Nouvelle Calédonie Novembre 2007

EXERCICE I. CHIMIE ET MOUVEMENT POUR UN PROJET SCIENTIFIQUE (5,5 points)

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).

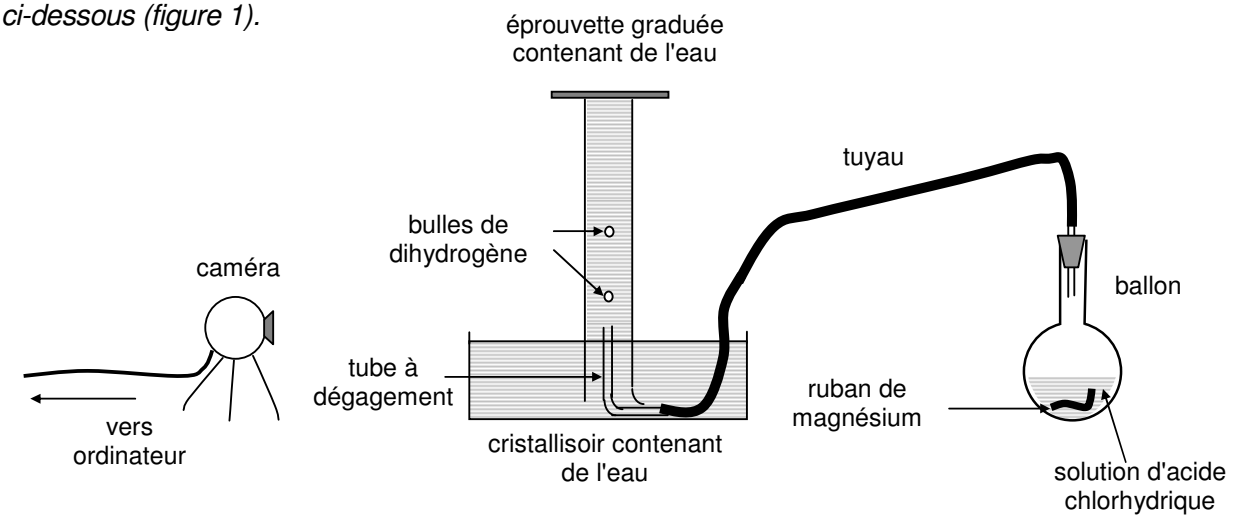


Figure 1

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 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 L.mol^{-1}	

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

$$Mg\ (s) + 2\ H^+\ (aq) = Mg^{2+}\ (aq) + H_2\ (g)$$

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 $x_{max} = 5{,}0 \times 10^{-3}$ 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.

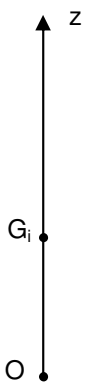
1.4. La transformation est-elle totale ? Justifier.

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 a 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, 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 : $\rho = 0{,}083\ kg.m^{-3}$
- *masse volumique de l'eau dans les conditions de l'expérience :* $\rho_0 = 1{,}0 \times 10^3\ kg.m^{-3}$
- *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.

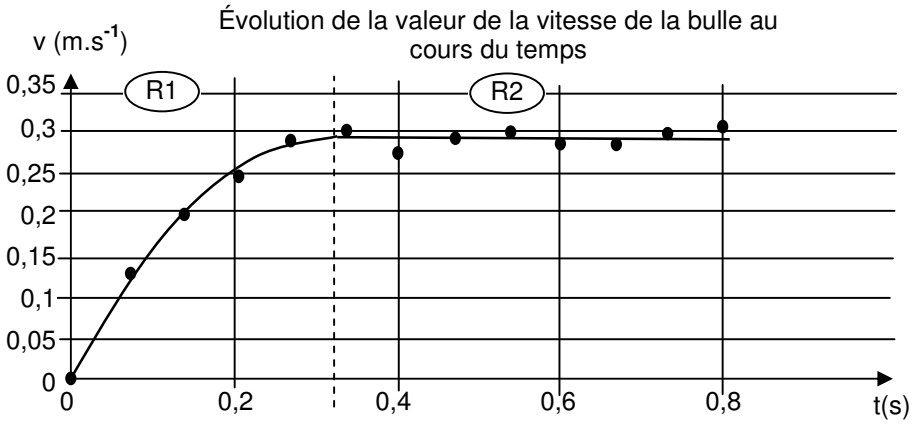


Figure 3

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 le 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* $\vec{\Pi}$
- *une force de frottement fluide, notée* $\vec{f}$*, de même direction et de sens opposé au vecteur vitesse* $\vec{v}$ *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.

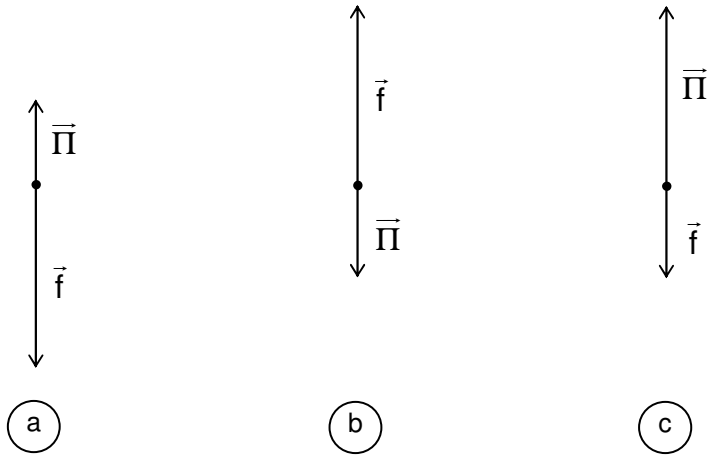


Figure 4

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 $\vec{v_0}$ *est tel que* $\vec{v_0} = v_{0y}.\vec{j}$ *,*
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 $v_y(t)$ 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

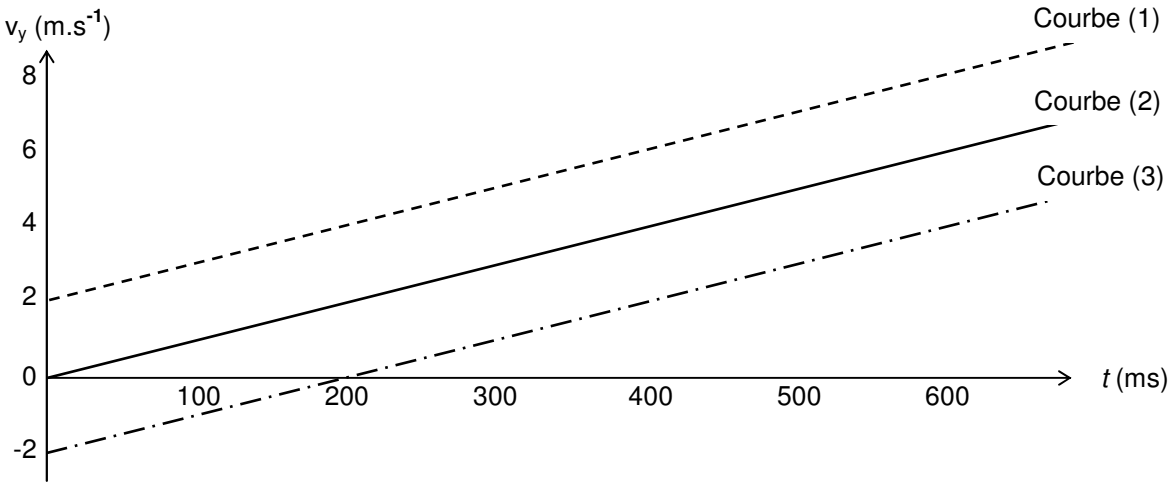


Figure 5

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.

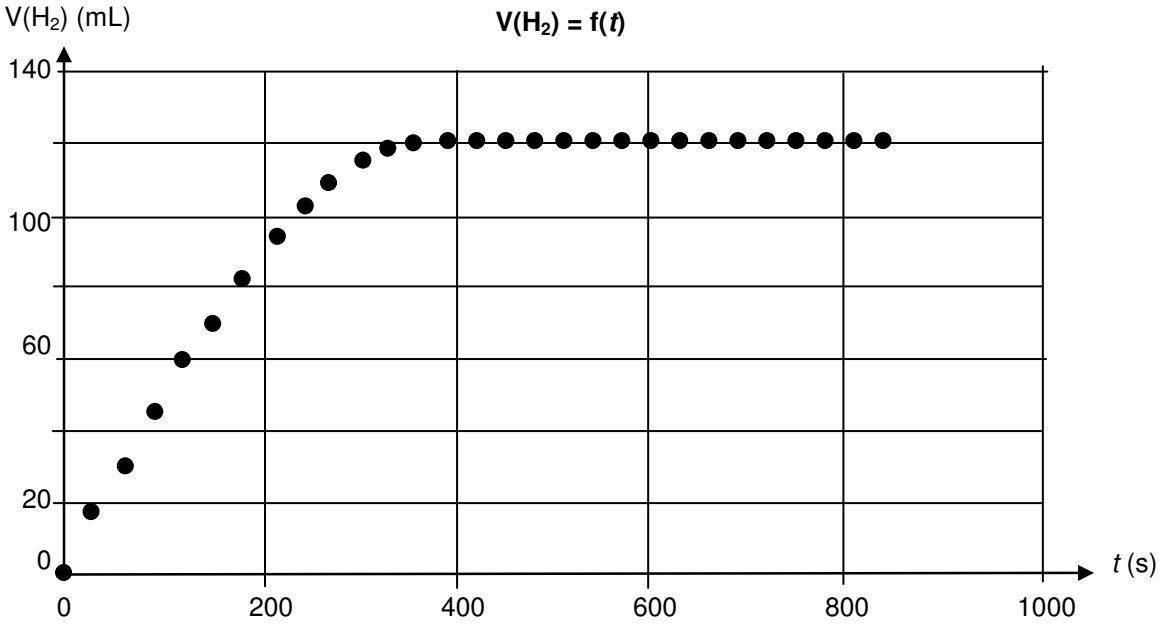


Figure 2