

# Énergie du mhs

Nous pouvons décrire une masse oscillante en termes de position, de vitesse et d'accélération en fonction du temps. Nous pouvons aussi décrire le système du point de vue de l'énergie. Dans cette expérience, vous mesurerez la position et la vitesse d'une masse accrochée à un ressort en fonction du temps, et à partir de ces données, vous établirez les graphiques de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle du système

Dans le système formé par la masse et le ressort, l'énergie est présente sous trois formes. La masse  $m$ , de vitesse  $v$ , peut avoir une énergie cinétique  $E_{cin}$

$$E_{cin} = \frac{1}{2} mv^2$$

Le ressort peut posséder de l'énergie potentielle élastique,  $E_{élastique}$ .  $E_{élastique}$  est donnée par

$$E_{élastique} = \frac{1}{2} ky^2$$

où  $k$  est la constante du ressort et  $y$  est l'extension ou la compression du ressort mesurée à partir de la position d'équilibre.

Le système formé par la masse et le ressort possède aussi de l'énergie potentielle de gravitation ( $E_{gravitationnel} = mgy$ ), mais nous n'avons pas besoin d'inclure ce terme si nous mesurons la longueur du ressort à partir de sa position d'équilibre. Nous pouvons donc nous concentrer sur l'échange d'énergie entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle élastique.

Si le système ne subit pas d'autres forces. Alors le principe de conservation de l'énergie nous dit que la somme  $KE + PE_{élastique} = 0$ , ce que nous pouvons tester expérimentalement.

## OBJECTIFS

- Examiner les énergies mises en jeu dans un mhs.
- Illustrer le principe de conservation de l'énergie.

## MATERIEL

Power Macintosh  
LabPro  
Logger *Pro*  
Détecteur de mouvement Vernier  
Panier métallique

Jeu de masses, 50 g à 300 g par pas de 50-g  
Support pour masses  
Ressort, 1-10 N/m  
Support

## QUESTIONS PREALABLES

1. Faites sur papier une esquisse de l'allure du graphique de la hauteur de la masse en fonction du temps lorsque celle-ci effectue un cycle d'oscillation. Indiquez sur le graphique à quels instants la masse se déplace le plus vite et donc possède la plus grande énergie cinétique. Marquez aussi les instants où elle bouge le plus lentement et a le moins d'énergie cinétique.

## Expérience 17

2. Sur votre esquisse, indiquez les instants où le ressort a l'énergie élastique la plus grande, puis les instants où le ressort a l'énergie élastique la plus petite.
3. Faites l'esquisse du diagramme de la vitesse à partir du premier graphique.
4. Faites l'esquisse des graphiques de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle en fonction du temps.

### PROCEDURE

1. Montez la masse de 200-g et le ressort comme sur la Figure 1. Connectez le détecteur de mouvement au DIG/SONIC 2 du LabPro. Placez le détecteur directement sous la masse, en prenant garde qu'aucun objet ne puisse en s'interposant envoyer un écho au détecteur. Protégez le détecteur en le couvrant d'un panier métallique. La masse devrait se trouver à environ 60 cm au-dessus du détecteur quand elle est au repos. Avec des amplitudes de 10 cm au maximum, elle restera alors au-delà de la distance minimum de 40cm du détecteur.
2. Ouvrez le dossier Experiment 17 de *Physics with Computers*. Puis ouvrez le fichier Exp 17a Motion Detector. Deux graphiques devraient occuper l'écran. Celui du haut est un diagramme du mouvement, avec une échelle de 0 à +2 m. Celui du bas est un diagramme de la vitesse, avec une échelle de  $-2$  à 2 m/s. L'axe horizontal des deux graphiques porte le temps de 0 à 5 s. Le taux d'acquisition des données est de 50 échantillons/s.
3. Soulevez la masse de 10cm et libérez-la. Faites attention à ce qu'elle ne se balance pas latéralement. Cliquez sur  pour enregistrer la position et la vitesse. Imprimez vos graphiques, comparez à vos prévisions et commentez toute différence.
4. Pour calculer l'énergie potentielle du ressort, il est nécessaire de mesurer la constante du ressort,  $k$ . La loi de Hooke dit que la force de rappel du ressort est proportionnelle à son écart à l'équilibre, soit  $F = -kx$ . Vous pouvez appliquer une force connue au ressort, pour équilibrer sa force de rappel, en y accrochant des poids. Le détecteur de mouvement peut alors être utilisé pour mesurer la nouvelle position d'équilibre. Ouvrez le fichier Exp 17b Spring Constant. Logger *Pro* est maintenant prêt à faire le graphique de la distance en fonction du poids accroché.
5. Cliquez sur  pour commencer l'acquisition des données. Suspendez une masse de 50 g au ressort et laissez-la au repos. Cliquez sur  et entrez **0.49**, le poids de la masse en newtons (N). Appuyez sur ENTER. Puis suspendez successivement 100, 150, 200, 250, et 300 g au ressort, en notant la position et en entrant les poids en N. Lorsque vous avez terminé, cliquez sur  pour terminer l'acquisition des données.



Figure 1

6. Cliquez sur l'outil de régression linéaire , pour ajuster une droite à vos données. La valeur de la pente est la constante du ressort  $k$  en N/m. Notez sa valeur dans le tableau des données ci-dessous.
7. Ôtez les 300-g et remplacez-les par une masse de 200-g mass pour les expériences suivantes.
8. Ouvrez le fichier Exp 17c Energy. En plus de la position et de la vitesse, trois nouvelles colonnes de données figurent dans ce fichier (énergie cinétique, énergie élastique, et la somme de ces deux énergies) . Vous aurez peut-être à modifier les formules de calcul des énergies. Si nécessaire, sélectionnez Modify Column ► Kinetic Energy dans le menu Data et remplacez la valeur de votre masse en kilogrammes à la place de la valeur de 0.20, puis cliquez sur . De même, introduisez la valeur de la constante du ressort que vous venez de déterminer à la place de la valeur 5.0 dans la colonne de l'énergie potentielle.
9. Avec la masse suspendue au repos, cliquez sur  pour mettre à zéro le détecteur de mouvement. À partir de maintenant, toutes les distances seront mesurées relativement à cette position. Quand la masse s'approchera du détecteur, la distance sera donnée comme négative.
10. Faites osciller la masse verticalement, avec une amplitude de 10 cm environ. Cliquez sur  pour récolter les données de position, d'énergie et de vitesse.

## TABLEAU DES DONNEES

|                      |     |
|----------------------|-----|
| Constante du ressort | N/m |
|----------------------|-----|

## ANALYSE

1. Cliquez sur l'étiquette de l'axe vertical du diagramme de la vitesse pour faire le graphique d'une autre colonne. Enlevez la coche de la colonne " velocity " et choisissez les colonnes " kinetic energy " et " potential energy ". Cliquez sur  pour dessiner le nouveau graphique.
2. Comparez vos graphiques de l'énergie à vos esquisses. Prenez garde de comparer des graphiques d'un cycle complet commençant au même point. Commentez les différences éventuelles
3. Si l'énergie mécanique est conservée, comment évolue la somme des énergies cinétique et potentielle au cours du temps? Faites l'esquisse de votre prédiction.
4. Vérifiez votre prédiction. Cliquez sur l'étiquette de l'axe vertical sur le graphique de l'énergie et sélectionnez la colonne de l'énergie totale en plus des deux autres. Cliquez sur  pour dessiner le nouveau graphique.
5. D'après ce graphique, l'énergie mécanique est-elle conservée dans ce système?

## EXTENSIONS

1. Dans l'introduction, nous avons affirmé que l'énergie potentielle de gravitation pouvait être ignorée si le déplacement utilisé dans le calcul de l'énergie potentielle élastique était mesuré à partir de la position d'équilibre. Écrivez d'abord l'énergie mécanique totale (cinétique,

## *Expérience 17*

---

potentielle de gravitation et potentielle élastique) dans un référentiel orienté vers le haut où la position  $y$ , a son origine au bas du ressort au repos et sans masse (sans force) . Puis déterminez la position d'équilibre  $s$  quand une masse  $m$  est suspendue au ressort. Ce sera l'origine d'un nouveau référentiel avec la position  $h$ . Écrivez une nouvelle expression pour l'énergie totale en fonction de  $h$ . Montrez que lorsque l'énergie est écrite en fonction de  $h$  plutôt que de  $y$ , l'énergie potentielle de gravitation s'annule.

2. Si une force non-conservative comme la résistance de l'air devient importante, le graphique de l'énergie mécanique en fonction du temps va changer. Faites l'esquisse de son allure, puis scotchez une fiche de carton en bas de votre masse et refaites les mesures, puis comparez les données à votre prévision
3. Les énergies en jeu pour un pendule peuvent être étudiées de la même manière. Faites l'expérience, en mesurant la position horizontale du pendule à l'aide d'un détecteur de mouvement
4. Montez un chariot entre deux ressorts sur un rail à coussin d'air et faites la même expérience. N'oubliez pas de considérer l'énergie élastique des deux ressorts.