

Jeux et physique-chimie (10 points)

Un enfant trouve dans un coffre d'un grenier deux jeux datant des années 70, un tac-tac, et un coffret-jeux d'initiation à la chimie. Ne connaissant pas le principe du tac-tac, il cherche sur Internet et trouve les informations suivantes : le tac-tac est un jouet qui a connu une mode éphémère au début des années 1970. L'objet est constitué de deux boules de plastique dur reliées entre elles par une cordelette d'environ 40 cm de long, au milieu de laquelle un anneau de plastique est fixé par un nœud. En imprimant de légers mouvements à cet anneau, on amène les boules à rebondir l'une contre l'autre en produisant le bruit qui donne son nom au jeu.

D'après francetvinfo.fr

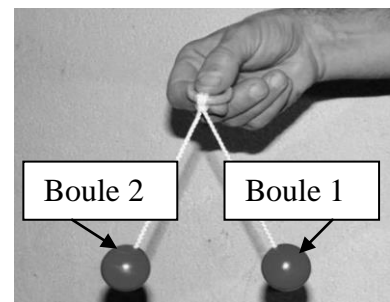
On s'intéresse dans ce sujet au comportement des boules du tac-tac, puis à un « liquide magique » qu'il est possible de réaliser avec le coffret-jeux d'initiation à la chimie.

Partie 1 : étude du tac-tac

Le tac-tac est présenté sur la photographie ci-contre.

Dans ce qui suit, on appelle :

- boule 1 la boule située à droite sur la photographie ;
- boule 2 la boule située à gauche sur la photographie.

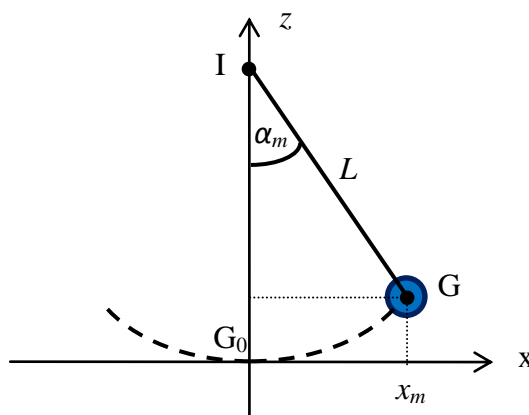


A- Étude énergétique de la boule 1

On modélise ici le jeu par un pendule simple constitué de la boule 1 de masse $m = 80$ g, suspendue à un fil inextensible de masse négligeable et de longueur $L = 20$ cm. Le fil est accroché au point I et les mouvements du pendule s'effectuent dans un plan vertical.

Le joueur écarte la boule 1 d'un angle α_m . Le centre de la boule 1 est ainsi situé au point G. Le joueur lâche la boule 1 sans vitesse initiale.

Le mouvement du pendule est étudié dans le repère (G_0, x, z) orienté comme l'indique la figure ci-dessous ; l'axe G_0z est vertical. On néglige les frottements.



Données :

- l'énergie potentielle de pesanteur est choisie nulle au point G_0 le plus bas de la trajectoire ;
- la valeur de l'intensité de la pesanteur est $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

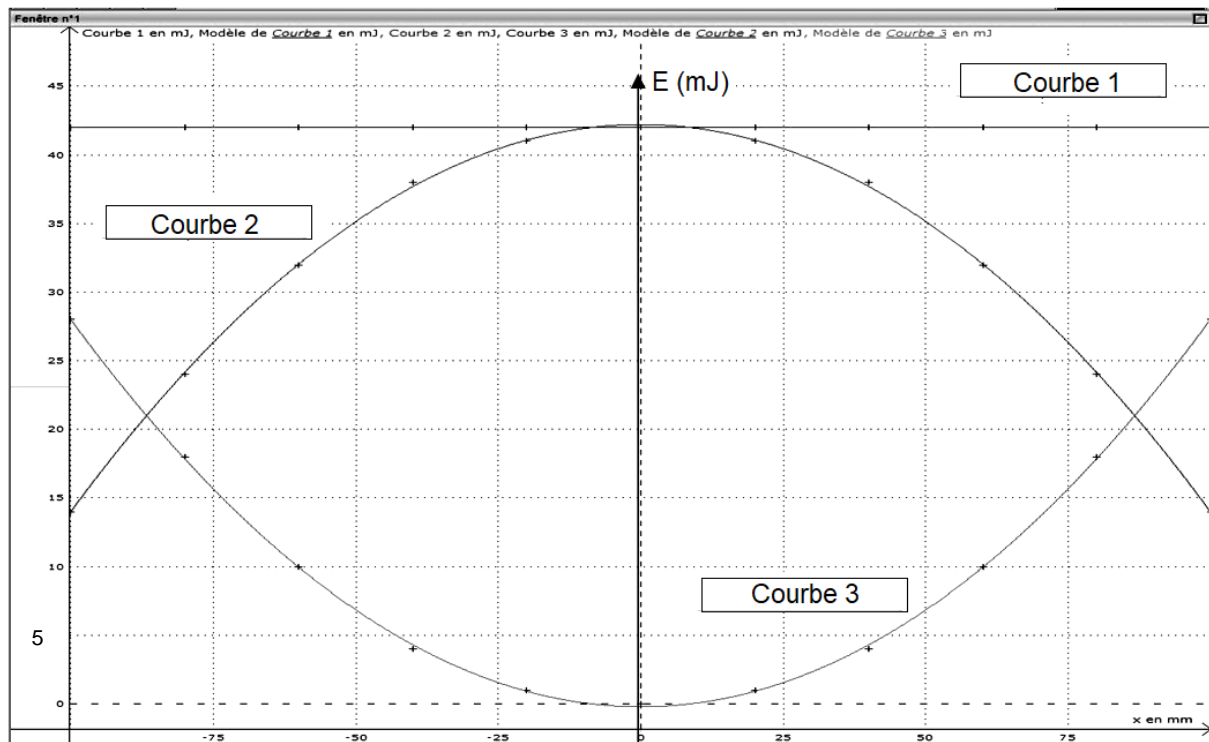
A.1. On s'intéresse à la boule 1 lorsqu'elle est à une hauteur z et possède une vitesse v .

Rappeler les expressions :

- de son énergie cinétique E_c ;
- de son énergie potentielle de pesanteur E_{pp} ;
- de son énergie mécanique E_m en fonction de m , g , z et v .

A.2. On modélise expérimentalement la situation en utilisant un montage comprenant un capteur, un pendule simple de même caractéristique que la partie du tac-tac associée à la boule 1. On peut alors tracer les variations des trois types d'énergie (en mJ) précédentes en fonction de l'abscisse x (en mm) du centre de la boule 1 pour seulement une partie de la trajectoire de la boule 1.

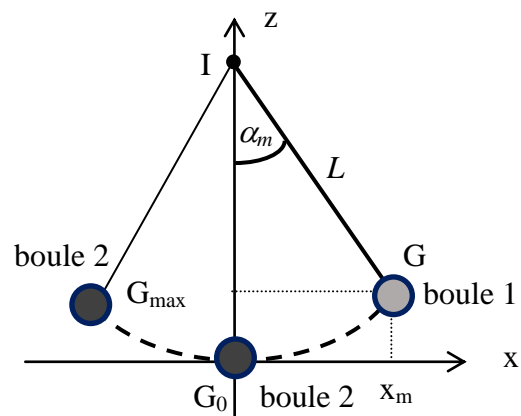
On obtient les courbes suivantes :



Associer, en justifiant la réponse, chaque courbe à l'énergie E_c , E_{pp} ou E_m dont elle représente les variations.

B- Étude du choc entre les deux boules

On lâche sans vitesse initiale la boule 1 du point G. Au point G_0 , un choc se produit entre la boule 1 et la boule 2 qui initialement est au repos. La boule 2 se met en mouvement.



On suppose qu'au point G_0 et juste avant le choc la boule 1 possède la vitesse maximale $v_{G0} = 1,0 \text{ m.s}^{-1}$ et une énergie mécanique de 42 mJ. Au cours du choc entre les deux boules, il se produit une dissipation d'énergie mécanique $E_{dis} = 15 \text{ mJ}$.

Juste après le choc, la boule 1 est au repos et la boule 2 se met en mouvement vers la gauche pour atteindre, avant de redescendre, un point extrême G_{\max} dont on veut déterminer l'altitude $z_{G_{\max}}$.

- B.1.** Calculer l'énergie mécanique E_{m2,G_0} de la boule 2 en G_0 juste après le choc.
- B.2.** Expliquer pourquoi l'énergie cinétique de la boule 2 au point G_{\max} est nulle.
- B.3.** Exprimer l'énergie mécanique $E_{m2,G_{\max}}$ de la boule 2 au point G_{\max} en fonction de m , g et $z_{G_{\max}}$.
- B.4.** En supposant que l'énergie mécanique de la boule 2 reste constante au cours de son mouvement, calculer la valeur de l'altitude $z_{G_{\max}}$. Conclure.

Partie 2 : étude du « liquide magique »

L'enfant utilise le coffret-jeux d'initiation à la chimie pour réaliser une expérience intitulée « le liquide magique ».

L'expérience est à faire en présence d'un adulte.

Le livret fourni dans la boîte indique la démarche à suivre :



- mets les gants et les lunettes qui sont fournis ;
- dans l'erlenmeyer, verse 150 mL de la solution nommée S ;
- dissous-y 5 g de glucose ;
- ajoute 1 g de bleu de méthylène. La solution devient bleue puis progressivement devient incolore ;
- bouche et agite vigoureusement : la solution devient immédiatement bleue puis après agitation se décolore à nouveau progressivement ;
- agite une nouvelle fois : la solution devient encore bleue puis se décolore progressivement.

On obtient ainsi deux couleurs de solutions :



Solution bleue
après agitation.



Solution incolore
après repos.

L'objectif de cette partie est d'expliquer l'évolution de la couleur de la solution.

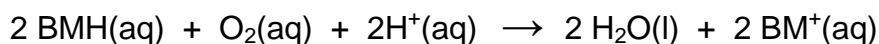
Données :

- formule brute du glucose : $C_6H_{12}O_6(aq)$;
- masse molaire du glucose : $M = 180 \text{ g.mol}^{-1}$
- forme oxydée du bleu de méthylène, notée $BM^+(aq)$, seule espèce colorée en solution ;
- forme réduite du bleu de méthylène notée $BMH(aq)$;
- couples oxydant-réducteurs mis en jeu :
 - $BM^+(aq) / BMH(aq)$
 - $O_2(aq) / H_2O(l)$
 - $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{12}O_6(aq)$
- volume molaire des gaz dans les conditions de l'expérience $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$;
- la composition de l'air est considérée comme connue du candidat.

C- Étude qualitative

C.1. Lorsque l'on agite l'erlenmeyer, une partie du dioxygène de l'air se dissout dans la solution puis réagit en oxydant la forme réduite du bleu de méthylène.

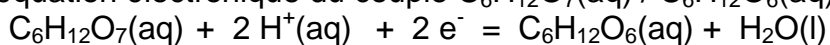
La transformation chimique observée lors de l'agitation peut être modélisée par la réaction (1) dont l'équation est écrite ci-après :



Définir une oxydation.

C.2. Il se produit ensuite une deuxième réaction d'oxydo-réduction entre le glucose et le bleu de méthylène sous forme $BM^+(aq)$ (réaction (2)).

C.2.1. La demi-équation électronique du couple $C_6H_{12}O_7(aq) / C_6H_{12}O_6(aq)$, s'écrit :



Justifier que le glucose est le réducteur de ce couple.

C.2.2. Écrire la demi-équation électronique du couple $BM^+(aq) / BMH(aq)$.

C.2.3. En déduire l'équation de la réaction (2) modélisant la réduction de la forme oxydée du bleu de méthylène par le glucose.

C.3. À l'aide des modélisations effectuées, expliquer les variations de couleur observées lors de l'expérience avec le « liquide magique ».

D- Étude quantitative

On considère que, compte tenu des volumes utilisés, une fois bouché hermétiquement l'erlenmeyer contient un volume d'air $V_{air} = 0,240 \text{ L}$. Le bleu de méthylène introduit réagit dans la réaction (1), puis est régénéré dans la réaction (2).

D.1. Calculer les quantités de matière n_{O_2} de dioxygène et $n_{C_6H_{12}O_6}$ de glucose contenues initialement dans l'erlenmeyer.

D.2. Sans rouvrir l'erlenmeyer, l'enfant réalise dans la journée plusieurs séries d'agitations successives. Au bout de quelques heures, l'expérience « le liquide magique » ne fonctionne plus, car la couleur bleue n'apparaît plus.

Justifier que c'est parce que tout le dioxygène disponible a disparu. On attend un raisonnement s'appuyant sur un bilan de matière.