

Calculatrice interdite

Dans le cadre d'un atelier scientifique ayant pour thème « Espace et mouvement », trois élèves s'interrogent sur les expériences qu'ils vont effectuer pour étudier des mouvements rectilignes :

Élodie : – Nous devrions étudier un mouvement ascendant et un mouvement descendant.

Arthur: – J'ai une idée. Pour étudier le mouvement ascendant nous pourrions filmer le mouvement dans l'eau de bulles de gaz.

Charlotte : – Et si par exemple nous filmions le mouvement ascendant de bulles de dihydrogène produites par réaction de l'acide chlorhydrique avec le magnésium ?

Arthur : – Et ensuite, pour comparer, nous pourrions filmer le mouvement d'une bille métallique lâchée dans l'air.

À l'aide d'une caméra reliée à un ordinateur, les élèves filment la transformation chimique entre l'acide chlorhydrique et le magnésium produisant du dihydrogène. Le schéma de l'expérience est reproduit ci-dessous (figure 1).

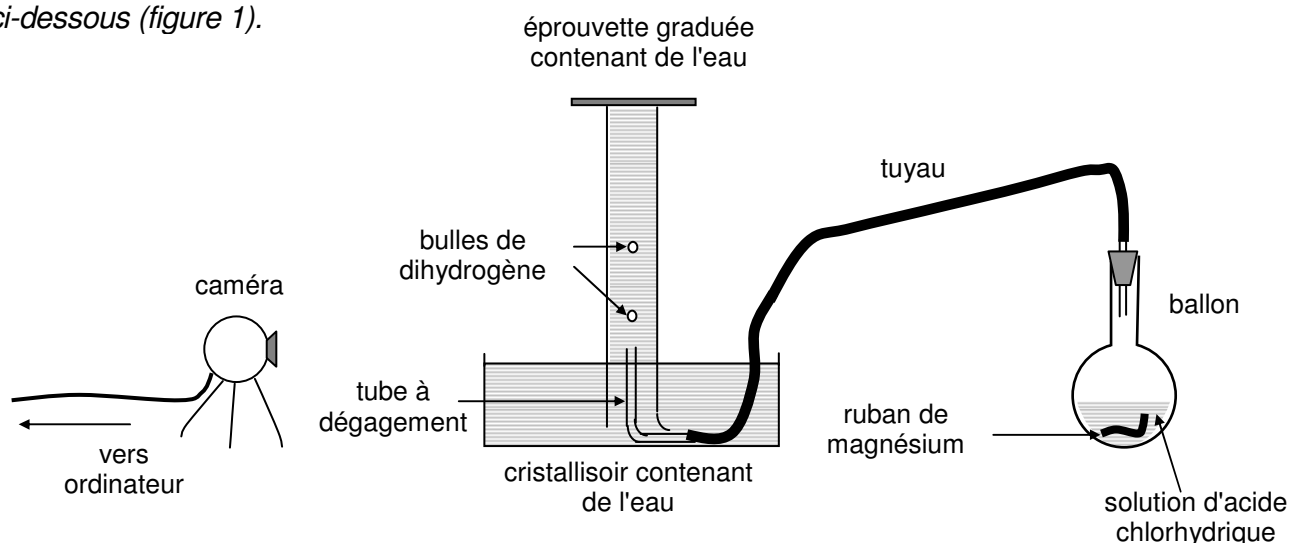


Figure 1

Les parties 1. , 2. et 3. sont indépendantes.

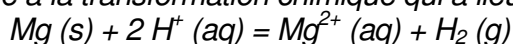
1. Étude de la transformation chimique

À l'instant de date $t = 0$ s, le ruban de magnésium est mis en contact avec la solution d'acide chlorhydrique.

Les données nécessaires à la résolution de cette partie sont rassemblées dans le tableau suivant :

Solution d'acide chlorhydrique	Magnésium
Concentration : $0,50 \text{ mol.L}^{-1}$ Volume : 40 mL	Masse du ruban : 0,12 g Masse molaire : 24 g.mol^{-1}
Volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience : $V_m = 24 \text{ L.mol}^{-1}$	

L'équation de la réaction associée à la transformation chimique qui a lieu dans le ballon s'écrit :



1.1. Identifier les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette équation.

1.2. À partir des quantités de matière de réactifs introduites à l'instant de date $t = 0$ s, montrer que l'avancement maximal est $x_{\text{max}} = 5,0 \times 10^{-3}$ mol (on pourra s'aider d'un tableau descriptif de l'évolution du système chimique).

1.3. La figure 2 de l'ANNEXE représente la variation de la valeur du volume de dihydrogène dégagé au cours du temps.

Déterminer graphiquement la valeur du volume de dihydrogène à l'état final et en déduire l'avancement final x_f de la réaction.

1.4. La transformation est-elle totale ? Justifier.

1.5. Définir puis déterminer graphiquement le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. La méthode doit apparaître sur la figure 2 de L'ANNEXE.

1.6. Afin de mieux suivre le mouvement ascendant des bulles de dihydrogène dans l'éprouvette graduée, on souhaite augmenter le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Proposer une méthode pour arriver à ce résultat.

2. Étude du mouvement ascendant d'une bulle de dihydrogène

Après avoir purgé le dispositif pour chasser l'air, on surmonte le tube à dégagement d'une éprouvette graduée contenant de l'eau. Le film vidéo obtenu à la fin de l'expérience représentée figure 1 est analysé à l'aide d'un logiciel de pointage.

On choisit une nouvelle origine des dates à l'aide du logiciel.

On peut donc suivre, image par image, le position du centre d'inertie G_i , à l'instant de date t_i , d'une bulle de dihydrogène au cours de son ascension dans l'éprouvette graduée.

Le mouvement de la bulle s'effectue selon la direction verticale d'axe Oz , orienté vers le haut.

On néglige les variations de pression dans l'éprouvette. Le dihydrogène est pratiquement insoluble dans l'eau : on peut donc considérer le volume d'une bulle comme constant.



Données et notations :

- bulle de dihydrogène
 - volume d'une bulle : V_b
 - masse volumique du dihydrogène dans les conditions de l'expérience : $\rho = 0,083 \text{ kg.m}^{-3}$
- masse volumique de l'eau dans les conditions de l'expérience : $\rho_0 = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- intensité de la pesanteur : g

2.1. Évolution de la vitesse au cours du temps

Les mesures successives de la coordonnée $z(t)$ sont exploitées à l'aide d'un tableur-grapheur.

On obtient la courbe de la figure 3 ci-dessous représentant l'évolution de la valeur de la vitesse v en fonction du temps. R1 et R2 désignent les deux régimes successifs observés lors du mouvement.

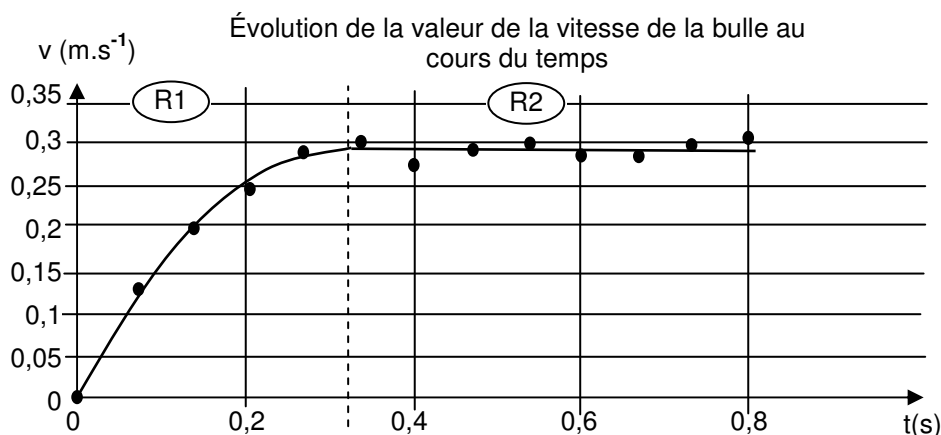


Figure 3

2.1.1. Quel nom donne-t-on au régime R2 ?

2.1.2. Déterminer graphiquement la valeur v_{lim} de la vitesse limite.

2.2. Bilan des forces

2.2.1. Donner l'expression de la valeur Π de la poussée d'Archimède, due à l'immersion de la bulle dans l'eau, en utilisant les notations des données.

2.2.2. P désigne la valeur du poids de la bulle.

Déduire du rapport $\frac{P}{\Pi}$ exprimé en fonction de ρ et de ρ_0 , que l'on peut négliger le poids de la bulle devant la poussée d'Archimède.

Lors du mouvement de la bulle de dihydrogène, on ne considère donc que deux forces :

- la poussée d'Archimède notée $\overline{\Pi}$
- une force de frottement fluide, notée \overline{f} , de même direction et de sens opposé au vecteur vitesse \overline{v} et dont la valeur augmente avec la vitesse.

2.2.3. Parmi les trois représentations suivantes (figure 4) des forces exercées sur la bulle pendant le régime R1, choisir celle qui est correcte. Justifier.

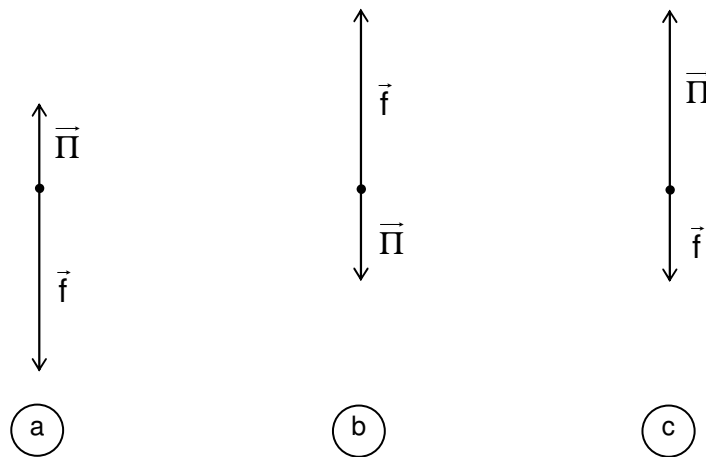


Figure 4

2.2.4. Que peut-on dire de ces forces lorsque le régime R2 est atteint ? Justifier.

3. Étude du mouvement vertical d'une bille d'acier dans l'air

Les élèves étudient le mouvement vertical du centre d'inertie G d'une bille d'acier de masse m dans l'air. Les frottements ainsi que la poussée d'Archimède peuvent être négligés lors de ce mouvement.

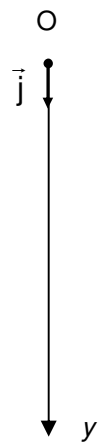
Le repère d'étude choisi est l'axe Oy vertical descendant.

À l'instant de date $t = 0$ s, le vecteur vitesse initiale \overline{v}_0 est tel que $\overline{v}_0 = v_{0y} \cdot \overline{j}$,

v_{0y} étant une valeur algébrique.

3.1. Quel nom donne-t-on à ce type de mouvement ?

3.2. En appliquant la deuxième loi de Newton à la bille, établir l'expression de la coordonnée $v_v(t)$ du vecteur vitesse du centre d'inertie de la bille.



3.3. Parmi les courbes (figure 5) pouvant représenter $v_y(t)$, choisir celle qui correspond à chacune des conditions initiales proposées ci-dessous. Justifier.

- Conditions initiales : a) La bille est lâchée sans vitesse initiale
b) La bille est lancée verticalement vers le haut
c) La bille est lancée verticalement vers le bas

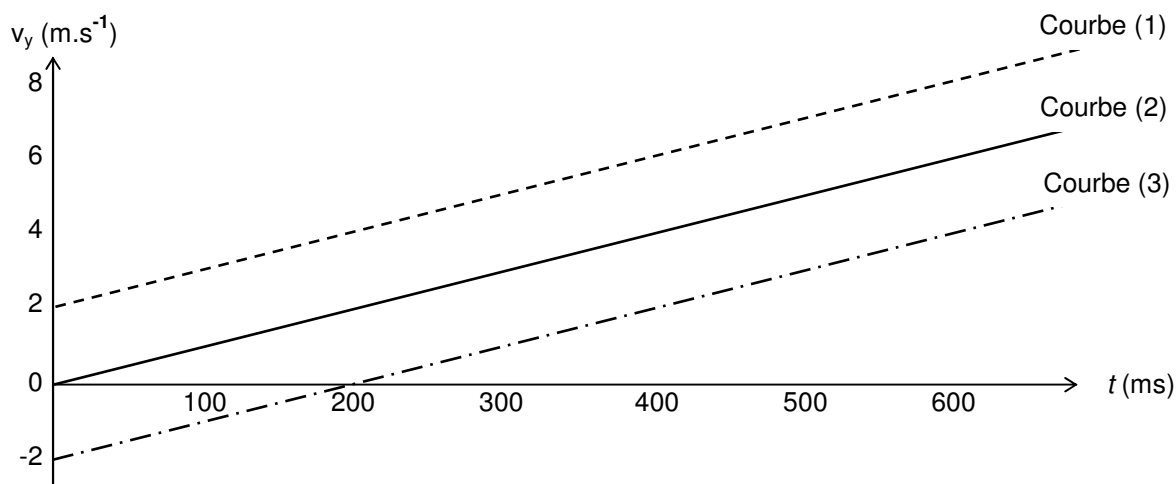


Figure 5

4. La présentation orale du projet scientifique

Lors de la présentation orale, l'un des spectateurs pose la question suivante :

« Vous avez étudié la chute d'une bille. Pourriez-vous décrire la chute de deux objets, l'un étant beaucoup plus lourd que l'autre, dans un tube dans lequel on a préalablement fait le vide ? ».

Arthur : – l'objet lourd tombera plus vite que l'objet léger.

Que pensez-vous de la réponse d'Arthur ?

ANNEXE À RENDRE AGRAFÉE AVEC LA COPIE

ANNEXE DE L'EXERCICE I

Questions 1.3. et 1.5.

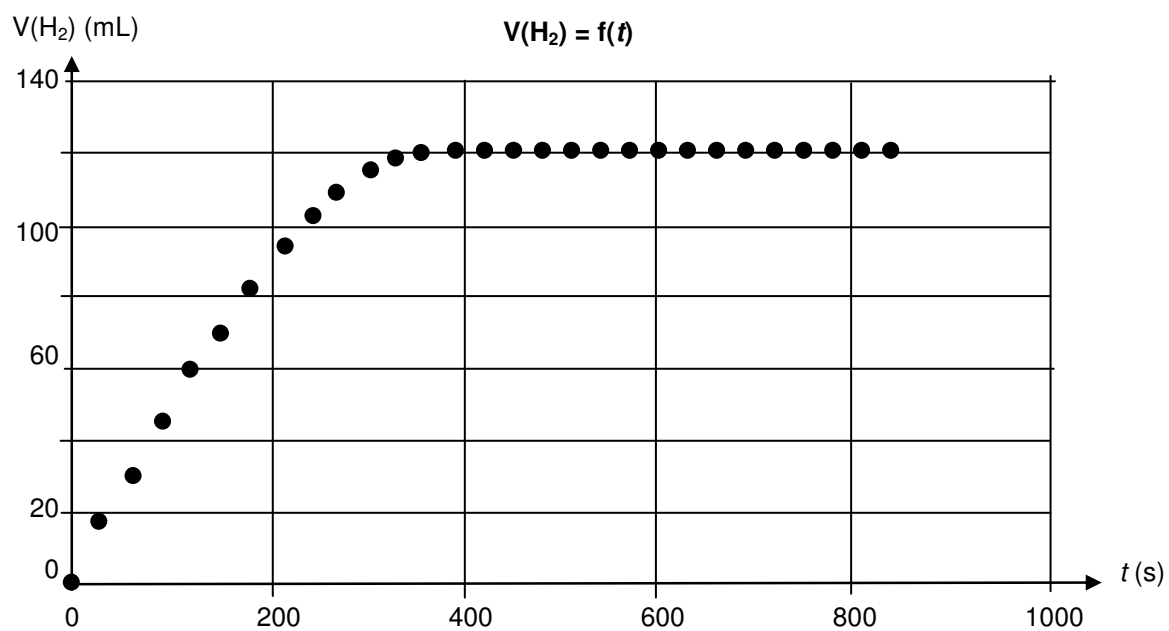


Figure 2