

Où sont passés les mJ ?



Élèves participant : Léa Morel, Madina Jalmourzaeva, Margot Lecat

Professeurs encadrant : Julien Barthes, Hervé Lefranc

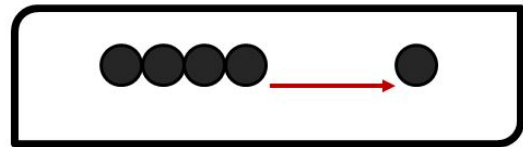
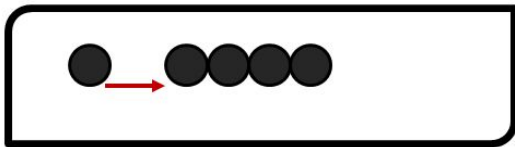
**- CLASSE DE Terminale S - Lycée Carnot -
Académie de Dijon**

RÉSUMÉ

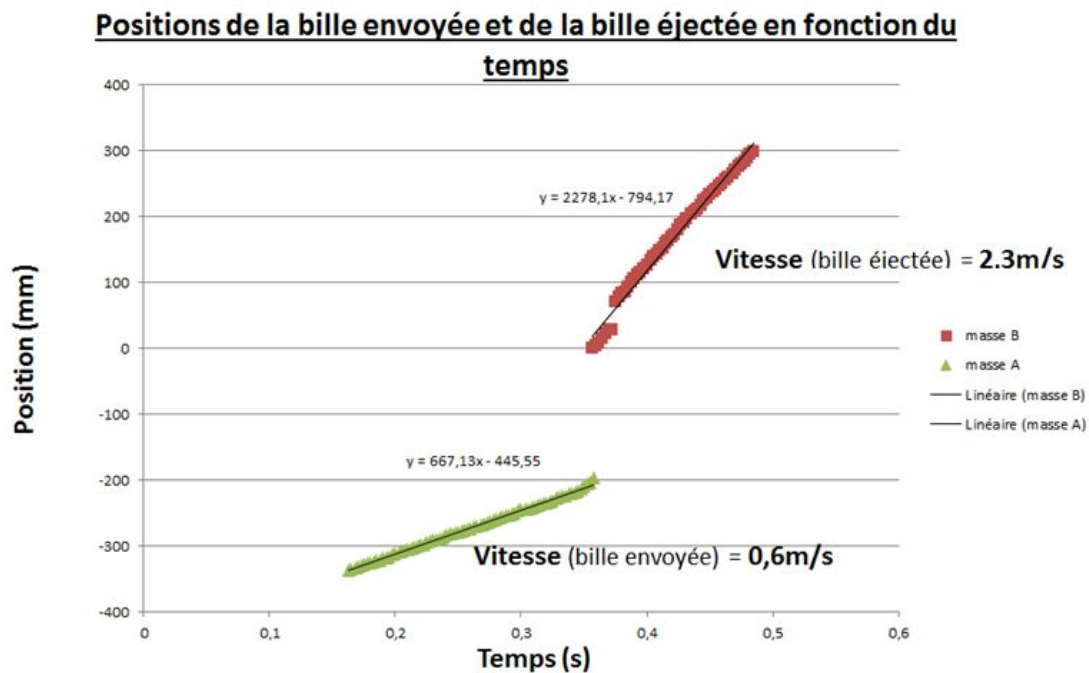
Notre projet traite d'une expérience insolite où l'énergie semble être créée lors d'un choc entre bille métalliques. Nous nous sommes d'abord demandé quelles forces entraînent en jeu et qu'est-ce qui pouvait expliquer les phénomènes que nous observions. Nous avons alors découvert la disparition d'une partie de l'énergie, cachée, et présente initialement. Nous avons donc mis en place plusieurs expériences afin de répondre à nos questions...

INTRODUCTION

Nous avons fait une première expérience avec des billes aimantées et des non aimantées. L'expérience consiste à rapprocher à faible vitesse deux billes aimantées dont une est au contact d'une série de trois billes non aimantées. Le choc des deux billes aimantées projette la dernière bille non aimantée à une vitesse supérieure à celle qu'on observe lors du rapprochement des billes aimantées.



Pour confirmer cette observation, nous avons filmé l'expérience avec une caméra rapide (400 images/seconde) et utilisé un logiciel de pointage, Tracker, pour observer la position de la bille dans le temps. Nous avons obtenu le graphique suivant :



Nous avons donc un gain d'énergie : la bille envoyée va à une vitesse de 0,6 m/s tandis que la bille éjectée atteint une vitesse de 2,3 m/s.

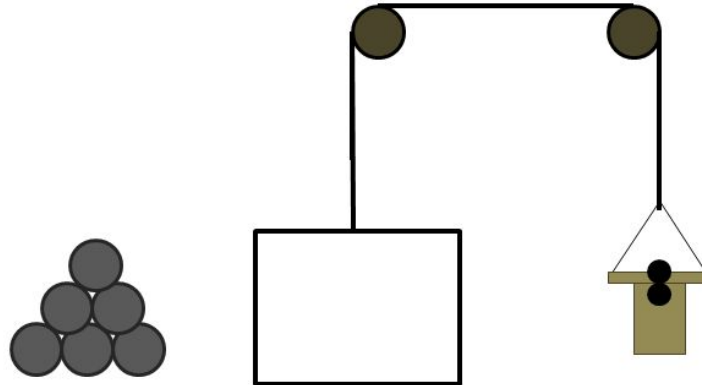
1) D'où vient l'énergie ?

1. Force d'origine magnétique

Nous avons émis l'hypothèse que cette énergie provenait de l'attraction magnétique entre les deux billes aimantées et que le mouvement s'expliquait par le même principe que pour le pendule de Newton. Quand la première bille arrive sur le bloc avec un mouvement en direction du bloc, ce mouvement est transmis aux autres billes, et ce jusqu'à la dernière. La dernière bille conserve ce mouvement, c'est la raison pour laquelle elle se détache du bloc.

Pour confirmer notre hypothèse, nous avons dans un premier temps mesuré la force d'arrachage nécessaire pour séparer les deux billes magnétiques, ce qui correspond à l'énergie contenue dans les billes au moment de l'impact.

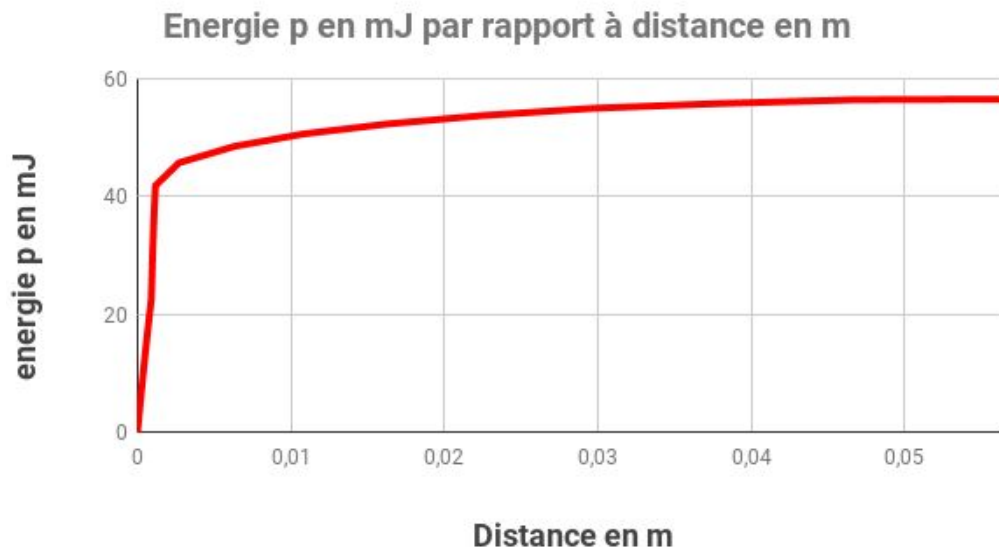
Pour cela, nous avons placé les deux billes qui nous intéressaient de manière à ce qu'elle soient en contact, puis nous avons relié à l'une des deux un panier où nous rajoutions des masses au fur et à mesure, ce qui nous a permis d'obtenir la masse équivalente à la force d'arrachage nécessaire pour les séparer.



A chaque fois nous rajoutions une feuille de papier afin d'augmenter la distance entre les deux. Plus les billes sont éloignées, moins elles sont liées entre elle, et moins il y a besoin de masse pour les séparer.

2. De la force à l'énergie potentielle

Nous avons ensuite converti la force d'arrachage en énergie potentielle et nous avons utilisé la formule suivante : $E_p(x) = E_p(x-e) + mg \cdot e$. Elle nous a permis d'obtenir un graphique présentant l'énergie potentielle de la bille arrivante en fonction de la distance qui la sépare de l'autre bille aimantée :



Nous avons donc observé que pour séparer les deux billes magnétiques l'énergie nécessaire est de 56 mJ.

3. De l'énergie potentielle à l'énergie cinétique

Nous avons supposé qu'il y avait une conversion de l'énergie potentielle en énergie cinétique suivant la formule : $E_c = \frac{1}{2} mv^2$.

Avec les billes aimantées il y a un stockage d'énergie dans le bloc, cette énergie est stockée sous forme d'énergie potentielle magnétique.

Comme la première bille est envoyée vers le bloc face à l'aimant, elle est attirée et elle accélère vers l'aimant. En accélérant son énergie croît. Et comme pour le mouvement, l'énergie est transmise à la dernière bille qui, avec le gain d'énergie de la première bille et l'énergie potentielle du bloc, part plus vite.

Nous avons calculé l'énergie cinétique de la bille éjectée qui était de 21 mJ et celle de la bille arrivante qui était de 1,4 mJ. On peut en déduire que presque la totalité de l'énergie est convertit sous forme d'énergie cinétique, ce qui explique la vitesse importante de la bille éjectée.

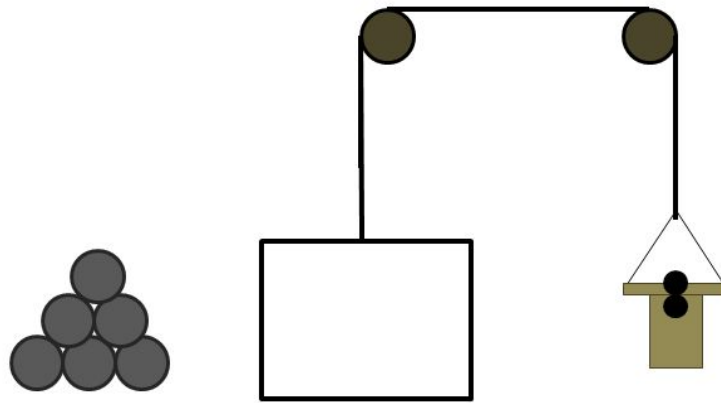
Donc pour résumer, une partie de l'énergie est gagnée quand la bille envoyée se lie au bloc, on a donc un gain d'énergie potentielle de 56 mJ. Puis cette énergie ainsi que le mouvement de la bille se transmettent jusqu'à la dernière bille qui s'extrait alors du bloc et l'énergie reçue est convertie en énergie cinétique. Cependant, seuls 21 mJ sont utilisés.

Où sont donc passées les mJ?

II) Que devient l'énergie ?

1. Énergie potentielle d'arrachage

Nous nous sommes rendu compte que si de l'énergie était utilisée pour lier les deux billes magnétiques entre elles, il en fallait aussi pour séparer les deux dernières billes non aimantées. Nous avons donc réitéré la même expérience pour mesurer la force d'arrachage mais cette avec la dernière bille éjectée et le reste du bloc de billes (2 non aimantées et 2 aimantées).



Sur le même principe, nous avons obtenu le graphique suivant :



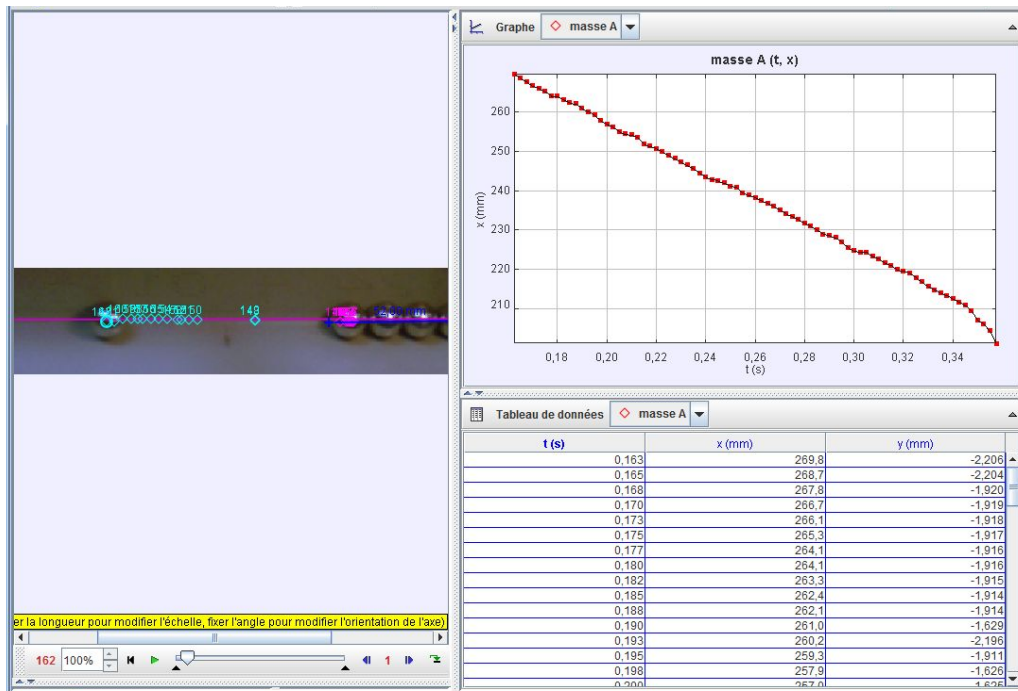
On observe donc que seuls 0,6 mJ sont prélevés pour extraire la dernière bille du bloc alors que 56 mJ étaient nécessaires dans le cas des deux billes magnétiques... Il y a une différence d'environ 56 mJ.

Ce n'est donc toujours pas suffisant pour expliquer où sont passées les mJ.

2. Energie potentielle de recul

Après visionnage de nos vidéos, nous avons remarqué que le bloc de billes, après le choc, reculait dans le sens opposé du mouvement de la bille envoyée et de la bille éjectée. L'effet du recul s'explique par la conservation de la quantité de mouvement. Dans les chocs, deux quantités se conservent, la quantité de mouvement et l'énergie cinétique. Donc comme la vitesse de la bille éjectée est de 21 m/s, le recul des autres billes est égal à la vitesse sur le nombre de billes du bloc.

Nous avons réalisé un pointage vidéo grâce à Tracker et nous avons pu calculer l'énergie cinétique du recul à partir de la vitesse qui était $v = 0,8 \text{ mm/s}$, ainsi $E_c = 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\text{recul}}^2 = 1,3 \text{ mJ}$



L'énergie prélevée lors du recul du bloc de billes est de 1,3 mJ.

CONCLUSION

L'énergie cinétique de la bille éjectée est nettement supérieur à celle envoyée. Cela s'explique par le fait qu'au moment où les billes magnétiques se lient entre elle, il y a un gain d'énergie de 56 mJ. Une partie de cette énergie est alors convertie par la bille éjectée en énergie cinétique, ce qui lui donne sa vitesse élevée par rapport à la vitesse de la bille envoyée qui était de 1,4 mJ, mais seuls 21 mJ sont utilisés sur les 56 mJ obtenus lors du choc. Ensuite, la bille éjectée prélève aussi 0,6 mJ pour s'extraire du bloc et 1,3 mJ sont utilisé lors du recul du bloc : $21+0,6+1,3= 22,9$ mJ

Il nous manque donc une grosse partie de l'énergie de départ mais nous cherchons toujours. Cela peut être dû à une dissipation de l'énergie lors la propagation entre les billes métalliques ou à cause du roulement de la bille éjectée.