'équilibre mais uniquement la cinétique de la réaction dans laquelle il intervient.

Affirmation 2 : fausse, même justification que précédemment. 0.5pt

Affirmation 3 : Vraie.

3. En effectuant ce changement de réactif, on rend la transformation naturellement rapide et totale. 0.5pt

4. Réaction de saponification de la phéromone B :



Cette réaction est naturellement rapide et totale. 1.5pt

5. a) On a une concentration massique de 10^{-15} g/L. Entre la concentration massique (celle qui est donnée) et la concentration molaire, il y a la relation : $c (\text{mol/L}) = \frac{C (\text{g/L})}{M (\text{g/mol})}$

$$\text{Donc } c = \frac{10^{-15}}{(8 \times 12 + 16 \times 1 + 1 \times 16)} = \frac{10^{-15}}{128} = 8 \times 10^{-18} \text{ mol/L} \quad 1pt$$

b) L'espèce active n'est pas pulvérisée directement sur les cultures, de plus les quantités utilisées sont extrêmement faibles. Les insectes ne sont pas détruits, ils sont simplement attirés loin des cultures. 0.5pt