

PHYSIQUE-CHIMIE.

DEVOIR À LA MAISON POUR LES FUTUR(E)S TSI

Ce devoir est à faire sur feuille individuellement et à remettre au professeur de physique-chimie le jour de la rentrée (le mardi 1er septembre 2026).

Un rappel de cours récapitule les connaissances nécessaires pour l'aborder.
Il ne faut pas hésiter à s'y référer pour répondre aux questions.

CONSIGNES

- ▷ La calculatrice est autorisée.
- ▷ Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.
- ▷ Ne pas utiliser de correcteur.
- ▷ Numéroté les pages de votre composition.
- ▷ Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.

La Proportionnalité en Physique-Chimie

1 Rappels du collège et du lycée

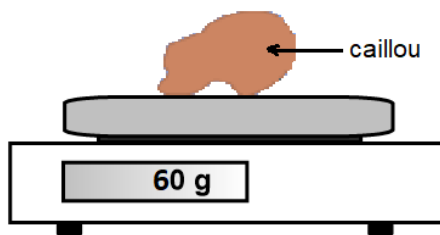
1.1 Grandeurs proportionnelles

- ▷ En physique et en chimie, l'objet qu'on étudie est appelé **système**.

- ▷ Un système peut être caractérisé par un certain nombre de **grandeurs**.

Une grandeur peut être **mesurée** avec un instrument de mesure, ou **calculée** avec une formule à partir des valeurs d'autres grandeurs. Quand on mesure ou qu'on calcule la **valeur** d'une grandeur, on précise toujours son **unité**. Dans les formules, les grandeurs et leurs unités sont représentées par leur **symbole**.

Exemple :



Avec une balance, on mesure la masse m du système {caillou}, exprimée en gramme, de symbole g. La masse du caillou vaut $m = 60 \text{ g}$.

▷ Deux grandeurs sont proportionnelles si :

- lorsque l'une varie, l'autre aussi ;
- si l'une s'annule, l'autre aussi ;
- lorsqu'aucune des deux n'est nulle, le quotient de ces deux grandeurs reste toujours le même.

Mathématiquement, si on note x et y deux **grandeurs proportionnelles**, cela se traduit par l'égalité

$$\frac{y}{x} = a$$

si les deux sont non nulles, ou de façon générale

$$y = ax,$$

où a est le **facteur de proportionnalité**.

Exemple : la masse m d'un échantillon d'eau liquide est proportionnelle à son volume V . Le facteur de proportionnalité est appelé masse volumique et noté ρ (lettre grecque "rhô"), de sorte que $\rho = \frac{m}{V}$, ou encore $m = \rho V$.

▷ Si on dispose d'un tableau de valeurs pour deux grandeurs x et y proportionnelles, on passe d'une ligne du tableau à l'autre en multipliant le contenu de chaque case par le même facteur (de proportionnalité).

x (unité de x)	x_1	x_2	...	x_N
y (unité de y)	y_1	y_2	...	y_N

) $\times a$

avec

$$\text{unité de } a = \frac{\text{unité de } y}{\text{unité de } x}.$$

Exemple : on mesure la masse et le volume de plusieurs échantillons d'eau pure. Les valeurs obtenues sont regroupées dans un tableau.

V (mL)	10,0	20,0	50,0	100,0
m (g)	10,0	20,0	50,0	100,0

Le facteur de proportionnalité est la masse volumique, il vaut $\rho = 1,00 \text{ g/mL}$.

▷ Graphiquement, si on représente y en fonction de x ($y = f(x)$) dans un repère cartésien et que y et x sont deux grandeurs proportionnelles de sorte que $y = ax$, les données peuvent être modélisées par une droite passant par l'origine. Le **coefficient directeur** de la droite (sa pente) vaut alors a .

▷ Pour déterminer le plus précisément possible le coefficient directeur de cette droite, on raisonne sur un point de coordonnées $(x; y)$:

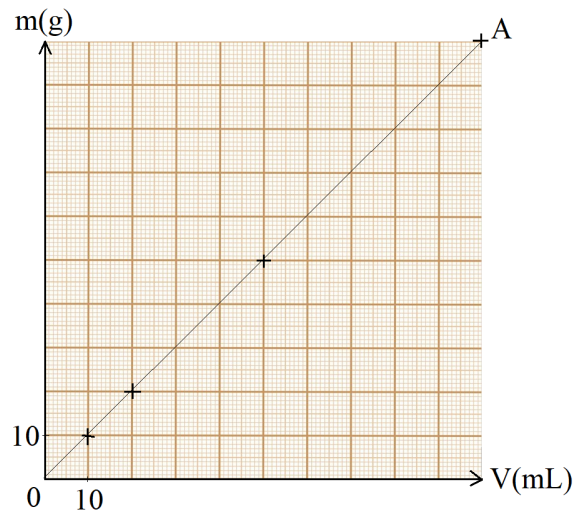
- aussi loin que possible de l'origine du repère ;
- si possible, dont l'une, voire les deux coordonnées correspondent à des graduations du graphique.

Cela permet de minimiser les incertitudes liées à la lecture des graduations.

On calcule alors $a = \frac{y}{x}$.

Exemple : le point A a pour coordonnées ($V_A = 100 \text{ mL}$; $m_A = 100 \text{ g}$).

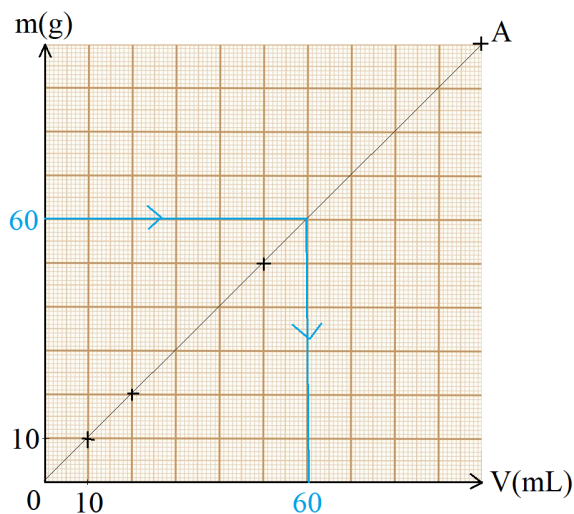
Le coefficient directeur de la droite modèle, qui correspond à la masse volumique, vaut donc $\rho = \frac{m_A}{V_A} = \frac{100 \text{ g}}{100 \text{ mL}} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.



► Pour trouver la valeur de x connaissant celle de y à partir de la droite modèle, on a deux possibilités :

- calculer le coefficient directeur a de la droite (voir ci-dessus), puis trouver la valeur de x par calcul : $x = \frac{y}{a}$;
- faire une lecture d'antécédant (voir ci-dessous).

Exemple : Ici, on a mesuré $m = 60 \text{ g}$. Une lecture d'antécédant donne le volume correspondant : $V = 60 \text{ mL}$.



1.2 Notions d'électronique (pour la partie 2.1.)

▷ En électronique, un **dipôle** désigne un composant qui possède deux **bornes**, sur lesquelles on peut brancher des fils : une borne d'entrée et une borne de sortie.

▷ Un **circuit électrique** est un ensemble de dipôles reliés entre eux par des fils électriques. Pour qu'un courant puisse circuler, il est nécessaire que ce circuit soit fermé, autrement dit qu'en suivant les dipôles et les fils toujours dans le même sens, on puisse revenir au point de départ.

- ▷ Dans un circuit, un dipôle est caractérisé par deux grandeurs :
- la **tension** (de symbole U) entre ses bornes, qui s'exprime en volt (de symbole V) ;
 - l'**intensité** (de symbole I) du courant qui le traverse, qui s'exprime en ampère (de symbole A).

La tension se mesure avec un **voltmètre** branché en dérivation sur les deux bornes du dipôle.

L'intensité se mesure avec un **ampèremètre** branché en série avec le dipôle.

▷ En **convention récepteur**, la tension et l'intensité sont orientées en sens inverse l'une de l'autre sur le schéma du dipôle.

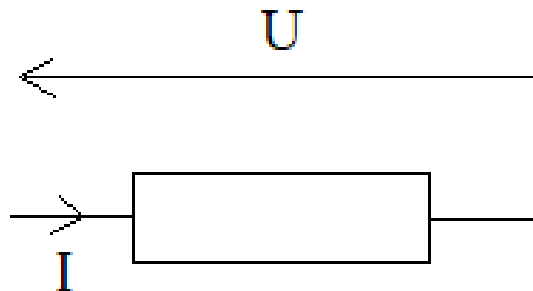


FIGURE 1 – Schéma d'un dipôle en convention récepteur

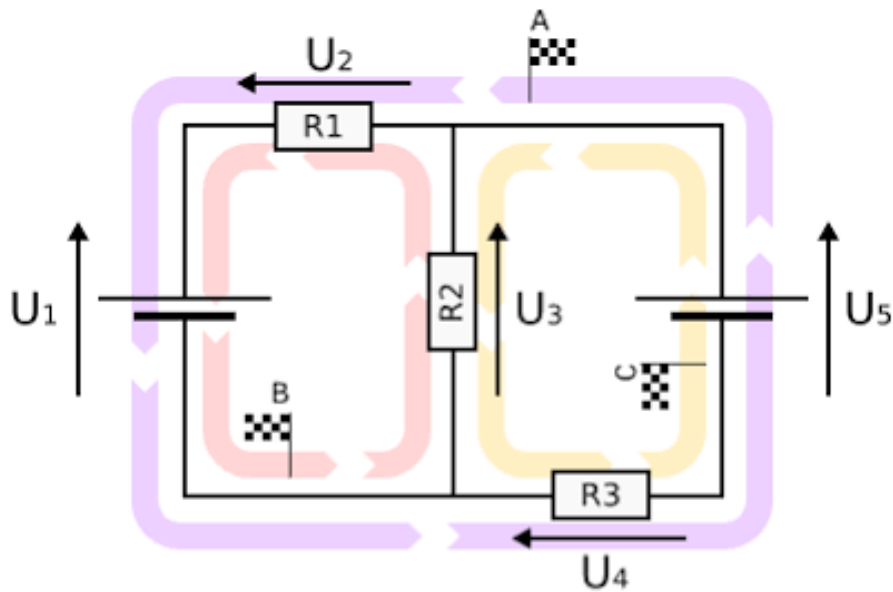
▷ Un **dipôle ohmique** vérifie la **loi d'Ohm** : l'intensité du courant qui le traverse et la tension entre ses bornes sont proportionnelles.

Le coefficient de proportionnalité entre l'intensité et la tension, appelé **résistance**, est positif en convention récepteur. Son symbole est R . La résistance s'exprime en ohm, de symbole Ω , avec $1\Omega = 1V/A$.

▷ Dans un circuit, une **maille** désigne un chemin qui relie un point à lui-même en suivant les fils et les dipôles toujours dans le même sens. Une maille est **orientée** dès lors qu'on a défini un sens de parcours.

▷ D'après la **loi des mailles** (ou loi des tensions), dans une maille orientée, la somme des tensions entre les bornes des dipôles est nulle si toutes les tensions sont orientées dans le sens de parcours. Changer le sens de la flèche qui représente la tension modifie son signe.

Exemple :



Loi des
mailles :

Maille 1 (départ en A):
 $+ U_2 - U_1 - U_4 + U_5 = 0$

Maille 2 (départ en B):
 $+ U_3 + U_2 - U_1 = 0$

Maille 3 (départ en C):
 $+ U_5 - U_3 - U_4 = 0$

1.3 Notions de chimie (pour la partie 2.2.)

► En chimie, une **espèce chimique** désigne une collection d'un très grand nombre d'**entités (atomes, ions ou molécules)** toutes identiques.

Exemple : l'espèce chimique eau est constituée d'un très grand nombre de molécules d'eau.

► La **quantité de matière** d'une espèce chimique, de symbole n , est proportionnelle au nombre N d'entités dans l'espèce chimique. Elle s'exprime en mole, de symbole mol. Il y a $N_A = 6,02 \times 10^{23}$ entités par mole (le nombre d'Avogadro), de sorte que

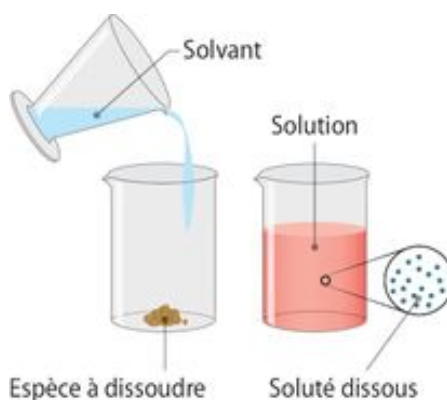
$$N = nN_A$$

ou encore

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

► Un **corps pur** contient une seule espèce chimique, un **mélange** en contient plusieurs.

► Une **solution** désigne un mélange obtenu en dissolvant une **espèce chimique** dans une autre. L'espèce chimique dissoute est qualifiée de **soluté** et l'espèce chimique qui a servi à la dissoudre est qualifiée de **solvant**. Si le solvant est l'eau, on obtient une **solution aqueuse**.



Exemple : en dissolvant du sel (chlorure de sodium) dans de l'eau, on obtient de l'eau salée. Il s'agit d'une solution aqueuse de chlorure de sodium.

► Une fois précisés le soluté et le solvant, une solution est caractérisée par la **concentration en quantité de matière** de son soluté. Il s'agit du quotient de la quantité de matière de soluté et du volume de la solution :

$$C = \frac{n_{\text{soluté}}}{V_{\text{solution}}}$$

Cette concentration s'exprime en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Plus il y a d'entités de soluté par unité de volume de solution, plus la concentration est élevée.

1.4 Notions de mécanique (pour la partie 2.3.)

- En physique, la **mécanique** désigne l'étude du **mouvement** des systèmes.
- En mécanique, on modélise souvent un système par un point.
- Le mouvement d'un point est **rectiligne** s'il se déplace en ligne droite.
- Le mouvement d'un point est **uniforme** s'il se déplace à **vitesse** constante, autrement dit s'il parcourt des distances égales dans des temps égaux.
- Si un point a un mouvement uniforme, on peut repérer sa position le long d'un axe (Ox) dirigé dans la direction de son mouvement. L'abscisse x est une fonction de la variable temps t : $x = f(t)$.

► Si le point est situé au niveau de l'origine du repère à l'origine des temps, autrement dit à l'instant $t = 0$, un mouvement uniforme se traduit par une relation de proportionnalité entre t et x :

$$x = v_x t$$

où v_x désigne la **vitesse moyenne** suivant l'axe (Ox).

▷ De façon générale, si le système ne se déplace pas à une allure constante, la **vitesse instantanée** suivant l'axe (Ox) est définie comme la dérivée par rapport au temps de la position du point le long de cet axe. Avec les notations de la physique :

$$v_x = \frac{dx}{dt}.$$

En mathématiques, on noterait

$$v_x(t) = x'(t).$$

▷ On connaît par cœur les dérivées suivantes :

$x(t)$	$\frac{dx(t)}{dt}$
0	0
1	0
t	1
t^2	2t

▷ En mathématiques, une **combinaison linéaire** de fonctions est une somme de fonctions affectées de coefficients.

▷ La dérivée d'une combinaison linéaire de fonctions est la somme des dérivées de ces fonctions affectées de leurs coefficients dans la combinaison linéaire.

Exemple : $\frac{d}{dt}(3t^2 + 2t + 5) = 3\frac{d}{dt}(t^2) + 2\frac{d}{dt}(t) + 5\frac{d}{dt}(1) = 3 \times 2t + 2 \times 1 + 5 \times 0 = 6t + 2.$

▷ Une **chronophotographie** est une superposition de photographies prises à intervalles de temps réguliers en ne modifiant pas la position de l'appareil photographique. Par extension, on appelle **chronophotographie du mouvement d'un point** une représentation des positions de ce point à des intervalles de temps régulier dans un repère d'espace donné.

2 Travail à effectuer

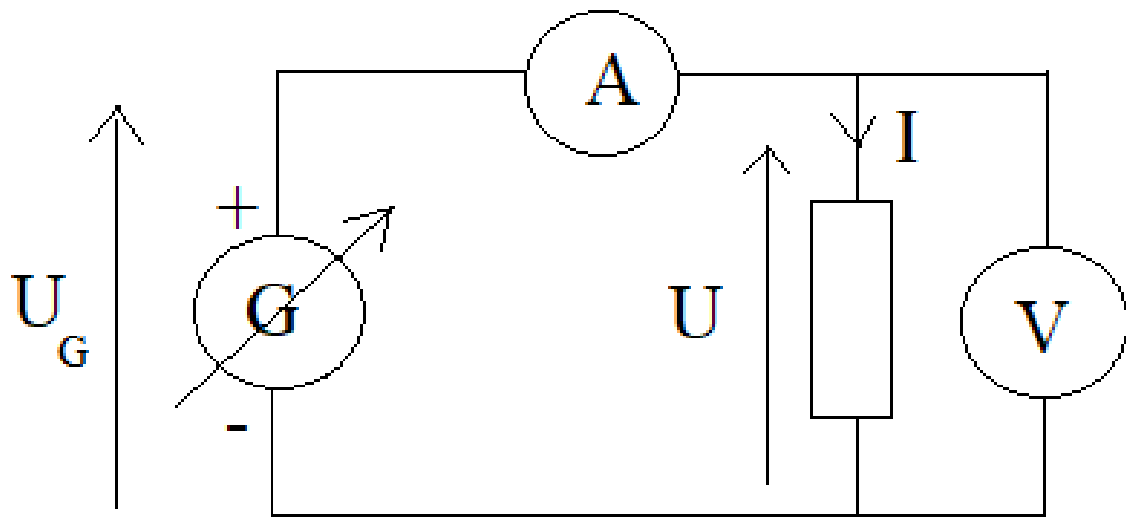
2.1 Loi d'Ohm

Q1. Écrire la loi d'Ohm sous forme mathématique en convention récepteur.

Q2. La loi d'Ohm est une relation de proportionnalité entre deux grandeurs de nature électrique. Indiquer lesquelles, ainsi que leurs unités. Nommer le coefficient de proportionnalité et rappeler son unité.

On souhaite vérifier qu'un dipôle est un dipôle ohmique, autrement dit qu'il vérifie la loi d'Ohm.

Pour ce faire, on construit le circuit schématisé ci-dessous. La flèche qui traverse le symbole du générateur de tension signifie que la tension entre ses bornes est réglable.



Q3. Justifier que ce circuit permet de faire varier U et I , et de les mesurer.

Les valeurs obtenues ont été consignées dans un tableau, puis représentées graphiquement.

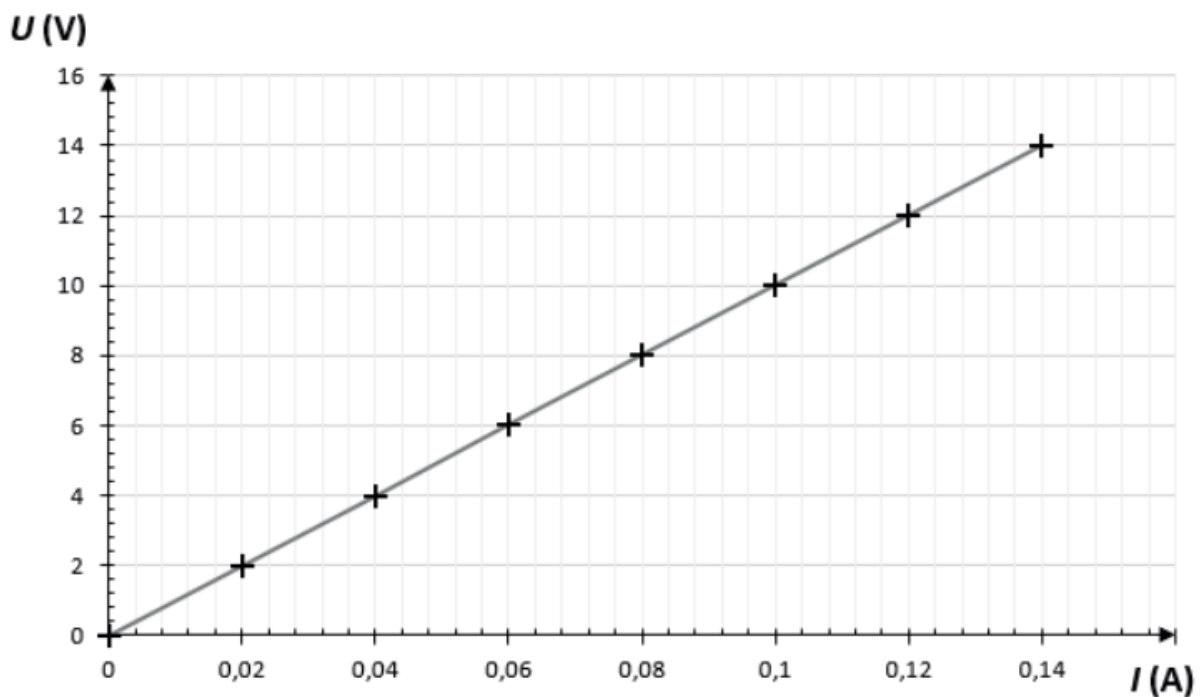


FIGURE 2 – Relation entre les grandeurs électriques d'un dipôle ohmique

Q4. Combien de mesures ont été faites ? Justifier votre réponse.

Q5. Au vu des résultats expérimentaux, justifier que le dipôle est un dipôle ohmique.

Q6. Déterminer la valeur de sa résistance R . Vous expliquerez soigneusement votre démarche.

2.2 Loi de Beer-Lambert

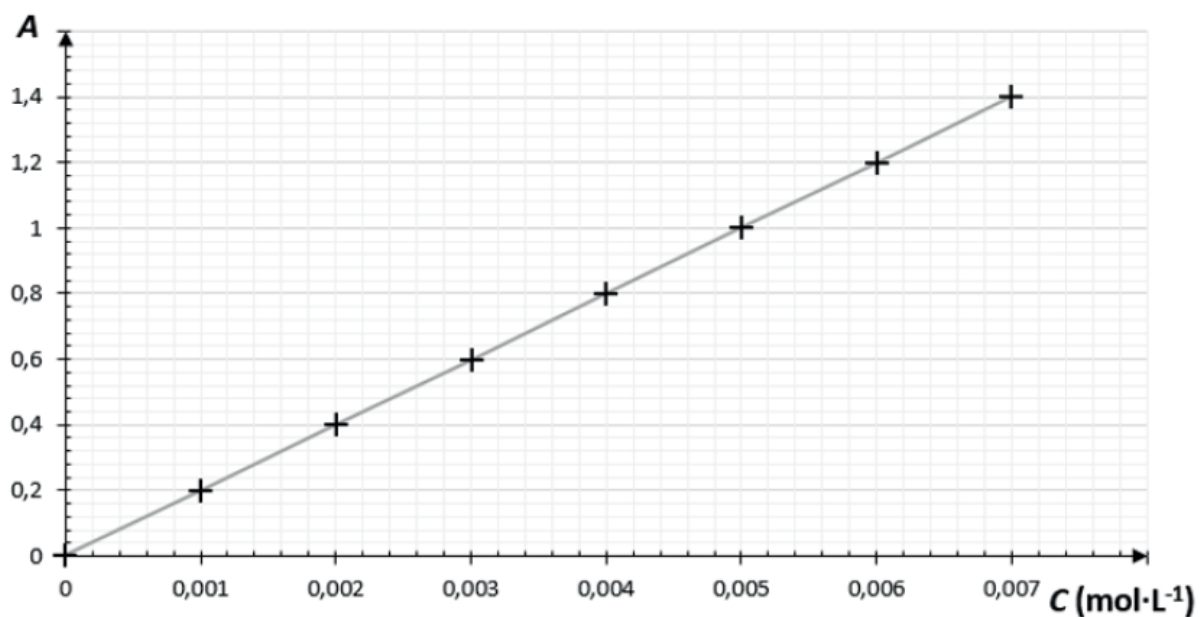
Lorsqu'une solution transparente mais colorée est traversée par de la lumière blanche, elle apparaît plus ou moins foncée suivant qu'elle absorbe plus ou moins cette lumière.

L'**absorbance**, de symbole A , est une grandeur sans unité qui caractérise l'absorption d'une lumière colorée par une solution. Plus elle est élevée, plus la lumière absorbe cette couleur.

La loi de Beer-Lambert indique que l'absorbance A de la solution est proportionnelle à sa concentration C en espèce chimique colorante.

Q7. Traduire mathématiquement la loi de Beer-Lambert par une formule en précisant la signification des différents symboles des grandeurs et leurs unités.

On étudie l'évolution de l'absorbance lorsque la concentration en soluté colorant varie. En représentant les données graphiquement, on obtient les points expérimentaux et la courbe modèle ci-dessous :



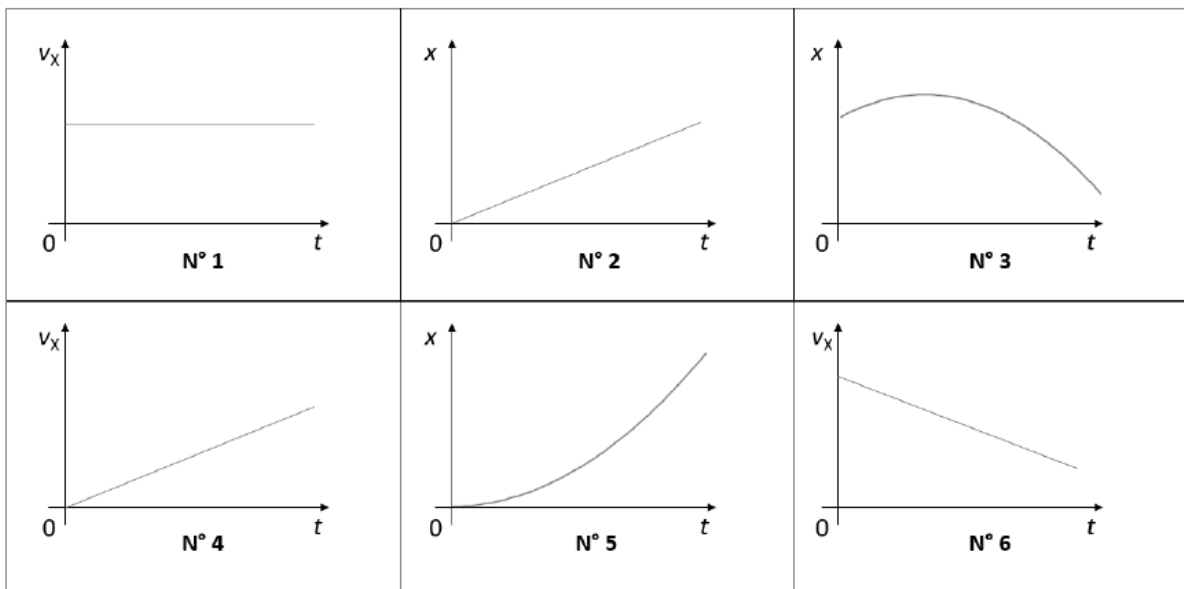
Q8. Expliquer en quoi cette représentation graphique valide la loi de Beer-Lambert.

Q9. Une solution de même nature que celles déjà testées a une absorbance $A_x = 0,68$. Déterminer sa concentration C_x :

- par une lecture d'antécédant ;
- en déterminant l'équation de la droite modèle au préalable.

2.3 Position et vitesse d'un mobile

Les graphiques suivants représentent l'évolution de deux grandeurs au cours de mouvements rectilignes effectués selon un axe (Ox) : la position x et la vitesse instantanée v_x du système modélisé par un point, en fonction du temps t .



Q10. Pour chaque graphique numéroté, décrire par une phrase l'évolution observée.

Q11. Préciser, en justifiant, le numéro des graphiques qui traduisent une situation de proportionnalité.

La liste ci-dessous propose une série de modèles valables pour des mouvements rectilignes.

Ces modèles concernent les grandeurs définies dans les graphiques, avec la valeur de x exprimée en mètre (m), celle de v_x exprimée en mètre par seconde ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et celle de t exprimée en seconde (s).

$x(t) = 3$	$x(t) = 1,5t^2$	$v_x(t) = 0$	$v_x(t) = 3t$
$x(t) = 2t$	$x(t) = 1,5t^2 + 2$	$v_x(t) = 2$	$v_x(t) = -5t + 5$
$x(t) = 2t + 1$	$x(t) = -2,5t^2 + 3t + 5$	$v_x(t) = 3t + 1$	$v_x(t) = -5t + 3$

Q12. Identifier les trois mouvements illustrés par les graphiques. Associer chaque graphique à l'un de ces mouvements.

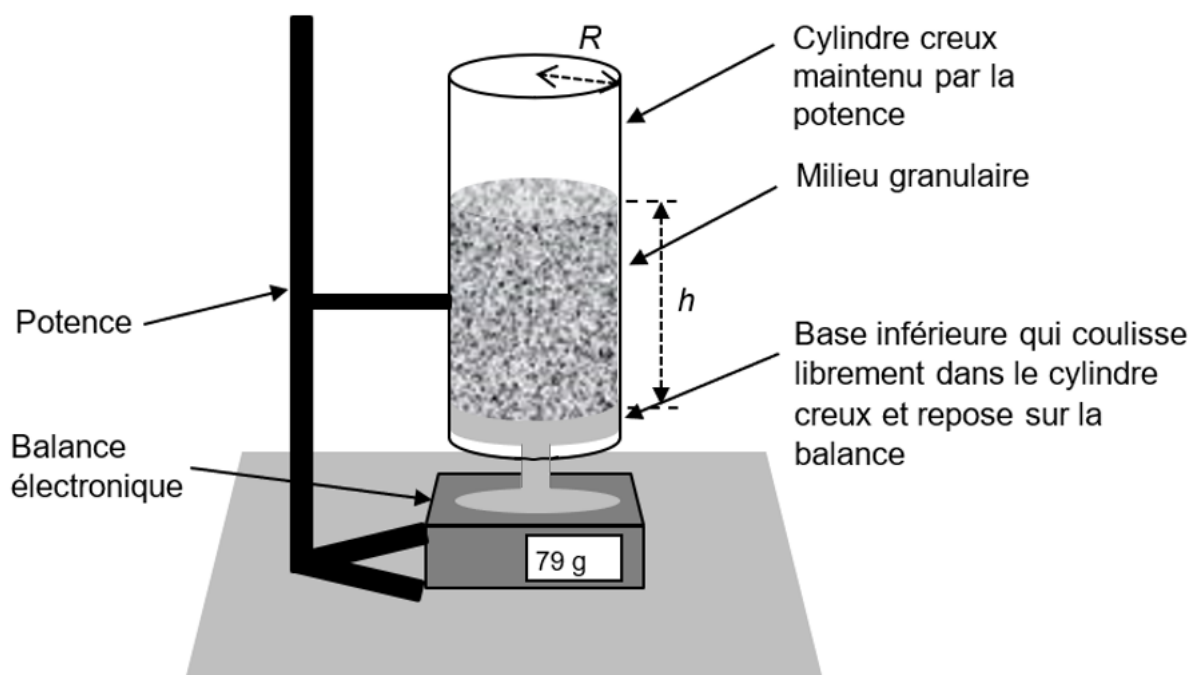
Q13. Rappeler la relation mathématique entre v_x et x .

Q14. Dans la liste du tableau, choisir un couple de modèles ($x; v_x$) pour chaque mouvement identifié précédemment.

Q15. Représenter, sans souci d'échelle, une chronophotographie associée à chacun des mouvements identifiés. On prendra les temps $t_0 = 0$, $t_1 = 1\text{s}$, $t_2 = 2\text{s}$ et $t_3 = 3\text{s}$.

2.4 Milieu granulaire (facultatif)

Les résultats d'une expérience de cours sont présentés ci-dessous.



On dispose un cylindre creux au-dessus d'une base posée sur une balance électronique. La base n'est pas solidaire du cylindre (elle peut coulisser librement) qui, lui, est maintenu à l'aide d'une potence. Le cylindre est alors rempli progressivement d'un milieu granulaire constitué de petites billes de verre. h est la hauteur de billes contenues dans le cylindre. On tare la balance pour $h = 0$ cm, puis on relève la valeur de la masse m_{exp} indiquée par la balance pour différentes valeurs de h .

Données :

- rayon du cylindre : $R = 2,5$ cm ;
- masse volumique du milieu granulaire : $\rho = 1,3 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- valeur de l'accélération de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Les valeurs de la masse m_{exp} en fonction de la hauteur h sont consignées dans le tableau ci-dessous.

h (cm)	0,0	0,6	1,3	1,7	2,1	2,9	3,8	4,0	5,0	9,0	14,0	17,0
m_{exp} (g)	0	18	27	34	43	51	55	56	69	75	79	80

Q16. Identifier, en justifiant la réponse, le domaine de valeurs de la hauteur h pour lequel on peut formuler l'hypothèse d'une relation de proportionnalité entre m_{exp} et h .

Q17. Proposer les éléments de correction associés à cette activité expérimentale afin :

- a) d'établir que, dans le cadre du modèle d'un fluide au repos de masse volumique ρ , la relation entre la masse mesurée par la balance m_{fluide} et h s'écrit : $m_{\text{fluide}} = \rho \pi R^2 h$;
- b) d'exploiter les résultats expérimentaux dans la zone linéaire ;
- c) de comparer le modèle avec les résultats expérimentaux dans la zone linéaire.

FIN