concours
Geipi Polytech

## Epreuves du mardi 28 avril 2026

Ce livret contient les énoncés des sujets et 6 feuilles « document réponses ».

**Sujets à traiter**
Vous devez obligatoirement :
- ✓ **Traiter le QCM de Mathématiques**
- ✓ **Choisir et traiter 2 sujets au choix parmi les spécialités suivantes :**
    - Mathématiques
    - Physique-Chimie
    - Sciences de la Vie et de la Terre/Biologie-écologie
    - Numérique et Sciences Informatiques
    - Sciences de l'Ingénieur

**Gestion du temps**
Nous vous conseillons de répartir votre temps comme suit :
- 1 heure pour le QCM de Mathématiques
- 2 heures pour les 2 sujets de spécialité choisis (1h par sujet)

**Consignes importantes**
- ✓ **Lire et appliquer** les consignes listées sur les documents réponses
- ✓ **Ecrire vos réponses** dans les cadres prévus à cet effet
- ✓ **Traiter tous les exercices** des sujets choisis.

**Interdictions**
- × **L'usage d'une calculatrice**, d'un téléphone ou de tout objet communicant est interdit.
- × **Aucun document** n'est autorisé.

## Mathématiques – QCM (40 points)

*Pour chaque* **Exercice***, plusieurs affirmations sont proposées. Pour chaque affirmation, vous direz si elle est vraie ou fausse en cochant la réponse choisie sur la feuille de réponses.*
*Aucune justification n'est demandée.*
*Une réponse fausse sera pénalisée par des points négatifs.*
*Pour chaque exercice, le total des points obtenu ne peut être strictement négatif.*
*Aucun point n'est enlevé en l'absence de réponse.*
*Les exercices sont tous indépendants.*

### Première partie – Calculs

**Exercice I**

**I-A-** $\dfrac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}+1} = 3 - 2\sqrt{2}$ .

**I-B-** $\sqrt{\left(\sqrt{3}-2\right)^2} = \sqrt{3}-2$ .

**I-C-** Pour tout entier naturel $n$ non nul, $\dfrac{1}{2\times 2^n} - \dfrac{1}{4^n} = 0$ .

**I-D-** $\dfrac{2026^2}{2025^2+2027^2-2} = \dfrac{1}{2}$ .

**Exercice II**

**II-A-** Pour tout réel $x$, $-(6x+5)(6x-7)+36x^2-25 = 2(6x+5)$ .

**II-B-** L'ensemble des solutions de l'inéquation $-2e^{2x+1} \leq -2e^5$ est $]-\infty; 2]$ .

**II-C-** Pour tout réel $x > 0$, $\ln(x^3+x^2) = \ln(x^2)\times\ln(x^3)$ .

**II-D-** Pour tout réel $x > 0$, $\ln(x^3+x^2) = 2\ln(x)+\ln(x+1)$ .

**II-E-** Pour tous réels $a$ et $b$, $\dfrac{e^a+e^b}{e^{a+b}} = e^{-a}+e^{-b}$ .

**Exercice III**

Soit $a$ un nombre réel. On considère l'équation $(E) : x^2 = a^2$, d'inconnue réelle $x$.

**III-A-** Si le nombre réel $a$ est strictement négatif, alors l'équation $(E)$ n'a pas de solution.

**III-B-** Pour tout nombre réel $a$, l'équation $(E)$ admet $a$ comme unique solution.

**III-C-** Il existe une unique valeur de $a$ pour laquelle l'équation $(E)$ admet une unique solution.

### Deuxième partie – Fonctions à valeurs réelles

**Exercice IV**

Soient $f$ une fonction continue sur $\mathbb{R}$ et $C_f$ sa courbe représentative dans un repère orthonormé.

**IV-A-** Si $C_f$ admet en $-\infty$ une asymptote d'équation $y = -1$, alors l'équation $f(x) = -1$ n'a pas de solution.

**IV-B-** Si $C_f$ admet en $-\infty$ une asymptote d'équation $y = -1$, alors $\lim\limits_{x\to-\infty} f(x) = -1$.

**IV-C-** Si $C_f$ admet en $-\infty$ une asymptote d'équation $y = -1$, alors $\lim\limits_{x\to-1} f(x) = -\infty$.

**Exercice V**

Soient $f$ la fonction définie pour tout réel $x$ différent de 1 par $f(x) = \frac{1}{(1-x)^2}$ et $C_f$ sa courbe représentative dans un repère orthonormé.

**V-A-** $C_f$ admet une asymptote d'équation $x = 0$.

**V-B-** $f$ est croissante sur $]1\ ;\ +\infty[$.

**V-C-** La fonction $F$ définie par $F(x) = \frac{-1}{1-x}$ est une primitive de $f$ sur $]1\ ;\ +\infty[$.

**Troisième partie – Suites numériques**

**Exercice VI**

Soit $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ la suite définie pour tout entier naturel $n$ par $u_n = (-1)^n$.

**VI-A-** $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ est bornée.

**VI-B-** $(u_n)_{n\in\mathbb{N}}$ est convergente.

**VI-C-** $\left(\frac{u_n}{n}\right)_{n\in\mathbb{N}^*}$ est décroissante.

**VI-D-** $\left(\frac{u_n}{u_{n+1}}\right)_{n\in\mathbb{N}}$ est constante.

**Quatrième partie – Probabilités**

**Exercice VII**

**VII-A-** On effectue quatre lancers d'une pièce équilibrée. La probabilité d'obtenir une seule fois face est égale à $\frac{3}{4}$.

**Exercice VIII**

**VIII-A-** On tire au hasard successivement et sans remise deux cartes dans un jeu de 32 cartes comportant 16 cartes rouges et 16 cartes noires. Si $X$ est la variable aléatoire correspondant au nombre de cartes noires parmi les deux tirées, alors $X$ suit une loi binomiale de paramètres 2 et $\frac{1}{2}$.

**Cinquième partie – Géométrie dans le plan**

**Exercice IX**

Dans le plan muni d'un repère orthonormé $(O\ ;\ \vec{\imath}\ ;\ \vec{\jmath})$, on considère les points $A$, $B$ et $C$ de coordonnées respectives : $A(1\ ;\ -1)$, $B(-2\ ;\ 5)$ et $C(3\ ;\ 5)$.

**IX-A-** Une équation de la droite $(AB)$ est $2x + y - 1 = 0$.

**IX-B-** Une équation de la droite $\mathcal{D}$ perpendiculaire à $(AB)$ passant par $C$ est $x - 2y + 7 = 0$.

**VII-C-** Le point d'intersection $I$ de la droite $(AB)$ avec la droite $\mathcal{D}$ a pour coordonnées $I(-1\ ;3)$.

L'espace est rapporté à un repère orthonormé $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k})$. On considère le point $A$ de coordonnées $A(2\,;-1\,;-1)$ et la droite $\mathcal{D}$ dont un système d'équations paramétriques est donné par :

$$\begin{cases} x = 1 + t \\ y = 2t \\ z = -1 + t \end{cases}, \text{ avec } t \in \mathbb{R}.$$

Pour tout nombre réel $t$, on note $M_t$ le point de la droite $\mathcal{D}$, de coordonnées $(1 + t\,; 2t\,;\, -1 + t)$.

*Le but de cet exercice est de déterminer la distance $\boldsymbol{\ell}$ entre le point $A$ et la droite $\mathcal{D}$ par trois méthodes différentes.*

**Questions préliminaires**

**I-1-** Justifier que le point $A$ n'appartient pas à la droite $\mathcal{D}$.

**I-2-** Donner les coordonnées d'un vecteur directeur $\vec{u}$ de la droite $\mathcal{D}$.

*Les parties A, B et C peuvent être traitées de manière indépendante.*

**Partie A – Première méthode**

**I-3-** On considère le plan $\mathcal{P}$ passant par $A$ et orthogonal à la droite $\mathcal{D}$. Donner une équation cartésienne du plan $\mathcal{P}$. Justifier la réponse.

**I-4-** Déterminer les coordonnées de $B$, point d'intersection de la droite $\mathcal{D}$ et du plan $\mathcal{P}$. Justifier la réponse.

**I-5-** Calculer $AB^2$. Justifier la réponse. On exprimera le résultat sous la forme d'une fraction irréductible.

**Partie B – Deuxième méthode**

**I-6-** On considère la fonction $f$ définie pour tout réel $t$ par $f(t) = AM_t{}^2$.

Déterminer les réels a, b et c tels que $f(t) = at^2 + bt + c$. Aucune justification n'est attendue.

**I-7-a-** Compléter le tableau des variations de la fonction $f$. Les limites en $-\infty$ et en $+\infty$ ne sont pas attendues. Aucune justification n'est attendue.

**I-7-b-** Compléter avec les termes qui conviennent : « La fonction $f$ admet un minimum/maximum en … qui vaut … . »

**Partie C – Troisième méthode**

On considère le point $M_0(1\,; 0\,;\, -1)$ de la droite $\mathcal{D}$.

**I-8-a-** Donner les coordonnées du vecteur $\overrightarrow{AM_0}$. Aucune justification n'est attendue.

**I-8-b-** Donner la longueur $AM_0$. Aucune justification n'est attendue.

On note $H$ le projeté orthogonal du point $A$ sur la droite $\mathcal{D}$.

**I-9-** Justifier qu'il existe un nombre réel $k$ tel que $\overrightarrow{HM_0} = k\vec{u}$.

**I-10-a-** Justifier l'égalité : $k = \frac{\overrightarrow{AM_0} \cdot \vec{u}}{\|\vec{u}\|^2}$. *<u>On pourra admettre ce résultat pour la suite de l'exercice.</u>*

**I-10-b-** En déduire la valeur de $k$.

**I-10-c-** En déduire la longueur $HM_0$. Aucune justification n'est attendue.

**I-11-** En déduire $AH^2$. Justifier la réponse. On exprimera le résultat sous la forme d'une fraction irréductible.

**Conclusion**

**I-12-** En déduire la valeur de $\boldsymbol{\ell}$. Aucune justification n'est attendue.

## Mathématiques Spécialité - EXERCICE II (6 points)

On réalise un test de dépistage d'une maladie dans un élevage de bovins. Lors d'un test :

- la probabilité qu'un test réalisé sur animal malade soit positif est égale à $\frac{9}{10}$ ;
- la probabilité qu'un test réalisé sur animal non malade soit négatif est égale à $\frac{4}{5}$.

On considère l'expérience aléatoire qui consiste à tester un animal de l'exploitation.

On note $M$ l'événement : « l'animal est atteint par la maladie ». On considère que, dans l'élevage où est réalisé ce dépistage, $P(M) = \frac{1}{4}$.

*On rappelle que, pour tout événement noté A, l'événement noté $\bar{A}$ est son contraire.*

**On donnera les résultats sous la forme d'une fraction irréductible**.

On choisit au hasard un animal de l'exploitation et on effectue un test. On note $T$ l'événement : « le test est positif ».

**II-1 -** Donner $P_M(T)$, $P_M(\bar{T})$, $P_{\bar{M}}(T)$ et $P_{\bar{M}}(\bar{T})$.

**II-2-** Montrer que $P(T) = \frac{3}{8}$. Justifier et détailler le calcul.

**II-3-** Calculer $P_T(M)$. Justifier et détailler le calcul.

## Mathématiques Spécialité – EXERCICE III (10 points)

On cherche à déterminer toutes les fonctions $f$ vérifiant les conditions suivantes :

$$\mathscr{P} \left\{ \begin{array}{ll} \bullet & \text{la fonction } f \text{ est définie, dérivable et ne s'annule pas sur } \mathbb{R} \text{ ;} \\ \bullet & f(0) = \frac{1}{2} \text{ ;} \\ \bullet & \text{pour tout nombre réel } x,\ f'(x) = (f(x))^2 - f(x). \end{array} \right.$$

Le but de cet exercice est de démontrer que le problème $\mathscr{P}$ admet une unique solution.

**III-1-** On suppose que $f$ est une fonction solution du problème $\mathscr{P}$. Soit $h$ la fonction définie pour tout nombre réel $x$ par : $h(x) = \left(\frac{1}{f(x)} - 1\right) e^{-x}$.

**III-1-a-** Donner $h(0)$. Le détail des calculs n'est pas attendu.

**III-1-b-** Montrer que, pour tout nombre réel $x$, $h'(x) = 0$. Détailler les calculs.

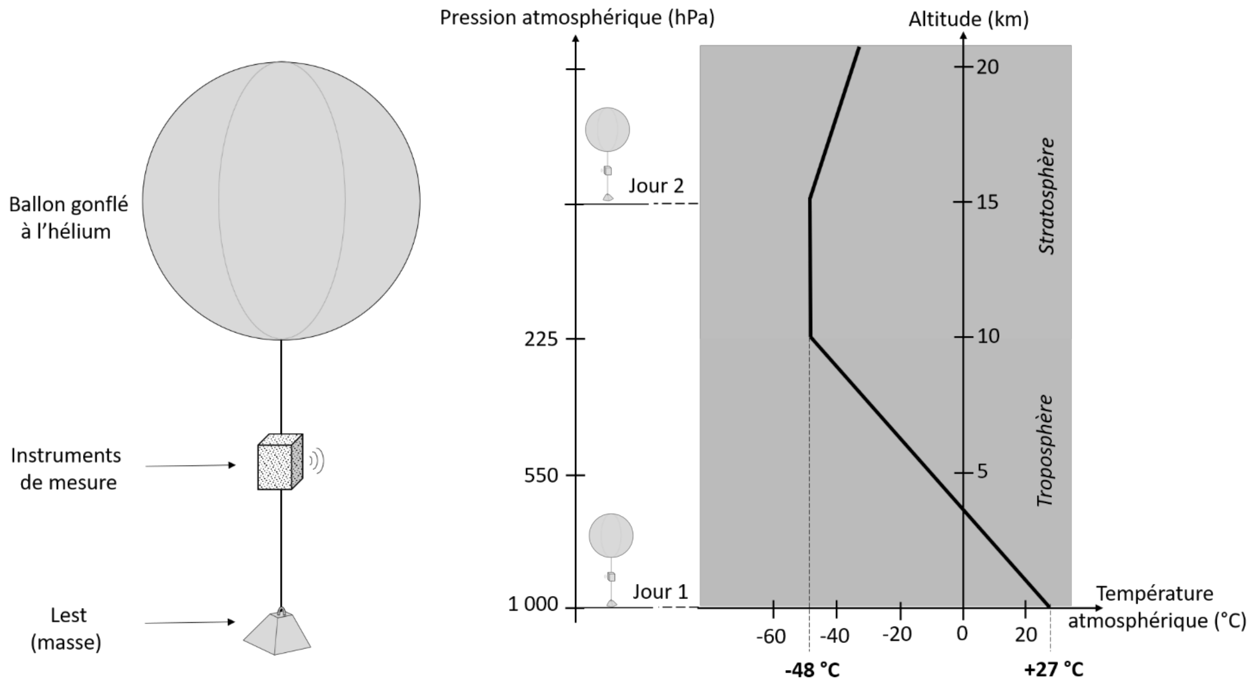
**III-1-c-** Que peut-on en déduire pour la fonction $h$ ? Aucune justification n'est attendue.

**III-1-d-** En déduire que, pour tout nombre réel $x$, $f(x) = \frac{1}{e^x+1}$. Justifier la réponse.

**III-2-** Montrer que la fonction $f$ définie par $f(x) = \frac{1}{e^x+1}$ est bien solution du problème $\mathscr{P}$.

## Physique Chimie – EXERCICE I (13 points)

Afin d'étudier les conditions thermodynamiques de l'atmosphère, les climatologues utilisent des ballons-sondes remplis d'hélium et équipés d'instruments de mesure. Un lest en plomb permet de stabiliser le ballon en altitude après son lâcher. Dans tout l'exercice, l'hélium sera considéré comme un gaz parfait et l'on supposera que sa pression et sa température restent en équilibre quasi-statique avec les conditions thermodynamiques de l'atmosphère ($P_{He} = P_{atm}$ et $T_{He} = T_{atm}$).




### Partie A : Questions préliminaires

**I-1-** Cocher les deux affirmations correspondant aux hypothèses du modèle du gaz parfait : « Le modèle d'un gaz parfait suppose que les molécules qui le composent soient… ».

**I-2-** Citer les trois modes de transfert thermique entre un système thermodynamique et son environnement.

**I-3-** Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U$ d'un système incompressible, de masse $m$ et de capacité calorifique massique $c$, soumis à une variation de température $\Delta T$.

### Partie B : Remplissage du ballon-sonde en hélium au niveau du sol (Jour1, altitude 0 km)

**I-4-** Déterminer la température $T_1$ (en K) et la pression $P_1$ (en Pa) de l'hélium au niveau du sol.
*(On rappelle que le zéro absolu correspond à une température de -273 °C).*

**I-5-** Après remplissage, le ballon a un volume $V_1 = 10\ 000$ m$^3$. Donner l'expression du nombre de moles $n_1$ d'hélium en fonction de $R$, $P_1$, $V_1$ et $T_1$. Cocher la valeur approchée de $n_1$.
*(On prendra $R = 10$ J.K$^{-1}$.mol$^{-1}$ ou Pa.m$^3$.K$^{-1}$.mol$^{-1}$)*

**I-6-** Cocher l'expression du volume molaire $V_{m,1}$ de l'hélium en fonction des grandeurs que vous jugerez utiles parmi $R$, $P_1$, $V_1$ et $T_1$. Calculer la valeur approchée de $V_{m,1}$ (en L.mol$^{-1}$).

### Partie C : Ascension et stabilisation du ballon-sonde (Jour 2, altitude 15 km)

**I-7-** Lors de son ascension, le volume du ballon augmente et atteint le volume $V_2$ à 15 km d'altitude. Exprimer le taux d'expansion du ballon $V_2/V_1$ en fonction de $T_1$, $T_2$, $P_1$ et $P_2$.

**I-8-** Sachant que $V_2/V_1 = 5$, calculer la valeur de la pression $P_2$ (en hPa) correspondante à une altitude de 15 km. (*On rappelle que $225/15 = 15$*)

**I-9-** Exprimer la variation d'énergie interne $\Delta U_{1\text{-}2}$ du lest en plomb (supposé incompressible) lors de son ascension de 0 à 15 km d'altitude en fonction de $T_1$ et $T_2$. Calculer la valeur de $\Delta U_{1\text{-}2}$. Expliquer en une phrase la cause physique du signe du résultat obtenu. (*On donne $m = 1$ kg et $c_{Pb} = 100$ J.kg$^{-1}$.K$^{-1}$*)

L'acide acétique, de formule semi-développée $CH_3COOH$, est un composé que l'on retrouve dans de nombreux milieux d'origine organique. Il entre notamment dans la constitution du vinaigre.

*Données* :

Conductivités ioniques molaires : $\lambda\ (H_3O^+) = 35{,}0 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹
$\lambda\ (Na^+) = 5{,}0 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹
$\lambda\ (HO^-) = 19{,}9 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹
$\lambda\ (CH_3COO^-) = 4{,}1 \times 10^{-3}$ S.m².mol⁻¹

Masses molaires atomiques : $M(H) = 1{,}0$ g.mol$^{-1}$ ; $M(C) = 12{,}0$ g.mol$^{-1}$ ; $M(O) = 16{,}0$ g.mol$^{-1}$ ;
$pK_A$ du couple formé par l'acide acétique et sa base conjuguée = 4,76
Produit ionique de l'eau : $K_e = 10^{-14}$
Masse volumique de l'eau = 1000 g.L$^{-1}$ , on considérera celle du vinaigre égale à celle de l'eau

**II-1-** Donner le schéma de Lewis de l'acide acétique et calculer sa masse molaire. Préciser son nom systématique dans la nomenclature officielle.

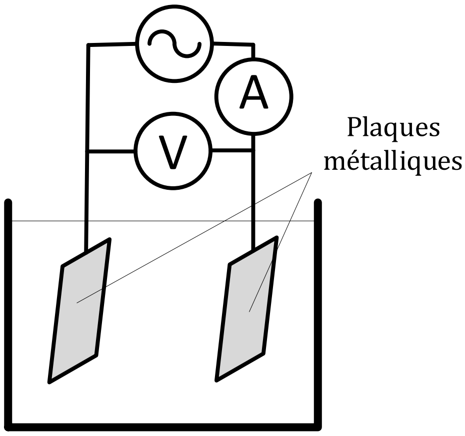
On se propose d'effectuer le dosage d'un vinaigre blanc dont l'emballage porte la mention « 6% d'acidité », ce qui correspond à une masse d'acide acétique de 60 g par litre de vinaigre.
La réaction mise en œuvre pour ce dosage est celle de l'acide acétique avec la soude en solution aqueuse ($Na^+ + HO^-$):

$$CH_3COOH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} = CH_3COO^-_{(aq)} + H_2O$$

**II-2-** Identifier les deux couples Acide/Base *(à donner dans cet ordre)* impliqués dans la réaction.

Le dosage sera mené sur une prise d'essai de $V_A = 1{,}0$ mL de vinaigre, qui sera dilué avec de l'eau pure jusqu'à un volume de 100,0 mL. Le réactif dosant est une solution de soude fraichement préparée à la concentration de $c_S = 1{,}0.10^{-1}$ mol.L$^{-1}$.

**II-3-** Donner le *pH* de la solution titrante de soude.

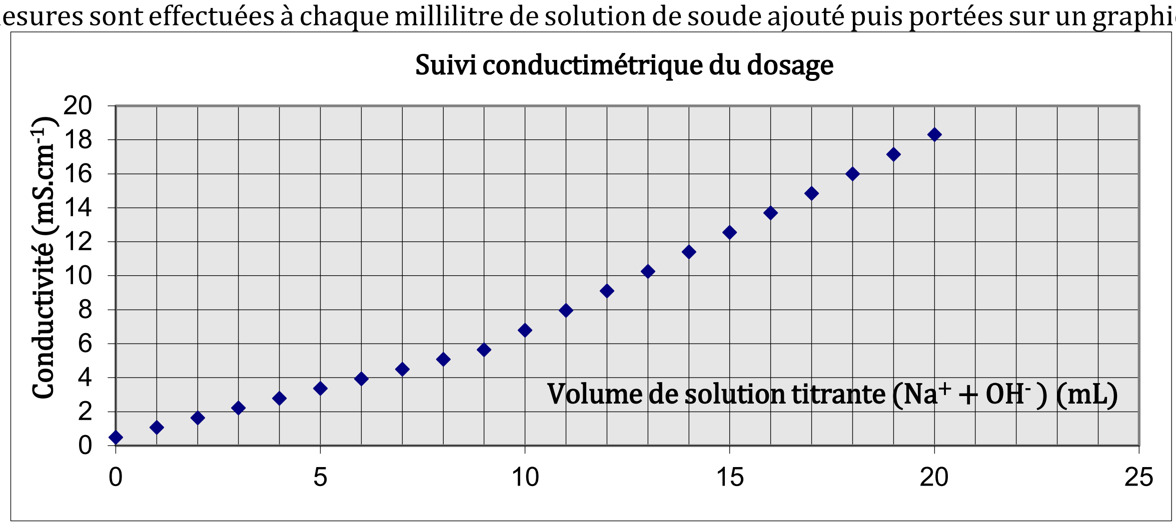



Le dosage est suivi par conductimétrie.
La conductimétrie repose sur la mesure de la conductance G d'un milieu, selon le schéma de principe donné ci-contre : le voltmètre mesurant la tension U et l'ampèremètre l'intensité I.
La conductance s'exprime en Siemens (1 S = 1 $\Omega^{-1}$).

**II-4-** Exprimer $G$ en fonction de U et I.

**II-5-** Donner l'expression littérale de la conductivité $\sigma$ de la solution au cours du dosage en fonction des conductivités ioniques molaires des espèces $\lambda_i$ et de leurs concentrations $C_i$.

Les mesures sont effectuées à chaque millilitre de solution de soude ajouté puis portées sur un graphique :



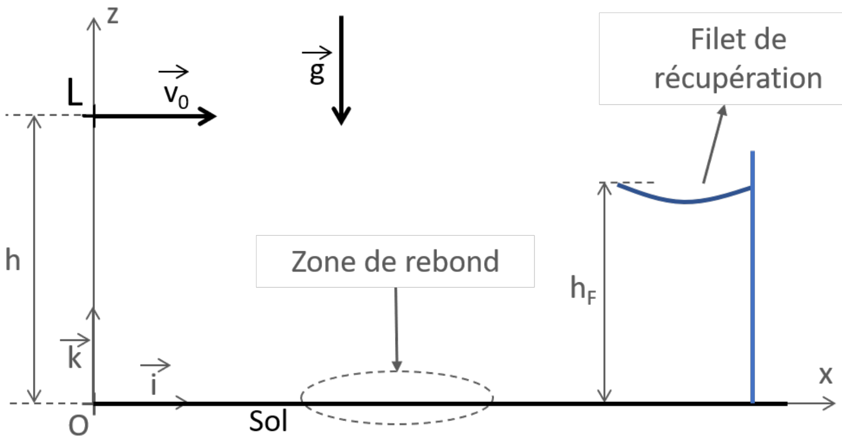

**II-6-** Prévoir l'allure de l'évolution du *pH* au cours du dosage.

**II-7-** Parmi les espèces présentes dans le milieu réactionnel, cocher celle qui est responsable de la rupture de pente observée sur la courbe de suivi conductimétrique au cours du dosage.

**II-8-** Déterminer le volume équivalent pour le dosage.
**II-9-** En déduire la quantité d'acide acétique présent dans la prise d'essai.
**II-10-** Calculer la concentration molaire de l'acide acétique dans le vinaigre.

## Physique Chimie – EXERCICE III (13 points)

Dans une usine de production de balles de golf, chaque balle doit passer un test de rebond. La balle de masse $m$ est lancée d'une hauteur $h$ avec une vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$ horizontale. Elle doit rebondir sur le sol avant de terminer sa course sur un filet de récupération (voir schéma). Si la balle est défectueuse, son rebond trop bas ne lui permet pas d'atteindre le filet et elle est éliminée.




On étudie le mouvement d'une balle entre son lancer au point L et son rebond sur le sol, dans le plan $(O, x, z)$ muni du repère $(O, \vec{\imath}, \vec{k})$. Les frottements avec l'air sont négligés et on assimile la balle à son centre de gravité. L'instant initial $t = 0$ correspond au lancer de la balle au point L. L'accélération de la pesanteur est notée $\vec{g} = -g\,\vec{k}$.
Pour les applications numériques, on prendra $g = 10$ m.s$^{-2}$, $h = 5{,}00$ m , $v_0 = 2{,}0$ m.s$^{-1}$, $m = 50$ g.

**III-1-** Donner les expressions littérales du poids $\vec{P}$ de la balle et de ses coordonnées $P_x$ et $P_z$ .

$$\vec{P} = P_x\vec{\imath} + P_z\vec{k}$$

**III-2-** Exprimer la deuxième loi de Newton appliquée à la balle.
**III-3-** En déduire les expressions des coordonnées $a_x(t)$ et $a_z(t)$ du vecteur accélération de la balle :

$$\vec{a} = a_x(t)\cdot\vec{\imath} + a_z(t)\cdot\vec{k}$$

**III-4-** Donner les expressions des coordonnées $v_x$ et $v_z$ du vecteur vitesse de la balle :

$$\vec{v} = v_x(t)\cdot\vec{\imath} + v_z(t)\cdot\vec{k}$$

**III-5-** Exprimer alors les coordonnées $x(t)$ et $z(t)$ de la balle en fonction du temps.
**III-6-** Déterminer l'équation de la trajectoire de la balle.

On note $x_S$ et $z_S$ les coordonnées de la balle lorsqu'elle touche le sol, et $t_S$ l'instant correspondant. On souhaite déterminer le lieu précis du rebond.

**III-7-** A partir de III 5-, exprimer $t_S$ en fonction des paramètres qui conviennent parmi $v_0$, $g$, $m$, $h$.
**III-8-** En déduire l'expression de $x_S$ en fonction des paramètres qui conviennent parmi $v_0$, $g$, $m$, $h$, puis calculer sa valeur.

La qualité du rebond de la balle lors de son contact avec le sol est caractérisée par un coefficient $E$ sans dimension et compris entre 0 et 1. Si on appelle $h_R$ la hauteur maximale atteinte par la balle après son rebond, alors plus la valeur de $E$ est élevée et plus celle de $h_R$ l'est aussi.

**III-9-** Grâce à l'analyse dimensionnelle et d'après les informations données ci-dessus, déterminer l'expression correcte de $h_R$ en fonction de $h$ et $E$.

Dans l'usine, la balle passe le test avec succès si $E \geq 0{,}900$. Le bord du filet de récupération est donc placé à une hauteur notée $h_F$, exactement au sommet de la trajectoire (après rebond) observée pour $E = 0{,}900$.

**III-10-** Quelle hauteur $h_F$ exprimée en centimètres permettra de sélectionner les balles de qualité suffisante ($E \geq 0{,}900$) ?

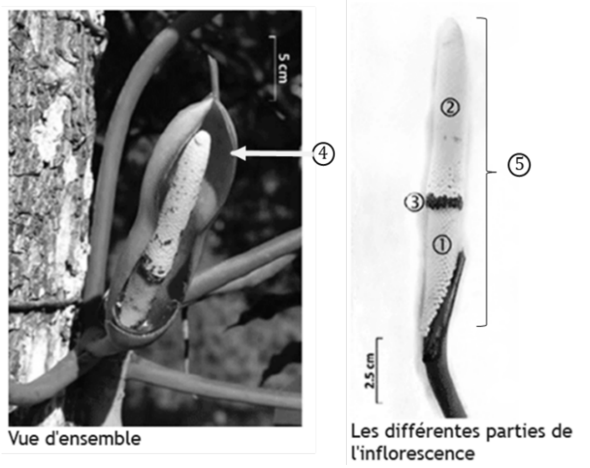
## Sciences de la Vie et de la Terre / Biologie Ecologie :

*Certaines parties se composent de questions à réponses multiples qui* ***peuvent conduire à des points négatifs en cas de mauvaise(s) réponse(s) cochée(s) au sein d'une même question****. La note minimale à une question donnée est toutefois planchée à 0.*

### EXERCICE I (20 points)

**Reproduction chez le Philodendron** (*Philodendron sp.)*

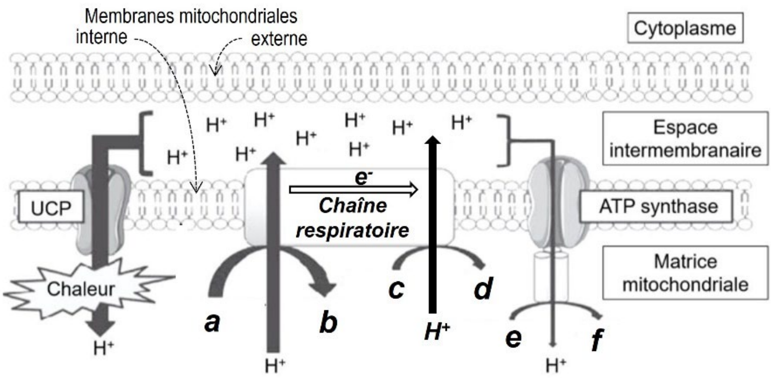
Les Philodendrons ont des fleurs mâles et des fleurs femelles disposées sur un axe central nommé le **spadice**, les **fleurs femelles** sont en bas de cet axe, séparées des **fleurs mâles** par une **partie stérile**. L'ensemble forme une inflorescence entourée par une structure ressemblant à une grande feuille, la **bractée**. Ces inflorescences et leur bractée sont colorées.




__Document I.1__ **:** Photographies de l'inflorescence de Philodendrons.

**I.1-** En utilisant les mots en gras du texte, compléter les légendes du **document I.1** directement sur le document réponses.

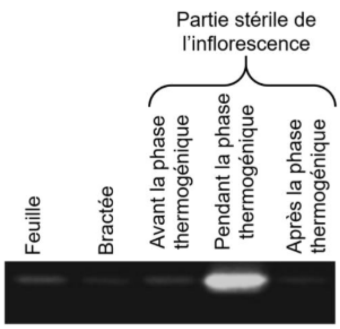
La majorité des angiospermes présente une température proche de celle de l'environnement. Cependant, certains végétaux ont des tissus qui sont capables de produire de la chaleur par un ensemble de mécanismes qualifié de «thermogenèse». La thermogenèse a lieu au sein des membranes mitochondriales de cellules thermogéniques des tissus concernés.




__Document I.2__ **:** Schéma de la synthèse d'ATP et de la production de chaleur au sein des membranes mitochondriales des cellules thermogéniques. L'épaisseur des flèches est proportionnelle à l'intensité des flux de protons.

**I.2 -** En sachant que la chaîne respiratoire mitochondriale débute par la réoxydation des composés réduits, jusqu'à la réduction de dioxygène en eau et que ces réactions conduisent à la phosphorylation de l'ADP, indiquer directement dans le document réponses à quelles lettres minuscules correspondent les composés suivants : $NAD^+$ ; $H_2O$ ; ADP+ Pi ; NADH, $H^+$ ; ATP ; ½ $O_2$+2$H^+$.

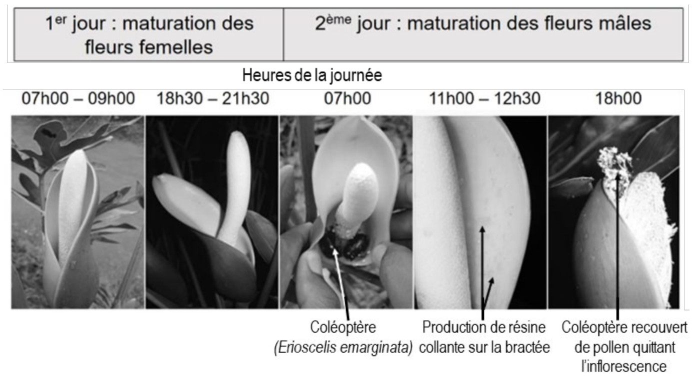
Une analyse de l'expression du gène codant pour la protéine UCP a été réalisée dans différentes parties d'un plant de Philodendron thermogénique et à différents moments. Les résultats sont présentés dans le **document I.3**. La présence d'une bande blanche indique que le gène UCP est exprimé et son intensité traduit le niveau d'expression du gène.




__Document I.3__ **:** Profil d'expression du gène UCP (uncoupling protein) dans différentes parties d'un plant de Philodendron.

**I.3-** A l'aide des **documents I.2 et I.3**, indiquer comment se déroule la production de chaleur et quelle partie de l'inflorescence est à l'origine de cette production chez le Philodendron.

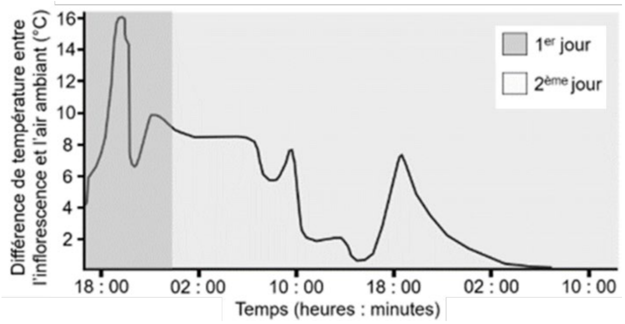
L'inflorescence de chaque individu suit le processus de maturation décrit dans le **document I.4**. Il existe un décalage dans le temps de la maturation des inflorescences de différents individus. Par ailleurs, lorsque les fleurs mâles d'un organisme deviennent matures, les pistils de la même inflorescence ne sont plus réceptifs aux pollens. Sur les différentes observations effectuées pendant l'expérience, seul un insecte coléoptère de l'espèce *Erioscelis emarginata* a été trouvé au contact de l'inflorescence.




__Document I.4__ **:** Photographies de l'inflorescence de Philodendron pendant la période de reproduction sexuée.

**I.4** – Indiquer directement sur le document réponses, les spécificités de la maturation des inflorescences du Philodendron.

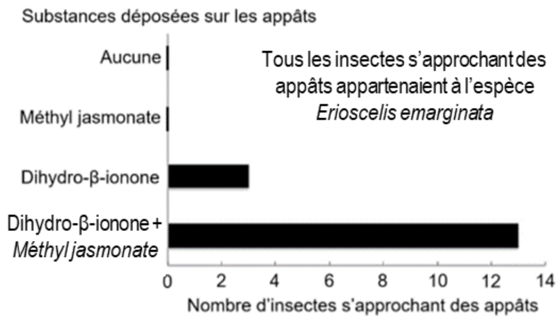
On a mesuré la différence de température entre l'inflorescence et l'air ambiant à partir du moment où les fleurs femelles atteignent leur maturité (**Document I.5**).




__Document I.5__ **:**
Evolution de la différence de température entre l'inflorescence et l'air ambiant pendant la période de reproduction sexuée.

**I.5** – A quel moment (temps indiqué sur le **doc I.5**) de la maturation de l'inflorescence la différence de température entre l'inflorescence et l'air ambiant est maximale. Relier ce résultat avec les spécificités de l'inflorescence vues à la question I.4.

Des études menées sur Philodendron ont montré que ses inflorescences émettaient une odeur lors du premier jour de la période de reproduction sexuée vers 18h30. La présence de 39 composés volatils odorants différents a été révélée, dont le dihydro-β-ionone et le méthyl jasmonate, ces composés volatiles faisaient partie des composés les plus présents. Pour comprendre le rôle de ces composés volatiles émis par le végétal, ils ont été déposés dans la même quantité sur des appâts pendant 4 nuits et on a compté le nombre d'insectes s'en approchant (**Document I.6**).




__Document I.6__ **:** Nombre d'insectes s'approchant des différents appâts en fonction de la nature des substances déposées.

**I.6**- Rédiger, en une réponse courte, les observations et interprétations principales issues de l'expérience du **document I.6**.

La masse volumique de l'air varie en fonction de différents paramètres comme la pression atmosphérique, la température et l'humidité. Une diminution locale de la masse volumique de l'air conduit à un mouvement ascendant.

__Document I.7:__ Masse volumique de l'air sec en fonction de la température à une pression de 1 atmosphère

| Température (°C) | Masse volumique (kg/m3) |
|---|---|
| -5 | 1,316 |
| 0 | 1,292 |
| 5 | 1,269 |
| 10 | 1,247 |
| 15 | 1,225 |
| 20 | 1,204 |

| Température (°C) | Masse volumique (kg/m3) |
|---|---|
| 25 | 1,184 |
| 30 | 1,164 |
| 35 | 1,146 |
| 40 | 1,127 |
| 45 | 1,11 |
| 50 | 1,092 |

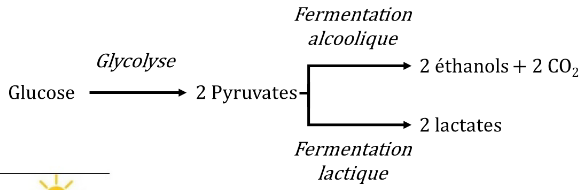
**I.7**- Indiquer l'observation principale issue du **document I.7.** Puis, en associant cette observation aux expériences et documents précédents, lister la succession des évènements favorisant la pollinisation.

**I.8** – Quelles conclusions tirer de cet ensemble documentaire ? Répondre directement sur le document réponses en cochant **les affirmations vraies**.

## EXERCICE II (10 points)

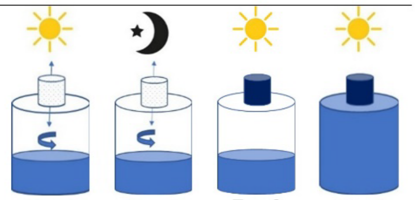
La levure *Saccharomyces cerevisiae*, plus connue sous l'appellation « levure de boulangerie », est un champignon unicellulaire microscopique employé dans la fabrication de la bière et du pain. Son métabolisme énergétique peut être de type respiration aérobie (chaînes respiratoires mitochondriales) ou fermentaire (fermentation alcoolique). On qualifiera ce microorganisme d'aéro-anaérobie facultatif.

Pour information, la fermentation alcoolique est comparable à la fermentation lactique selon le schéma ci-contre.




On réalise 4 cultures de *S. cerevisiae* dans des conditions différentes avec le même milieu de culture et la même concentration en glucose. Les 4 cultures sont ensemencées avec la même quantité de levures (**Tableau II.1**).

Tableau II.1 - Cultures de *Saccharomyces cerevisiae*.



| Illustration et Numéro de l'expérience | Exp 1 | Exp 2 | Exp 3 | Exp 4 |
|---|---|---|---|---|
| **Volume total du flacon** | 500 mL | 500 mL | 500 mL | 500 mL |
| Volume de milieu de culture | 100 mL | 100 mL | 100 mL | 500 mL |
| Agitation | oui | oui | non | non |
| Bouchon hermétique à l'air | non | non | oui | oui |
| Lumière | oui | non | oui | oui |

Après incubation 24 heures à 30°C, on mesure les quantités de lactate, d'alcool (éthanol) et de levures dans chacun des flacons (**Tableau II.2**).

**II.1 -** Est-ce que la lumière a un impact sur le métabolisme de *Saccharomyces cerevisiae* ?

**II.2 -** Cocher directement dans le document réponses, pour chaque expérience, le(s) type(s) de métabolisme(s) mis en œuvre par les levures.

**Tableau II.2 -** Concentrations en biomasse, acide lactique et éthanol à T=0h de culture et à T = 24 h de culture dans les 4 expériences.

| Concentrations | Exp 1 | Exp 2 | Exp 3 | Exp 4 |
|---|---|---|---|---|
| Lactate (g/L) à t=0 h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Lactate (g/L) à t=24 h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ethanol (g/L) à t=0 h | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ethanol (g/L) à t=24 h | 0 | 0 | 0,5 | 1 |
| Levures (mg/g de glucose consommé) à t=0 h | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Levures (mg/g de glucose consommé) à t=24 h | 250 | 250 | 50 | 5 |

**II.3 -** Si on équipe chaque flacon d'un capteur de $CO_2$, dans quelle(s) expérience(s) ce gaz sera détecté en fin d'incubation ? Indiquer les réponses directement sur le document réponses.

On sait qu'en conditions standards, l'oxydation complète d'une molécule de glucose génère une énergie de 2860 kJ.mol$^{-1}$. L'énergie de liaison entre le 3$^{ième}$ phosphate et l'ADP dans l'ATP vaut 30,5 kJ.mol$^{-1}$. Aussi, il a été montré que la fermentation produit 2 ATP par mole de glucose contre 36 pour la respiration.

**II.4 –** Calculer le rendement énergétique (en %) de la fermentation et de la respiration pour une même quantité de glucose.

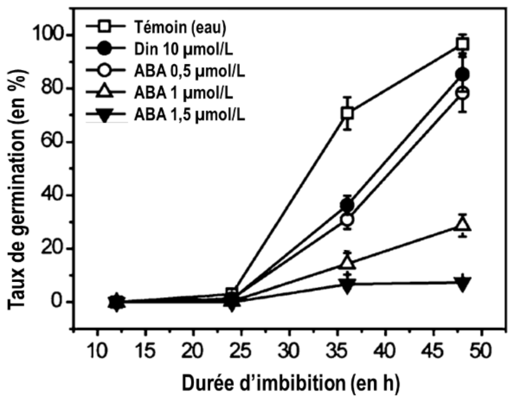
**II.5** – Valider les différences observées en production de levures par g de glucose consommé en cochant les **affirmations vraies** directement dans le document réponses.

## EXERCICE III (10 points)

Des substances produites par les plantes - telles que les auxines, les cytokinines, l'éthylène, l'acide abscissique, les acides gibbérelliques – vont participer à diriger la croissance et le développement des végétaux en stimulant ou en inhibant certaines fonctions ou certains processus biologiques.

**III.1**- Quel est le nom générique de ces substances ?

L'effet de l'acide abscissique (ABA) sur les taux de germination des graines de riz a été étudié en déposant les graines sur des papiers filtres imprégnés de solutions d'ABA à différentes concentrations. Ce dépôt permet **l'imbibition** de la graine, c'est-à-dire **d'initier sa germination**. Une modalité remplace l'ABA par du diniconazole (Din), un inhibiteur de l'effet des acides gibbérelliques (AG). Les AG, présents naturellement dans les graines, sont des substances connues pour favoriser leur germination.

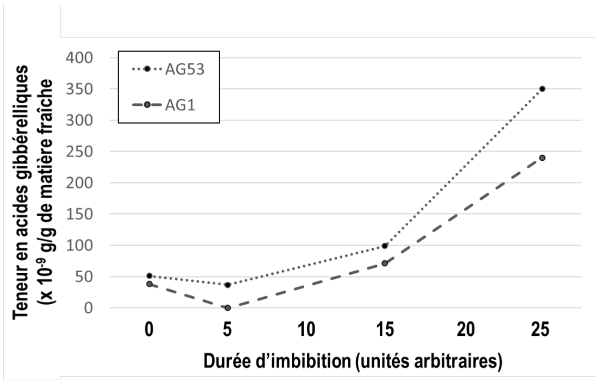



**Document III.1** – Taux de germination de graines de riz selon leur durée d'imbibition sur des papiers filtres imprégnés de différentes substances : eau (témoin), un inhibiteur des AG (Din), des solutions d'ABA.

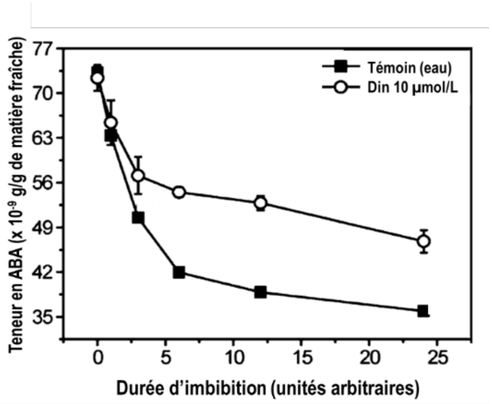
**III.2** - A partir du **document III.1**, indiquer l'effet de l'acide abscissique sur la germination des graines de riz.

**III.3** -A partir du **document III.1**, indiquer les **affirmations vraies** concernant les effets de ces substances sur la germination des graines de riz.

Une autre étude a dosé 2 molécules de la famille des AG (AG53 et AG1) au cours de l'imbibition (**Document III.2**). Des chercheurs ont aussi suivi la teneur en ABA à l'intérieur des graines de riz au cours de l'imbibition dans 2 conditions expérimentales : les graines sont disposées sur un papier filtre imprégné soit d'eau, soit de diniconazole (**Document III.3**).




**Document III.2** : Teneurs en AG53 et en AG1 dans des graines de riz durant l'imbibition.




**Document III.3** : Teneur en ABA de graines de riz durant l'imbibition.

**III.4** – A partir des observations mises en évidence dans les **documents III.2** et **III.3**, proposer une hypothèse sur le fonctionnement de l'ABA et des AG l'un par rapport aux autres lors du début de la germination des graines.

**III.5** -D'autres travaux ont montré que les AG stimulent l'expression du gène de l'α-amylase dans les graines d'orge. L'α-amylase est l'enzyme de dégradation de l'amidon. Indiquer alors les **affirmations vraies** lors de l'imbibition des graines.

**Numérique et Sciences Informatiques – 1 seul exercice (40 points)**

Alan enseigne la spécialité NSI au lycée Philippe Auboyneau et il organise une compétition à destination de ses élèves. L'objectif est d'élaborer une stratégie gagnante au jeu de la bataille navale.

La bataille navale est un jeu à deux joueurs. Au début de la partie chaque joueur dispose de deux grilles carrées de côté 10 et d'une flotte composée de bateaux qui occupent de 1 à 5 cases ; les flottes des deux joueurs sont identiques. Chaque joueur place ses bateaux, verticalement ou horizontalement, sur une de ses grilles en veillant à ne pas placer plusieurs bateaux sur une même case. À tour de rôle, les joueurs annoncent les coordonnées de la case sur laquelle ils tirent et ils notent la réponse de leur adversaire sur leur deuxième grille : « A l'eau » si aucun bateau n'est touché, « Touché » si un bateau est touché sans être coulé (au moins une des cases que le bateau occupe n'a pas encore été touchée) ou « Coulé bateau de $X$ cases » si la dernière case occupée par un bateau de $X$ cases est touchée. Le joueur attaqué marque la case visée sur la grille où il a placé ses bateaux. Le premier joueur qui coule toute la flotte de son adversaire gagne la partie.

Un **identifiant de bateau** est une chaîne de caractères. Les **coordonnées d'une case** (ou d'un tir) sont représentées par un *tuple* de deux entiers `(ligne, colonne)`. Un **bateau** est représenté par un *tuple* de trois éléments (triplet) ; le premier élément indique le nombre de cases occupées par le bateau, le deuxième élément est la liste des coordonnées des cases occupées par le bateau (dès qu'elles sont connues) et le troisième élément est la liste des coordonnées des cases occupées par le bateau et touchées par un tir. Une **flotte** est représentée par un dictionnaire dont chaque clé est un identifiant de bateau auquel est associé un bateau.

**1.** La fonction `initialiser_flotte` ne reçoit aucun argument. La fonction `initialiser_flotte` renvoie une flotte composée d'un porte-avion qui occupe cinq cases, d'un cuirassé qui occupe quatre cases, de deux croiseurs qui occupent chacun trois cases et d'un torpilleur qui occupe deux cases ; ces bateaux ne sont pas encore placés sur la grille et n'ont pas encore été victimes d'un tir de l'adversaire. Compléter la définition ci-dessous en indiquant par quoi doivent être remplacés les symboles ① à ⑧ ; quand un même numéro apparaît plusieurs fois, toutes les occurrences/apparitions sont remplacées par la même chose.

```
def initialiser_flotte():
    flotte = ①
    flotte['porte-avion'] = ( ② , ③ , ④ )
    flotte['cuirasse']    = ( ⑤ , ③ , ④ )
    flotte['croiseur 1']  = ( ⑥ , ③ , ④ )
    flotte['croiseur 2']  = ( ⑥ , ③ , ④ )
    flotte['torpilleur']  = ( ⑦ , ③ , ④ )
    return ⑧
```

**2.** La fonction `attaquer` reçoit en arguments la flotte du joueur et les coordonnées du tir de son adversaire. La fonction `attaquer` renvoie `0` si le tir ne touche aucun bateau, `(-1)` si le tir touche un bateau sans le couler ou la taille du bateau touché si toutes les cases qu'il occupe ont été touchées. Compléter la définition ci-dessous en indiquant par quoi doivent être remplacés les symboles ① à ⑦.

```
def attaquer(flotte, tir):
    for ① in flotte.values():
        if ② in bateau[1]:
            if ② ③ ④ :
                ④.append( ② )
            if ⑤ == len( ④ ):
                return ⑤
            else:
                return ⑥
    return ⑦
```

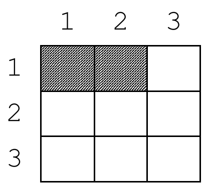
**3.** La fonction `positionner_flotte` reçoit en argument une flotte dont les bateaux ne sont pas encore placés sur la grille et n'ont pas encore été victimes d'un tir adverse. La fonction `positionner_flotte` positionne tous les bateaux de la flotte sur la grille. Un bateau peut être placé soit horizontalement, soit verticalement. Une case ne peut pas être occupée par plus d'un bateau à la fois. Compléter la définition ci-dessous en indiquant par quoi doivent être remplacés les symboles ① à ⑥.

```
def positionner_flotte(flotte):
    # Z liste les cases occupees
    Z = []
    for id in flotte.keys():
        choix = {}
        A = range(① [0])
        numeros = [y+1 for y in range(10)]
        ② = [y+1 for y in range(11 - ① [0])]
        for ligne in numeros:
            for col in ② :
                X = [③ for dx in ④ if ③ not in Z]
                if ① [0] == len(X):
                    choix[(ligne,col,'h')] = X
        for ligne in numeros_restreint:
            for col in numeros:
                X = [⑤ for dy in ④ if ⑤ not in Z]
                if ① [0] == len(X):
                    choix[(ligne,col,'v')] = X
        L = list(choix.keys())
        position = random.choice(L)
        ① = ( ① [0],choix[ ⑥ ], ① [2])
        for case in ① [1]:
            Z.append(case)
```

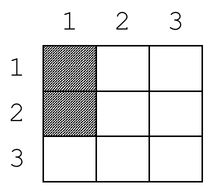
> **Remarque 1 :** la fonction « **`range`** » renvoie la séquence des entiers compris entre 0 (inclus) et l'entier qui lui est fourni en argument (exclus).
>
> **Remarque 2 :** la fonction « **`random.choice`** » renvoie un élément choisi aléatoirement dans la liste des valeurs qui lui est fournie en argument ; si les valeurs de cette liste sont uniques à l'exception d'une valeur qui apparaît deux fois, la valeur en double a deux fois plus de chances d'être choisie.

En discutant de la stratégie à adopter pour gagner une partie de bataille navale, Léa et Thomas font un premier constat : si leur adversaire peut prévoir leurs tirs par avance alors il pourra définir une stratégie de placement pour éviter leurs tirs et il gagnera plus facilement la partie. Léa et Thomas décident donc d'intégrer une part de hasard dans le choix de la cible de leurs tirs. Léa et Thomas poursuivent leur réflexion et, pour chaque case de la grille, ils comptent le nombre de façons différentes qu'il y a de poser un bateau en occupant cette case : ce nombre dépend de la taille du bateau et du contenu des cases de la grille

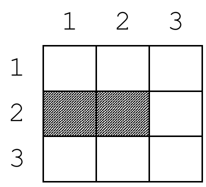
Première façon de poser un torpilleur (2 cases) en `(1,1)`



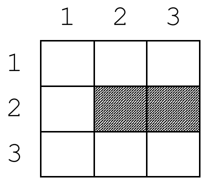

Deuxième façon de poser un torpilleur (2 cases) en `(1,1)`



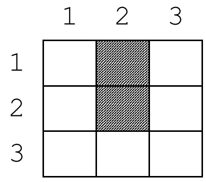

Première façon de poser un torpilleur (2 cases) en `(2,2)`



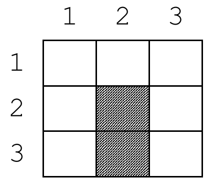
Deuxième façon de poser un torpilleur (2 cases) en `(2,2)`



Troisième façon de poser un torpilleur (2 cases) en `(2,2)`



Quatrième façon de poser un torpilleur (2 cases) en `(2,2)`



Les valeurs que Léa et Thomas obtiennent, sans faire d'hypothèses sur le contenu des cases, pour un torpilleur (bateau de 2 cases) et un cuirassé (bateau de 4 cases) sont regroupées dans les tableaux ci-dessous

**Nombre de façons de poser un torpilleur**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 5 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 6 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 7 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 8 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 9 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 10 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |

**Nombre de façons de poser un cuirassé**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 6 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 7 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 |
| 8 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 |
| 9 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 |
| 10 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 |

**4.** Compléter les 4 premières lignes du tableau obtenu, sans faire d'hypothèse sur le contenu des cases de la grille, pour un porte-avion (bateau de 5 cases).

**5.** On effectue un premier tir en `(4,4)` qui ne touche aucun bateau adverse. Combien de cases du tableau précédent « Nombre de façons de poser un **torpilleur** » sont modifiées si on prend en compte cette information ? Si moins de 10 cases sont modifiées, préciser lesquelles en indiquant leur nouvelle valeur.

**6.** On effectue un premier tir en `(4,4)` qui ne touche aucun bateau adverse. Combien de cases du tableau précédent « Nombre de façons de poser un **cuirassé** » sont modifiées si on prend en compte cette information ? Si moins de 10 cases sont modifiées, préciser lesquelles en indiquant leur nouvelle valeur.

Léa et Thomas considèrent que chaque bateau d'une flotte est placé de façon indépendante du placement des autres bateaux de cette flotte ; ce n'est pas tout à fait exact car une même case ne peut pas accueillir plus d'un bateau différent à la fois. Ainsi, pour calculer le nombre de façons qu'une case peut être utilisée pour placer tous les bateaux d'une flotte, ils font la somme du nombre de façons dont elle peut être utilisée pour placer chacun des bateaux indépendamment. Par exemple, ils considèrent que la case `(1,1)` peut être utilisée de 10 façons différentes (au lieu de 2) par une flotte de 5 bateaux. Pour représenter le **tableau des sommes** obtenues, ils utilisent un dictionnaire dont les clés sont des tuples de 2 éléments `(ligne, colonne)` et dont les valeurs sont des entiers.

**7.** La fonction `lea_et_thomas_alea` reçoit en argument le *tableau des sommes* et elle renvoie un tuple de deux éléments indiquant les coordonnées `(ligne, colonne)` de la cible de leur tir aléatoire ; la probabilité du choix d'une case comme cible est proportionnelle à l'approximation du nombre de façons d'utiliser cette case pour poser un bateau de la flotte. Compléter la définition ci-dessous en indiquant par quoi doivent être remplacés les symboles ① à ⑤.

```
def lea_et_thomas_alea(tableau_sommes):
   choix = ①
   for ( ② , ③ ) in ④ .items():
      for k in range(nb):
         ⑤ .append((ligne,col))
   return random.choice( ⑤ )
```

Léa et Thomas décident que lorsqu'au moins un bateau est touché, il est préférable de concentrer les tirs autour des positions touchées jusqu'à couler le ou les bateaux concernés. Léa et Thomas ne comptent alors que les façons de poser un bateau en occupant au moins une case touchée par un tir précédent (sans que le bateau touché ne soit coulé).

**8.** On suppose que la flotte adverse ne compte plus que deux bateaux : un torpilleur (bateau de 2 cases) et un porte-avion (bateau de 5 cases) ; les autres bateaux adverses ont été coulés. En dehors d'un tir en `(2,2)` qui a touché un bateau adverse sans le couler, tous les tirs précédents concernaient soit les quatre dernières lignes (7 à 10), soit les quatre dernières colonnes (7 à 10) de la grille. Pour chacune des cases représentées sur le document réponse, indiquer la somme du nombre de façons de placer un torpilleur en incluant la case `(2,2)` et du nombre de façons de placer un porte-avion en incluant la case `(2,2)` lorsque cette somme n'est pas nulle (et uniquement dans ce cas).

Les 2 exercices proposent d'étudier les caractéristiques principales d'une trottinette électrique telle que celle présentée en figure 1. Toutes les réponses seront faites sur le document réponse joint au sujet et doivent être justifiées. Le barème donné par exercice est approximatif et pourra être modifié. Toutes les valeurs numériques devront être affectées d'une unité.

*Fig.1 Trottinette électrique*

**Données, hypothèses et notations :**

- $B(\vec{x}, \vec{y})$ base liée à la terre, on considère le problème plan (voir figure 3)
- La direction $\vec{y}$ est verticale ascendante
- **<u>0</u>** : sol
- **<u>1</u>** : trottinette (avec roues et conducteur) de masse $\boldsymbol{m} = 100\ kg$
- **<u>2</u>**: fourche (voir fig.4.2)
- **<u>3</u>** : bras support de roue (voir fig.4.2)
- **<u>4</u>** : Roue avant (voir fig.4.2)
- **<u>5</u> :** combiné ressort amortisseur (voir fig.4.2)
- Les masses et inerties des éléments roulants (roues, etc.) seront négligées devant celles des systèmes mécaniques en translation (cadre, etc.)
- **G** : centre de gravité de **<u>1</u>** (voir fig.3)
- **g** : accélération de la pesanteur avec $\boldsymbol{g} = 10\ m.s^{-2}$
- $\vec{\boldsymbol{P}}$ : vecteur force de l'action de la gravité sur **<u>1</u>** s'exerçant au point **G**
- $\overrightarrow{\boldsymbol{A_{\underline{0}\to\underline{1}}}} = -\boldsymbol{A_x}\ \vec{\boldsymbol{x}} + \boldsymbol{A_y}\ \vec{\boldsymbol{y}}$ : vecteur force de l'action du sol sur la roue avant de **<u>1</u>** avec $\boldsymbol{A_x} > \boldsymbol{0}$
- $\boldsymbol{f}$ : coefficient de frottement d'adhérence entre la roue **<u>4</u>** et le sol **<u>0</u>** avec $f = 0{,}7$
- $\overrightarrow{\boldsymbol{B_{\underline{0}\to\underline{1}}}} = \boldsymbol{B_y}\ \vec{\boldsymbol{y}}$ **:** vecteur force de l'action du sol sur la roue arrière
- $\boldsymbol{t_f}$ : temps de freinage pour passer de $\boldsymbol{V_{max}}$ à $0\ km.h^{-1}$ (voir fig. 2)
- $\boldsymbol{k}$ **:** raideur des ressorts (les ressorts avant et arrière sont identiques) avec $\boldsymbol{k} = 25\ N.mm^{-1}$
- Pour simplifier l'étude, on considère que seule la roue avant est motrice et équipée d'un dispositif de freinage.

## EXERCICE 1 : (sur 20 points)

On souhaite caractériser le frein avant ainsi que le ressort.

**Phase de freinage.**

Le cahier des charges impose un temps de freinage $\boldsymbol{t_f}$ égal à 2 secondes pour passer de $\boldsymbol{V_{max}}$ à 0 km.h$^{-1}$ voir fig. 2

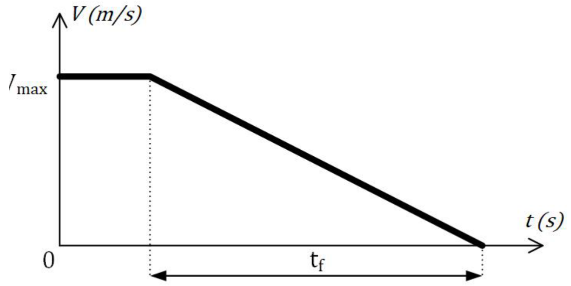



*Fig. 2*

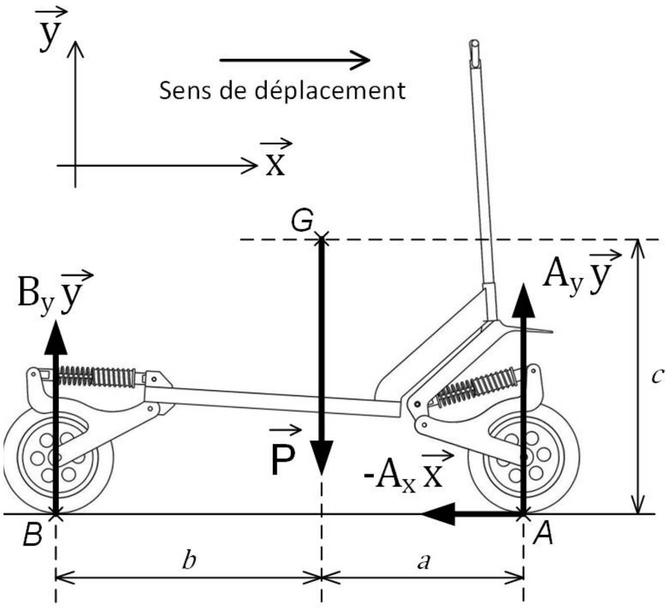



*Fig. 3 – Phase de freinage*

**Question 1 :** Quel est le signe de l'accélération durant la phase de freinage ? Donner l'expression littérale de l'accélération moyenne $\boldsymbol{a_f}$ en fonction de $\boldsymbol{V_{max}}$ et $\boldsymbol{t_f}$.

**Question 2** : Calculer la valeur de $\boldsymbol{a_f}$ pour $\boldsymbol{V_{max}} = 36\ km.h^{-1}$ et $\boldsymbol{t_f} = 2\ s$.

**Question 3 :** En isolant **<u>1</u>**, écrire l'équation de la résultante dynamique (PFD) en projection sur $\vec{\boldsymbol{x}}$ puis en déduire l'expression de $\boldsymbol{A_x}$ en fonction de $\boldsymbol{a_f}$.

**Question 4 :** En isolant **<u>1</u>**, écrire l'équation de la résultante dynamique en projection sur $\vec{y}$ et l'équation du moment dynamique au point $\boldsymbol{G}$ en projection sur $\vec{z}$ puis en déduire les expressions littérales de $\boldsymbol{A_y}$ , $\boldsymbol{B_y}$ en fonction de $\boldsymbol{m}$, $\boldsymbol{a_f}$, $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$ et $\boldsymbol{c}$.

**Question 5** : Pour répondre à cette question on prendra les valeurs suivantes : $\boldsymbol{A_x} = 450\ N$ et $\boldsymbol{A_y} = 900\ N$. Compte tenu du coefficient de frottement d'adhérence, vérifier que la roue **<u>4</u>** roule sans glisser sur le sol **<u>0</u>** pendant le freinage.

**Prédimensionnement du combiné ressort + amortisseur avant <u>5</u> :**

Pour cette étude on néglige l'action de la pesanteur et les accélérations, ce qui permet de traduire l'équilibre de **<u>5</u>** et de l'ensemble $\underline{\boldsymbol{E}} = \{\underline{\mathbf{3}}, \underline{\mathbf{4}}\}$ en utilisant le principe fondamental de la statique.

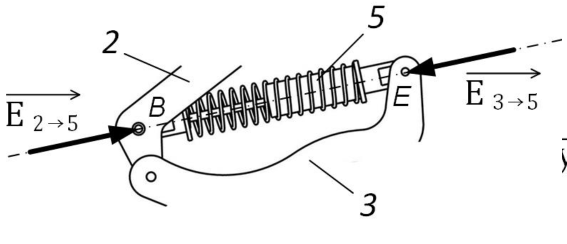



*Fig. 4.1*

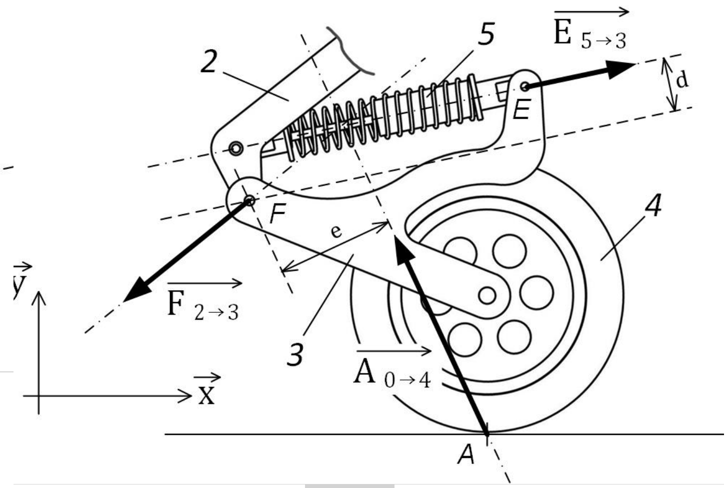



*Fig. 4.2*

**Question 6 :** Justifier que les 2 vecteurs forces agissant sur le combiné **<u>5</u>** aux points D et E (fig. 4.1) ont comme support la droite (DE).

**Question 7 :** On isole l'ensemble $\underline{\boldsymbol{E}} = \{\underline{\mathbf{3}}, \underline{\mathbf{4}}\}$ (fig. 4.2), écrire le théorème du moment statique au point F en projection sur $\vec{z}$, puis déterminer l'expression de $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{E}_{\underline{5}\to\underline{3}}}\right\|$ en fonction de $\boldsymbol{d}$, $\boldsymbol{e}$ et $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{A}_{\underline{0}\to\underline{4}}}\right\|$.

**Question 8** : Calculer $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{E}_{\underline{5}\to\underline{3}}}\right\|$. On prendra : $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{A}_{\underline{0}\to\underline{4}}}\right\| = 1000\ N \quad \boldsymbol{e} = 150\ mm \quad et \quad \boldsymbol{d} = 60\ mm$.

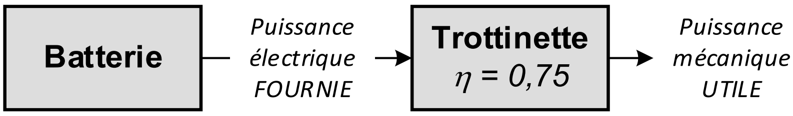
**Question 9** : Sachant que la longueur du ressort comprimé sous l'effet de l'action $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{E}_{\underline{5}\to\underline{3}}}\right\|$ est notée $\boldsymbol{l}$, exprimer la longueur à vide du ressort $\boldsymbol{l_0}$ en fonction de la raideur $\boldsymbol{k}$, $\boldsymbol{l}$ et $\left\|\overrightarrow{\boldsymbol{E}_{\underline{5}\to\underline{3}}}\right\|$, puis calculer $\boldsymbol{l_0}$ , on prendra $\boldsymbol{l} = 200\ mm$.

## EXERCICE 2 : (sur 20 points)

Surveillance du taux de charge de la batterie.
L'état de charge est une mesure relative de la quantité d'énergie stockée dans une batterie, définie comme étant le rapport entre la charge à un certain moment et sa capacité totale.
On note le rendement global de la chaîne de puissance de la trottinette $\boldsymbol{\eta} = \mathbf{0,75}$.
La trottinette est équipée d'une seule batterie composée d'accumulateurs de type LFP (lithium-fer-phosphate).
Les caractéristiques de la batterie sont précisées dans le tableau suivant.
La figure 5 présente la chaîne de puissance de l'étude.

| | |
|---|---|
| Tension nominale $\boldsymbol{U} = 12\ V$ | Capacité nominale $\boldsymbol{C} = 20\ Ah$ |
| Courant de décharge nominal en continu $\boldsymbol{I_{nom}} = 40\ A$ | Courant de décharge maximal $\boldsymbol{I_{max}} = 60\ A$ |

*Fig. 5 Chaîne de puissance simplifiée*




**Question 10 :** Calculer les puissances électriques fournies en fonctionnement normal continu $\boldsymbol{P_{ef\ cont}}$ et lors d'un pic au démarrage $\boldsymbol{P_{ef\ dem}}$. En déduire $\boldsymbol{P_{mu\ cont}}$ et $\boldsymbol{P_{mu\ dem}}$ les puissances mécaniques utiles correspondantes.

**Question 11 :** On évalue à $\mathbf{50}\ \boldsymbol{N}$ la force mécanique utile $\boldsymbol{F_{mu}}$ en translation pour déplacer la trottinette et son passager sur sol plat à la vitesse de $\mathbf{6}\ \boldsymbol{m.s^{-1}}$.
Calculer la puissance mécanique utile $\boldsymbol{P_{mu}}$ dans ces conditions de roulage et comparer cette valeur à la puissance utile mécanique continu $\boldsymbol{P_{mu\ cont}}$ calculée à la question précédente. Conclure.

**Question 12 :** Connaissant la capacité nominale de la batterie, calculer la quantité d'énergie électrique $\boldsymbol{E}$ maximale disponible dans la batterie en $W.h$

**Question 13 :** Calculer la durée d'autonomie que permet d'atteindre la batterie en considérant que la puissance fournie est $\boldsymbol{P_{ef\ cont}}$ calculée à la question Q10. Sachant que ce trajet se fait à la vitesse maximale autorisée par la législation soit $\mathbf{7}\ \boldsymbol{m.s^{-1}}$, en déduire la distance d'autonomie en $\boldsymbol{km}$.

**Commande du fonctionnement de la trottinette.**
Le niveau de décharge de la batterie est actuellement signalé par une simple diode électroluminescente (DEL) rouge qui informe d'une décharge importante et donc d'une coupure imminente de l'alimentation du système.
En cours d'usage, la trottinette peut alors brusquement s'arrêter sans que le conducteur ait été prévenu.
La modification consiste à remplacer la DEL rouge par une DEL RVB composée de 3 DELs (Rouge Vert Bleu) afin de prévenir l'utilisateur d'un état de charge faible avant la coupure imminente.
La DEL RVB sera commandée comme suit :

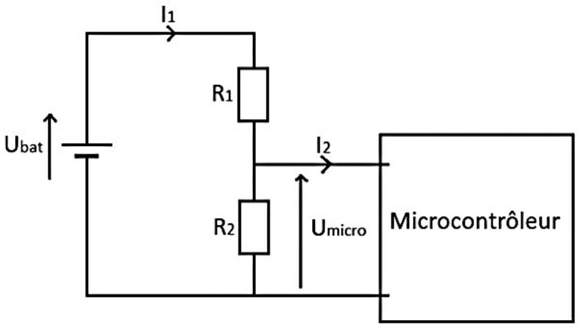
- Vert ⇔ charge ≥ 60 % ;
- Jaune ⇔ 30% ≤ charge < 60 % ;
- Magenta ⇔ 10 % ≤ charge < 30 % (état de charge faible) ;
- Rouge ⇔ charge < 10 % (forte décharge - coupure imminente).

La tension de la batterie décroit en fonction de l'état de charge. L'acquisition de l'état de charge de la batterie se fait par lecture de la tension aux bornes de celle-ci via une adaptation à un niveau permettant son traitement par le convertisseur analogique numérique (CAN) intégré au microcontrôleur (5 $V$).
Les tensions de la batterie correspondantes aux seuils à contrôler sont données à la première ligne du tableau (fig.6).

| Niveau de charge | 100 % | 60 % | 30 % | 10 % |
|---|---|---|---|---|
| U bat (V) | 13 | 11,5 | 10,5 | 9 |
| U micro (V) | 4,33 | 3,83 | 3,50 | **?** |
| N | 867 | 767 | 700 | **?** |

*Fig. 6*

Cette adaptation est effectuée par un pont diviseur de tension (voir fig. 7). L'impédance d'entrée du microcontrôleur étant très élevée, le courant $\boldsymbol{i_2}$ est négligeable par rapport au courant $\boldsymbol{i_1}$.




$\boldsymbol{R_1} = 40\ k\Omega$ $\boldsymbol{R_2} = 20\ k\Omega$

**Question 14 :** Exprimer $\boldsymbol{U_{micro}}$ en fonction de $\boldsymbol{R_1}$, $\boldsymbol{R_2}$ et $\boldsymbol{U_{bat}}$. Sachant que la valeur de $\boldsymbol{U_{micro}}$ ne doit pas dépasser $\boldsymbol{5\ V}$ et que la valeur maximale de la tension $\boldsymbol{U_{bat}}$ est $\boldsymbol{U_{bat\,max} = 13\ V}$, valider le choix des valeurs des résistances.

*Fig. 7 : pont diviseur de tension*

Le CAN ($5\,V$ / $10\,bits$), intégré au microcontrôleur, permet de numériser l'information. Il convertit l'information d'entrée (tension variant de 0 à $5\ V$) en un signal de sortie codé sur $10\ bits$.

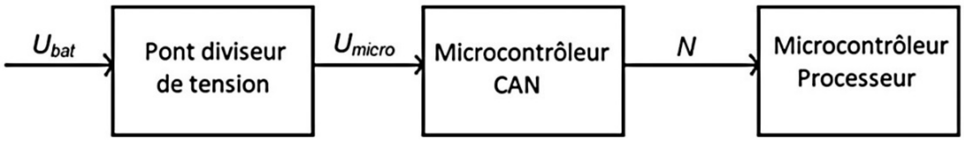


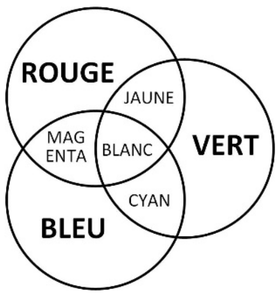

*Fig. 8 : chaîne d'information de l'acquisition de la tension de la batterie*

**Question 15 :** Après analyse de la chaîne d'information (fig. 8), préciser la nature des flux d'information correspondant à $\boldsymbol{U_{bat}}$, $\boldsymbol{U_{micro}}$ et $\boldsymbol{N}$ en choisissant parmi : ***Analogique, Numérique, Logique***. Puis indiquer la fonction de chaque bloc de la chaîne d'information en choisissant parmi les fonctions suivantes : ***Traiter, Acquérir, Convertir***.

**Question 16 :** Pour cette question, afin de simplifier le calcul, considérer que $2^{10} = 1000$ au lieu de 1024. Calculer la résolution (Quantum) du CAN puis calculer pour le seuil de 10% la valeur de la tension $\boldsymbol{U_{micro}}$ en entrée du CAN et la valeur $\boldsymbol{N}$ correspondante.

Une DEL RVB est composée de 3 DELs, une rouge, une verte et une bleue, intégrées dans le même boîtier. En commandant simultanément ou non ces 3 DELs, on peut obtenir différentes couleurs sur le cercle chromatique (Fig. 9). Par exemple, la commande simultanée des 3 DELs donne la couleur blanche.

*Fig. 9* : cercle chromatique d'une DEL RVB




**Question 17 :** Compléter le diagramme état-transition (state-flow) de commande de la DEL RVB sur le document réponse : états JAUNE, MAGENTA, ROUGE et transitions entre ces 3 états.

<u>Lexique</u> :

- DEL_COULEUR = 1 → rend la DEL_COULEUR active,
- DEL_COULEUR = 0 → rend la DEL_COULEUR inactive,
- N ⇔ état de charge de la batterie (N = 867 si batterie chargée à 100 % et N = 0 si batterie complètement déchargée),
- during ⇔ les actions sont exécutées tant que l'état est actif.