

|                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                            |                                                                                                   |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <div>الصفحة</div> <div>1</div> <div>11</div> | <div> <div> <div>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا</div> <div>- الدورة العادية 2026 -</div> <div>المسالك الدولية</div> </div> <div> <div> <div> <div>المملكة المغربية</div> <div>ⵜⴰⴳⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵍⵎⵖⵔⵓⵔ</div> <div>  </div> <div> <div>وزارة التربية الوطنية</div> <div>والتعليم الأولي والرياضة</div> <div>ⵜⴰⴷⵓⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵓⴽⵓⵔ ⵏ ⵉⴷⵓⴷⴰⵢⵜ</div> <div>ⵏ ⵓⴽⵓⵔ ⵏ ⵉⴷⵓⴷⴰⵢⵜ ⵏ ⵓⴽⵓⵔ</div> </div> </div> </div> </div> </div> |                                                            | <div> <div> <div>المركز الوطني لامتحانات</div> <div>المدرسية وتقييم التعليمات</div> </div> </div> |
| NS 28F                                       | الموضوع                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            |                                                                                                   |
| 3س                                           | مدة الإنجاز                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | الفيزياء والكيمياء                                         | المادة                                                                                            |
| 7                                            | المعامل                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية) | الشعبة والمسلك                                                                                    |

*L'usage de la calculatrice scientifique non programmable est autorisé.*

*On donnera les expressions littérales avant de passer aux applications numériques.*

*Les exercices peuvent être traités selon l'ordre choisi par le candidat.*

*Le sujet comporte quatre exercices : un exercice de chimie et trois exercices de physique.*

### **Exercice 1 : ( 7 points )**

- Etude d'une solution aqueuse d'acide butanoïque
- Etude de la réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol

### **Exercice 2 : ( 2,5 points )**

- Désintégration d'un radioélément

### **Exercice 3 : ( 5 points )**

- Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension
- Transmission et réception d'un signal

### **Exercice 4 : ( 5,5 points )**

- Saut sans parachute
- Etude d'un système oscillant



|        |                                                                                                           |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| الصفحة | موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026                                             | NS 28F |
| 11 / 2 | المسالك الدولية<br>مادة : الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية) |        |

### Exercice 1 : Chimie (7 points)

L'acide butanoïque est utilisé dans l'industrie alimentaire pour ses propriétés aromatisantes, en parfumerie et en cosmétique pour ses bienfaits sur la peau. Il possède des propriétés anti-inflammatoires.

On se propose dans cet exercice d'étudier une :

- solution aqueuse d'acide butanoïque ;
- réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol.

#### 1- Réaction de l'acide butanoïque avec l'eau

On prépare une solution aqueuse  $S_A$  d'acide butanoïque  $C_3H_7COOH$ , de volume  $V$  et de concentration  $C_A = 5,40 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ . La mesure de son pH donne :  $pH = 3,55$ .

|         |                                                                                                                                                                 |                                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.5 pt  | 1-1- Écrire l'équation de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau.                                                                                         |    |
| 0.25 pt | 1-2/1-2-1- Écrire l'expression de la constante d'acidité $K_A$ associée à l'équation de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau .                          |  |
| 0.75 pt | 1-2-2- Montrer que $K_A = \frac{10^{-2pH}}{C_A - 10^{-pH}}$ et vérifier que le $pK_A$ du couple $C_3H_7COOH_{(aq)}/C_3H_7COO^-_{(aq)}$ est $pK_A \simeq 4,81$ . |  |
| 0.75 pt | 1-3- Justifier que la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau est limitée.                                                                                    |  |

#### 2- Réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol

La réaction de l'acide butanoïque avec le méthanol  $CH_3OH$  permet d'obtenir en plus de l'eau, un composé organique  $E$  caractérisé par son odeur et son goût agréables.

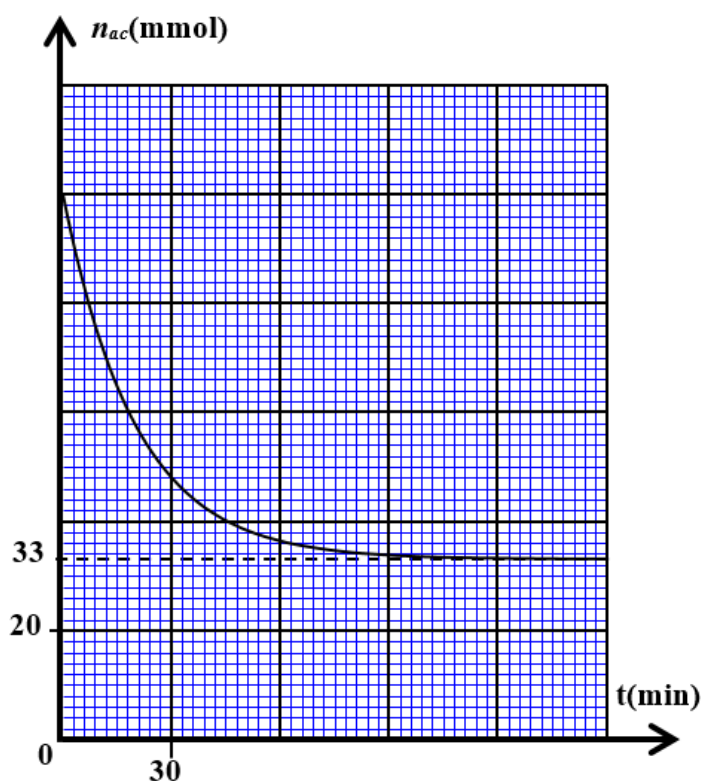
|      |                                                                                                                                                          |                                                                                       |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 pt | 2-1- Écrire, en utilisant les formules semi-développées, l'équation modélisant la réaction entre l'acide butanoïque et le méthanol. Nommer le composé E. |  |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|



**2-2-** Pour synthétiser le composé E, on prépare 10 tubes à essais et on introduit à un instant  $t=0$  dans chacun d'eux  $n_0 = 0,10 \text{ mol}$  de l'acide butanoïque et  $n_0 = 0,10 \text{ mol}$  du méthanol avec quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. On trempe les tubes dans un bain marie à la température constante  $\theta$ .

L'évolution de la réaction est suivie par dosage, à des instants bien déterminés, de l'acide butanoïque restant dans chaque tube à essai. A chaque instant on retire un tube du bain marie, on le trempe dans l'eau glacée, puis on dose l'acide restant par une solution d'hydroxyde de sodium  $\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$  de concentration  $C_b = 2,0 \text{ mol.L}^{-1}$ . Pour chaque tube on détermine le volume  $V_{\text{BE}}$  d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence. Les résultats obtenus ont permis de tracer la courbe de la figure représentant l'évolution temporelle de  $n_{\text{ac}}$  la quantité de matière de l'acide butanoïque restant.

Lors de dosage on ne considère que la réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'acide restant.



|         |                                                                                                                                                                                                                       |  |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 0.5 pt  | <b>2-2-1-</b> Écrire l'équation de la réaction de dosage de l'acide butanoïque restant par la solution d'hydroxyde de sodium.                                                                                         |  |
| 0.75 pt | <b>2-2-2-</b> On prend la valeur du produit ionique de l'eau $K_e = 10^{-14}$ . Calculer la constante d'équilibre K associée à la réaction de dosage.                                                                 |  |
| 0.75 pt | <b>2-2-3-</b> Déterminer, en se basant sur la courbe de la figure, le volume $V_{\text{BE}}$ de la solution d'hydroxyde de sodium nécessaire pour doser l'acide butanoïque restant à l'instant $t = 30 \text{ min}$ . |  |



|        |                                                                                                           |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| الصفحة | موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026                                             | NS 28F |
| 11 / 4 | المسالك الدولية<br>مادة : الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية) |        |

|         |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.75 pt | <b>2-3-</b> Déterminer, en utilisant la courbe de la figure, la valeur de $t_{1/2}$ le temps de demi-réaction de la réaction entre l'acide butanoïque et le méthanol dans les conditions de l'expérience. |  |
| 0.5 pt  | <b>2-4-</b> Répondre par vrai ou faux, en justifiant, à l'affirmation suivante:<br>« Le rôle de l'acide sulfurique est de diminuer $t_{1/2}$ le temps de demi-réaction. »                                 |  |
| 0.5 pt  | <b>2-5-</b> Calculer le rendement de la réaction de la synthèse de E.                                                                                                                                     |  |

### Exercice 2 : Désintégration du soufre 35 (2,5 points)

Le soufre 35 est un isotope radioactif du soufre. Il est utilisé en recherche médicale et biologique. Ses caractéristiques sont déterminantes pour le traitement des déchets contenant du soufre 35.

On a un échantillon de soufre 35 de masse initiale  $m_0$  à un instant  $t = 0$ .

Le soufre  ${}^{35}_{16}\text{S}$  est radioactif  $\beta^-$ . Il se désintègre en donnant le noyau  ${}^A_Z\text{Y}$  et une particule  ${}^A'_Z\text{e}$ .

#### Données :

\* Extrait de la classification périodique des éléments chimiques:

|                    |                    |                   |                   |                    |                    |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| ${}_{13}\text{Al}$ | ${}_{14}\text{Si}$ | ${}_{15}\text{P}$ | ${}_{16}\text{S}$ | ${}_{17}\text{Cl}$ | ${}_{18}\text{Ar}$ |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|

\* Masses :  $m({}^{35}_{16}\text{S}) = 34,96027 \text{ u}$ ;  $m({}^A_Z\text{Y}) = 34,95954 \text{ u}$ ;  $m({}^A'_Z\text{e}) = 5,48560.10^{-4} \text{ u}$  ;

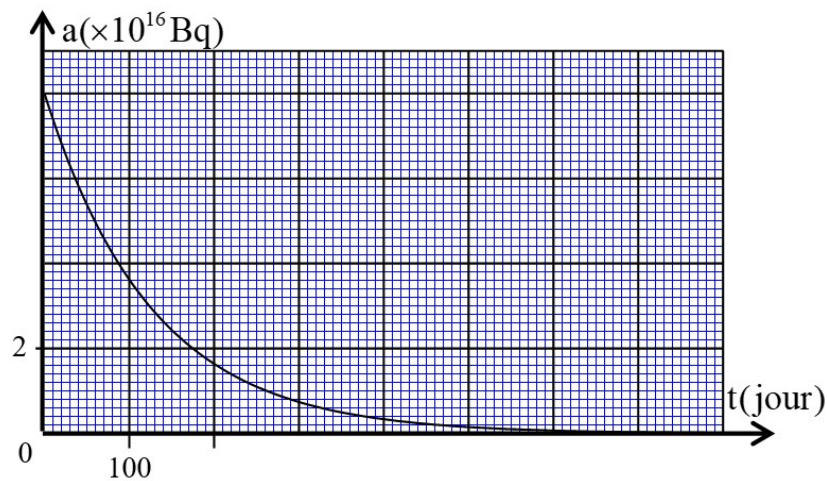
\*  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$ .

|         |                                                                                                                                                  |                                                                                       |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.75 pt | <b>1-</b> Écrire l'équation de désintégration d'un noyau de soufre ${}^{35}_{16}\text{S}$ en identifiant ${}^A'_Z\text{e}$ et ${}^A_Z\text{Y}$ . |  |
| 0.5 pt  | <b>2-</b> Calculer, en unité MeV, $E_{lib}$ l'énergie libérée lors de la désintégration d'un noyau de soufre 35.                                 |  |



|        |                                                                                                           |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| الصفحة | موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026                                             | NS 28F |
| 11 / 5 | المسالك الدولية<br>مادة : الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية) |        |

|        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.5 pt | <p><b>3-</b> La courbe de la figure suivante représente l'évolution temporelle de l'activité de l'échantillon.</p> <p>Les déchets à vie très courtes (VTC) sont caractérisés par une demi-vie <math>t_{1/2}</math> inférieure à 100 <i>jour</i>. Ils sont stockés pendant une durée suffisante pour que leur activité décroisse avant leur élimination comme déchets ordinaires.</p> <p>Justifier, en se basant sur la courbe de la figure, que le soufre 35 est un déchet à vie très courte(VTC).</p> |  |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|



|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                       |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.75 pt | <p><b>4-</b> On considère qu'un échantillon de soufre 35 peut être traité comme un déchet ordinaire si son activité est inférieure à <math>10^8 Bq</math>.</p> <p>En prenant <math>t_{1/2} = 87,4 \text{ jour}</math> la demi-vie du soufre 35, trouver l'instant <math>t_d</math> où l'échantillon devient un déchet ordinaire.</p> |  |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|

### Exercice 3 : Électricité (5 points)

#### Les parties I et II sont indépendantes

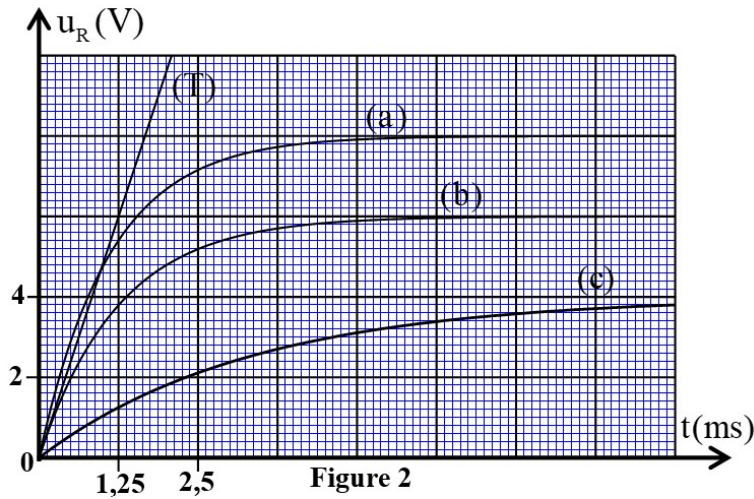
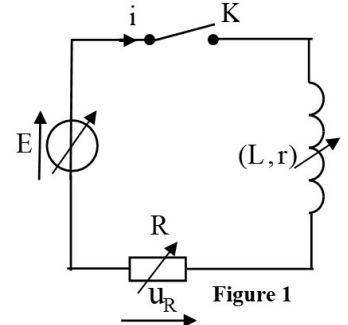
On se propose, dans la partie I de cet exercice, de déterminer quelques grandeurs caractéristiques des éléments d'un circuit électrique, en étudiant la réponse d'un dipôle  $RL$  à un échelon de tension. On étudiera dans la partie II, la transmission et la réception d'un signal.



**Partie I : Réponse d'un dipôle RL à un échelon de tension**

Le montage de la figure 1 comporte un générateur idéal de tension de f.e.m.  $E$ , un conducteur ohmique de résistance  $R$ , une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  et un interrupteur  $K$ . Les valeurs de  $E$ ,  $R$  et  $L$  sont ajustables.

A un instant choisi comme origine des dates ( $t = 0$ ), on ferme  $K$ . Un système d'acquisition adéquat a permis d'obtenir les courbes représentant l'évolution temporelle de la tension  $u_R$  aux bornes du conducteur ohmique (figure 2) selon les valeurs de  $E$ ,  $R$  et  $L$  indiquées dans le tableau ci-dessous. (T) représente la tangente à la courbe (b) au point d'abscisse  $t = 0$ .



|                | $E(V)$ | $R(\Omega)$ | $L(H)$ |
|----------------|--------|-------------|--------|
| Expérience (1) | 9      | 80          | $L_1$  |
| Expérience (2) | 4,5    | 80          | $L_2$  |
| Expérience (3) | 6,4    | 150         | $L_3$  |

0.75 pt

1- Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la tension  $u_R$  s'écrit :

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{(R+r)}{L}u_R = \frac{RE}{L}.$$



0.5 pt

2- Dédurre l'expression de  $u_{R_p}$  la tension aux bornes du conducteur ohmique en régime permanent en fonction des paramètres du circuit.



|        |                                                                                                           |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| الصفحة | موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026                                             | NS 28F |
| 11 / 7 | المسالك الدولية<br>مادة : الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية) |        |

3- Sachant que la courbe (b) correspond à l'expérience (3) :

|        |                                                                                                          |                                                                                     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 0.5 pt | 3-1- Déterminer $r$ et $L_3$ .                                                                           |  |
| 0.5 pt | 3-2- Calculer l'énergie magnétique emmagasinée dans la bobine en régime permanent pour cette expérience. |  |
| 0.5 pt | 4- Indiquer, en justifiant, la courbe qui correspond à l'expérience (1).                                 |  |

## Partie II : Transmission et réception d'un signal

Le montage de la figure 3 permet d'obtenir un signal modulé en amplitude et de le transmettre à travers une antenne.

L'expression de la tension  $u_s(t)$  associée à ce signal modulé en amplitude s'écrit :  $u_s(t) = A [1 + m \cdot \cos(2\pi f \cdot t)] \cdot \cos(2\pi F \cdot t)$  avec  $f$  la fréquence du signal informatif,  $F$  la fréquence de la porteuse,  $m$  le taux de modulation et  $A$  une constante positive.

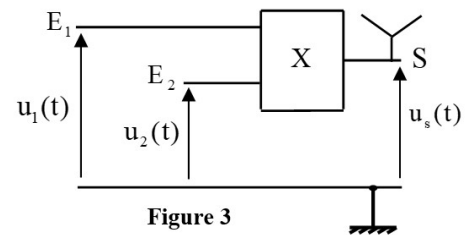


Figure 3

Le circuit du schéma de la figure 4 permet la réception, la sélection du signal modulé ainsi que sa démodulation.

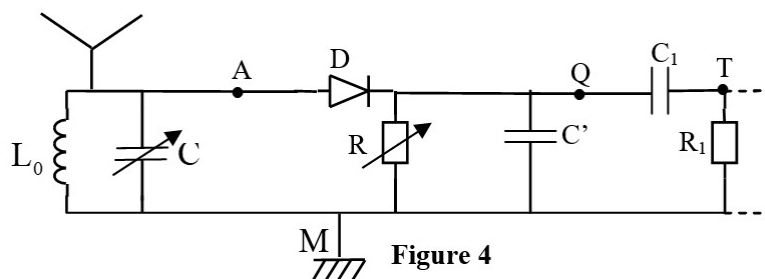


Figure 4

Les oscillogrammes de la figure 5 visualisés correspondent aux tensions  $u_{AM}$ ,  $u_{QM}$  et  $u_{TM}$  avec  $M$  étant la masse du circuit.



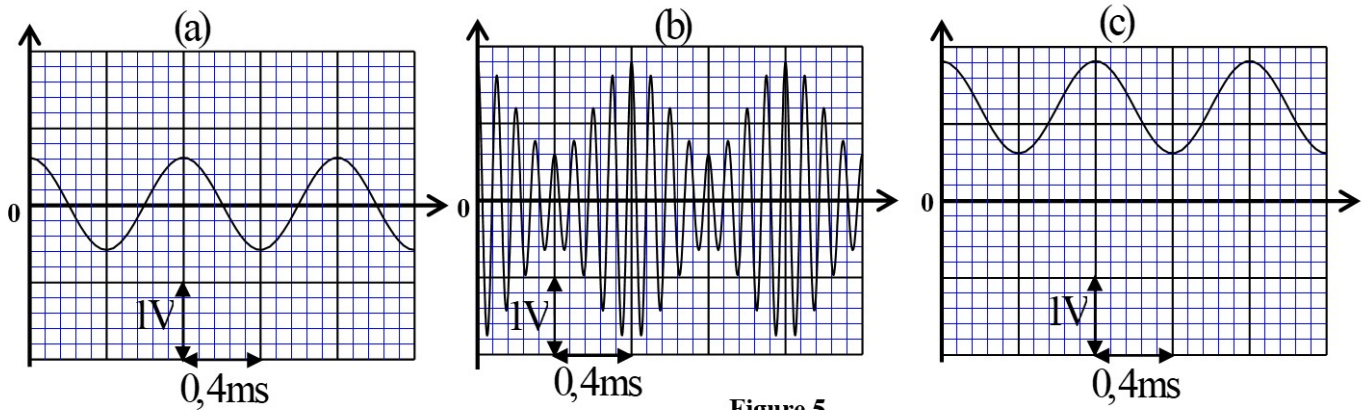


Figure 5

|         |                                                                                                                                                                      |  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 0.75 pt | 1- Identifier l'oscillogramme correspondant à la tension $u_{AM}$ et déterminer la fréquence $F$ .                                                                   |  |
| 0.5 pt  | 2- Trouver $C_0$ la valeur à laquelle il faut ajuster la capacité $C$ pour sélectionner le signal de fréquence $F$ sachant que $L_0 = 2mH$ (on prend $\pi^2 = 10$ ). |  |
| 0.5 pt  | 3- Indiquer en justifiant l'oscillogramme correspondant à la tension obtenue après la détection de l'enveloppe.                                                      |  |
| 0.5 pt  | 4- Déterminer m le taux de modulation.                                                                                                                               |  |

**Exercice 4 : Mécanique (5,5 points)****Les deux parties sont indépendantes****Partie I : Saut sans parachute**

Le 30 juillet 2016, un cascadeur accomplit un saut à une altitude  $H = 7620 m$  du sol sans parachute ou combinaison qui peut l'aider. Pour éviter sa collision au sol, un filet de réception a été fixé à une altitude  $h = 70 m$  du sol. Le cascadeur a été guidé vers le filet par des parachutistes. Après sa chute, il a atteint rapidement une vitesse limite de  $200 km.h^{-1}$ .



|        |                                                                                                           |        |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| الصفحة | موضوع الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا - الدورة العادية 2026                                             | NS 28F |
| 11 / 9 | المسالك الدولية<br>مادة : الفيزياء والكيمياء - شعبة العلوم التجريبية مسلك العلوم الفيزيائية (خيار فرنسية) |        |

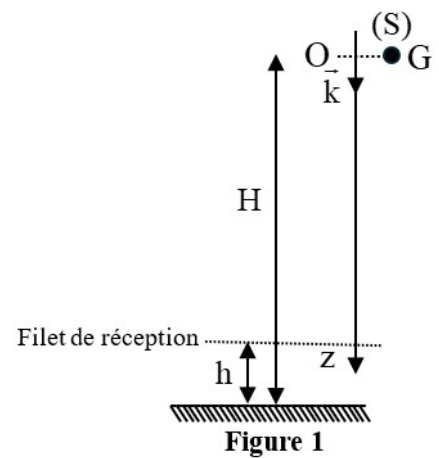
On modélise le cascadeur par un corps  $(S)$  de masse  $m$  et de centre d'inertie  $G$  qui réalise un saut vertical.

L'étude du mouvement de  $(S)$  s'effectue dans un repère  $R(O, \vec{k})$  lié à un référentiel terrestre supposé galiléen. On repère, à chaque instant  $t$  la position de  $G$  par sa cote  $z$  sur l'axe vertical  $(O, \vec{k})$  orienté vers le bas (figure 1).

A l'instant  $t = 0$ , on considère que la cote de  $G$  et sa vitesse sont nulles.

On néglige la poussée d'Archimède devant les autres forces.

On étudie le mouvement du cascadeur dans les deux cas suivants :



- Les frottements avec l'air sont négligeables (chute libre);
- Les frottements ne sont pas négligeables.

#### Données :

- Intensité de la pesanteur supposée constante :  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$  ;

- Masse du cascadeur et de son équipement :  $m = 80 \text{ kg}$ .

#### 1- Cas 1 : Chute libre

Le corps solide  $(S)$  est en mouvement de chute libre.

|         |                                                                                                                                                               |  |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 0.5 pt  | 1- 1- En appliquant la deuxième loi de Newton, établir $z(t)$ l'équation horaire du mouvement de $G$ .                                                        |  |
| 0.5 pt  | 1-2- Vérifier que la durée de la chute jusqu'à l'arrivée au filet est : $t_f \simeq 39,25 \text{ s}$ .                                                        |  |
| 0.75 pt | 1-3- Calculer, en unité $\text{km.h}^{-1}$ , la valeur de la vitesse $v_f$ à l'instant $t_f$ . Déduire si ce modèle explique la réalité du saut du cascadeur. |  |

#### 2- Cas 2 : Frottements non négligeables

Dans ce deuxième cas, le cascadeur est soumis en plus de son poids  $\vec{P}$  à la force de frottement fluide modélisée par  $\vec{f} = -\mu v^2 \cdot \vec{k}$ , avec  $\mu$  une constante positive et  $v$  la vitesse de  $G$  à un instant  $t$ .

La courbe de la figure 2 représente les variations de  $\frac{dv_z}{dt}$  en fonction de  $v_z^2$  le carré de la vitesse de  $G$ .



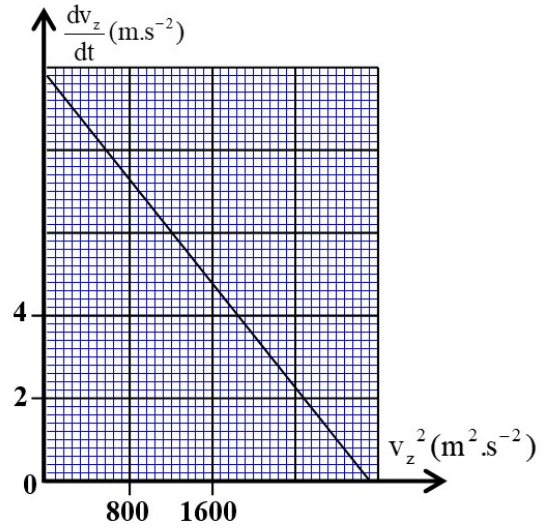


Figure 2

0.75 pt

**2-1-** En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que l'équation différentielle vérifiée par la vitesse  $v_z$  de  $G$  s'écrit :

$$\frac{dv_z}{dt} + \frac{\mu}{m}v_z^2 = g.$$



0.75 pt

**2-2-** En exploitant la courbe de la figure 2, déterminer la valeur de  $v_\ell$  la vitesse limite du mouvement de  $G$ . Déduire que  $\mu \simeq 0,25 \text{ S.I.}$  .



0.5 pt

**2-3-** Dire en justifiant si ce modèle explique la réalité du saut du cascadeur.



0.5 pt

**2-4-** Pour résoudre l'équation différentielle montrée dans la question 2-1, on peut utiliser une méthode de résolution numérique itérative : la méthode d'Euler.

En utilisant la méthode d'Euler, déterminer les vitesses  $v_{z1}$  et  $v_{z2}$  indiquées dans le tableau suivant :



| $t_i(s)$            | $t_0 = 0$ | $t_1 = 0,5$ | $t_2 = 1$ |
|---------------------|-----------|-------------|-----------|
| $v_{z_i}(m.s^{-1})$ | 0         | $v_{z1}$    | $v_{z2}$  |
|                     |           |             |           |



**Partie II : Etude d'un système oscillant**

Cette partie a pour but l'étude énergétique d'un système oscillant (solide - ressort) .

Le pendule élastique étudié est composé d'un solide (S) de centre d'inertie G et de masse m, lié à l'une des extrémités d'un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur K. L'autre extrémité du ressort est liée à un support fixe.

On néglige les frottements et on étudie le mouvement de G dans un repère  $R(O, \vec{i})$  lié à un référentiel terrestre supposé galiléen. On repère la position de G à un instant t par son abscisse x. A l'équilibre l'abscisse de G est nulle (figure3).

On choisit le plan horizontal passant par G comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur ( $E_{pp} = 0$ ) et l'état dans lequel le ressort n'est pas déformé comme référence de l'énergie potentielle élastique ( $E_{pe} = 0$ ).

On écarte (S) de sa position d'équilibre dans le sens positif d'une distance  $X_m = 2 \text{ cm}$  et on le lâche sans vitesse initiale à un instant choisi comme origine des dates ( $t=0$ ).

A l'aide d'un système d'acquisition adéquat, on a obtenu les courbes représentant les variations temporelles de l'énergie potentielle élastique  $E_{pe}(t)$  et l'énergie cinétique  $E_c(t)$  du pendule (Figure 4).

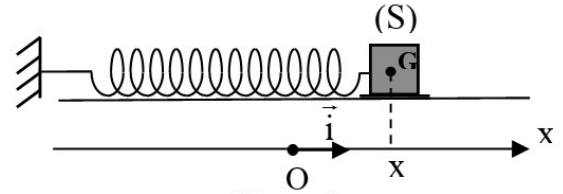


Figure 3

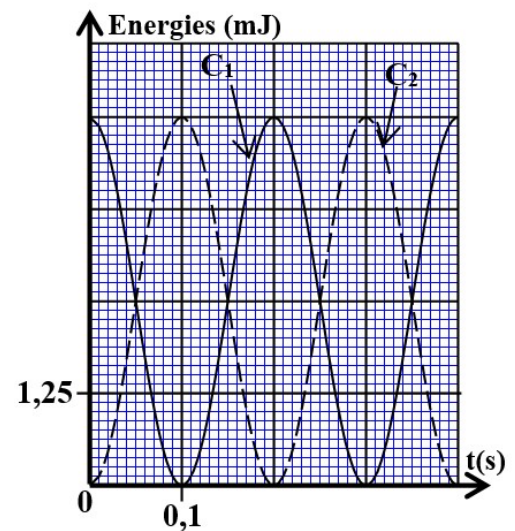


Figure 4

|         |                                                                                                                                         |  |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 0.5 pt  | 1- Associer, en justifiant, la courbe correspondant à l'énergie $E_c(t)$ .                                                              |  |
| 0.5 pt  | 2- Déterminer $E_m$ la valeur de l'énergie mécanique du système oscillant et déduire celle de K.                                        |  |
| 0.25 pt | 3- Déterminer la valeur de $v_1$ la vitesse de G à l'instant $t_1 = \frac{T_0}{2}$ , avec $T_0$ la période propre du système oscillant. |  |

