
Thème : L'énergie

Chapitre : L'énergie mécanique Les forces

Objectifs :

- Exploiter la représentation d'une force s'exerçant en un point par un vecteur : direction, sens et norme.
- Identifier, inventorier, caractériser et modéliser par des forces, les actions mécaniques s'exerçant sur un solide.
- Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un solide à l'équilibre ou en translation rectiligne uniforme.

Sommaire

1. Cours	2	2. Activité 1 : La notion de forces	4
1.1 Qu'est-ce qu'une force ?	2	3. Activité 2 : Forces s'exerçant sur un solide	5
1.2 Principe d'inertie	2	4. Activité 3 : Comment optimiser le mouvement dans les fluides ?	6
1.3 Conditions d'équilibre d'un solide soumis à des forces.	2	5. Exercices	8
1.4 Une force de frottement fluide	2		
1.5 La force élastique.	3		
1.6 La réaction du support	3		

1. Cours

1.1 Qu'est-ce qu'une force ?

Comment définir une **force** ?

.....

Quels sont les deux types de forces existantes ?

.....

Comment est caractérisée une force ?

—
 —
 —
 —

1.2 Principe d'inertie

Énoncer le principe d'inertie :

.....

1.3 Conditions d'équilibre d'un solide soumis à des forces.

Quelles sont les conditions pour qu'un corps soumis à différentes forces soit en **équilibre** ?

.....

1.4 Une force de frottement fluide

Un corps se déplaçant dans un fluide (liquide ou gaz) subit une action du fluide qui agit comme un frottement, c'est la **force de frottement fluide**, également appelée la **trainée**.

Quel est son point d'application ? Sa direction ? Son sens ?

.....

Son intensité est donnée par :

$$f_x = \frac{1}{2} \times \rho \times V^2 \times S \times C \tag{1}$$

avec f_x la force de trainée (en N), ρ la masse volumique du fluide ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), V la vitesse du solide par rapport au fluide ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), S la surface de l'objet « vue » par le fluide, C_x le coefficient de trainée (sans unité).

1.5 La force élastique.

Qu'est-ce que la force élastique ?

.....

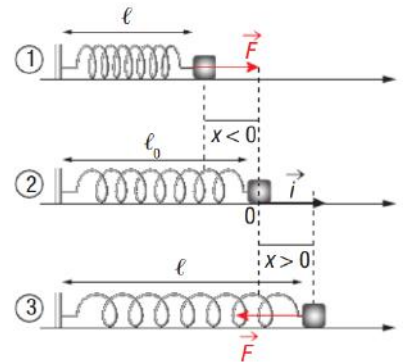
Quel est son point d'application ? Sa direction ? Son sens ?

.....

Son intensité est donnée par :

$$F = k \times |x| \tag{2}$$

avec F la force élastique (en N), x l'allongement (variation de longueur) du ressort (en m) et k la constante de raideur du ressort ($\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$).



- ▲ ① Ressort comprimé : l'allongement est négatif et la force élastique du ressort orientée dans le sens positif.
- ② Ressort au repos.
- ③ Ressort étiré : l'allongement est positif et la force élastique du ressort orientée dans le sens négatif.

1.6 La réaction du support

Quelles sont les forces qu'un solide subit lorsqu'il n'y pas de frottement (figure ci-contre) ? **Donner** l'écriture vectorielle.

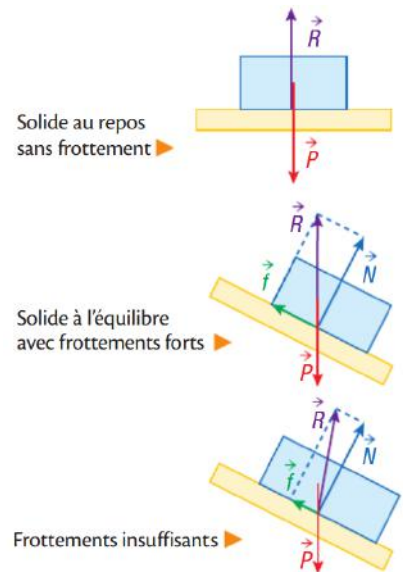
.....

Quelles sont les forces qu'un solide subit lorsqu'il est à l'équilibre (figure ci-contre) ? **Donner** l'écriture vectorielle.

.....

Quelles sont les forces qu'un solide subit lorsque les forces de frottement \vec{f} sont faibles (figure ci-contre) ? **Donner** l'écriture vectorielle.

.....



2. Activité 1 : La notion de forces

Objectif :

- Exploiter la représentation d'une force s'exerçant en un point par un vecteur : direction, sens et norme.

Une **force** modélise une action mécanique exercée par un corps sur un autre.
 Lorsque l'on étudie les forces, il est primordial de bien définir le système étudié, c'est-à-dire quel est le corps sur qui s'exercent les forces que l'on étudie.

FIGURE 1 – Qu'est ce qu'une force ?

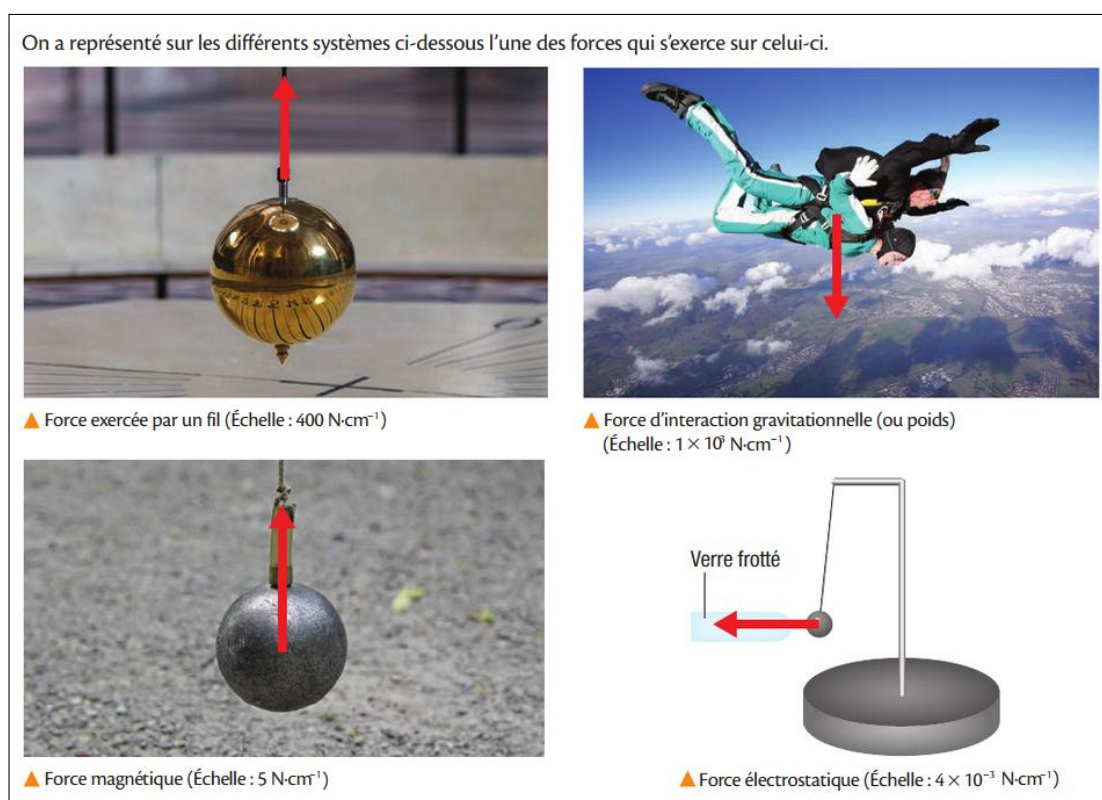


FIGURE 2 – Exemples de forces.

1. **Indiquer** les effets associés à chacune des forces représentées dans la figure 2.
2. **Préciser**, pour chaque situation de la figure 2 le système étudié.
3. Pour chacun des forces représentées dans la figure 2, **indiquer** la direction, le sens et le point d'application du vecteur force en complétant le tableau ci-dessous.

	Point d'application	Direction	Sens	Intensité
Force exercée par un fil
Poids
Force magnétique
Force électrostatique

4. **Classifier** les forces représentées dans la figure 2 en « forces de contact » et « forces à distance ».
5. Quelle est la masse des deux parachutistes et leur équipement ?

3. Activité 2 : Forces s'exerçant sur un solide

Objectif :

- Identifier, inventorier, caractériser et modéliser par des forces, les actions mécaniques s'exerçant sur un solide.
- Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un solide à l'équilibre ou en translation rectiligne uniforme.

• Solide soumis à deux forces

- Appliquer deux forces à un solide de masse suffisamment faible pour que son poids soit négligeable vis-à-vis des deux forces exercées (par exemple une plaque de carton ou de polystyrène).
- L'intensité des deux forces exercées en O_1 et O_2 est mesurée à l'aide de deux dynamomètres. Relever les valeurs des deux forces et les directions des deux forces lorsque le solide est en équilibre.

• Solide soumis à trois forces

Reprendre l'expérience précédente en appliquant cette fois trois forces.

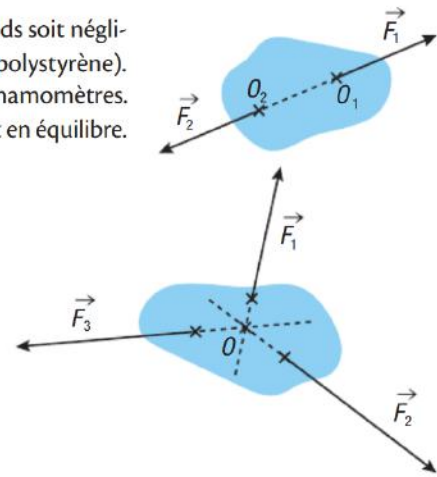


FIGURE 1 – Équilibre d'un corps.

On cherche à déterminer la relation qui lie l'allongement x d'un ressort aux spires non jointives à l'intensité de la force exercée par le ressort sur un objet accroché à celui-ci : c'est la **formule de Hooke**.

Protocole expérimental

- Réaliser le montage expérimental ci-contre.
 - Sans masse, le ressort est à l'équilibre.
 - Si on accroche une masse m , on observe que le ressort s'allonge.
- Noter l'allongement x correspondant lorsque le ressort est à l'équilibre.
- Reproduire l'expérience pour plusieurs valeurs de la masse accrochée au ressort.

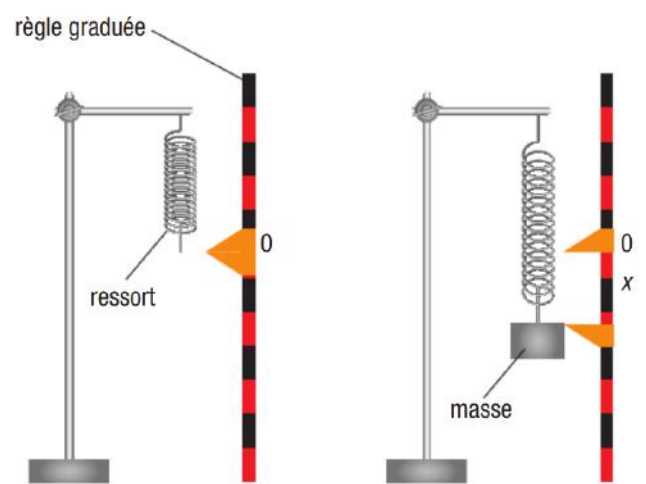


FIGURE 2 – Force élastique.

1. Quelles sont les conditions pour qu'un solide soumis à deux forces soit en équilibre ?
2. Pour la deuxième manipulation, **faire** l'inventaire des trois forces qui s'exercent sur le solide et les représenter sur un schéma. **Construire** la somme vectorielle de deux de ces vecteurs et **comparer** au vecteur force restant.
3. Que peut-on dire des trois directions des trois forces ?
4. **Conclure** en indiquant les conditions pour qu'un solide soumis à trois forces soit en équilibre.
5. **Identifier** et **schématiser** les forces qui s'exercent sur la masse m . **En déduire** une relation permettant de calculer la valeur de la force \vec{F} exercée par le ressort sur la masse m .
6. **Dresser** un tableau avec, pour chaque valeur de la masse, l'allongement x correspondant (en m) et l'intensité de la force \vec{F} mesurée (en N).
7. **Tracer**, à l'aide du logiciel Excel, la courbe $F = f(x)$. Quelle courbe particulière obtient-on ?
8. **En déduire** une relation liant la force exercée par un ressort F et son allongement.

4. Activité 3 : Comment optimiser le mouvement dans les fluides ?

Objectif :

- Identifier, inventorier, caractériser et modéliser par des forces, les actions mécaniques s'exerçant sur un solide.
- Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un solide à l'équilibre ou en translation rectiligne uniforme.

Les objets qui se déplacent dans les fluides (air, eau...) sont soumis à une force de frottement qui s'oppose à leur mouvement. On se propose d'étudier les facteurs qui influent sur cette force.

Influence de la masse de l'objet.

On dispose de 3 vidéos dans lesquelles on lâche dans une éprouvette remplie d'eau 3 objets de même forme mais de masses différentes :

- http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/Tp-phys/Term/ep_geante/gros%20bouchon22.1g_18.8g_640-480_10is.avi
- http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/Tp-phys/Term/ep_geante/gros%20bouchon24.5g_18.9g_640-480_10is.avi
- http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/Tp-phys/Term/ep_geante/gros%20bouchon26.8g_19.2g_640-480_10is.avi

1. Traiter les 3 vidéos avec le logiciel LatisPro. Pour cela :

- **Afficher** la première image de la vidéo. Le temps entre chaque image est $\Delta t = 0.1$ s.
- **Définir** l'origine O du repère sur une la pointe basse du bouchon.
- **Sélectionner** le mètre étalon.
- **Orienter** l'axe vertical vers le bas.
- **Procéder** à la sélection des points de façon manuelle.
- Pour calculer la vitesse on utilisera la formule suivant :

$$v_i = \frac{v_{i+1} - v_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \quad (3)$$

- **Afficher** le graphe $v = f(t)$

Effectuer ensuite, la modélisation du graphe (bouton modélisation puis choix du modèle : exponentielle croissante). La vitesse est modélisée par $v = A \times (1 - \exp(-(x - \Delta)/\tau)) + V_0$.

La vitesse limite atteinte par l'objet est $v_{lim} = A$ et le temps pour atteindre cette vitesse est x .

2. Reproduire et compléter le tableau suivant :

Masse bouchon (g)	22,1	24,5	26,8
Vitesse limite (m/s)	.. . . . .	.. . . . .	.. . . . .
Durée pour atteindre v_{lim} (s)	.. . . . .	.. . . . .	.. . . . .

3. Comment évolue la vitesse limite avec la masse de l'objet ?

Influence du diamètre de l'objet.

On dispose de trois autres vidéos dans lesquelles on voit des billes de différents diamètres chuter dans l'eau :

- <http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/telechargement/video/mouvements/chutes/bille1-iv5.avi>
- <http://webetab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/telechargement/video/mouvements/chutes/bille2-iv5.avi>

— <http://webtab.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/telechargement/video/mouvements/chutes/bille3-iv5.avi>

4. Effectuer le même traitement que ce précédemment.

5. Compléter le tableau suivant :

Diamètre de la bille (mm)	16	19	22
Vitesse limite (m/s)	.. . . . .	.. . . . .	.. . . . .
Durée pour atteindre v_{lim} (s)	.. . . . .	.. . . . .	.. . . . .

6. Comment évolue la vitesse limite avec le diamètre de la bille ?

Influence de la nature du fluide.

On dispose de deux vidéos montrant la chute d'une bille dans l'eau, dans de l'huile de table et dans un mélange à 70% en volume de glycérol :

— http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/video/exemples/chute_eau1.avi

— http://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/video/exemples/chutefluide3.avi

7. Au bout d'une certaine durée, la bille atteint une vitesse limite v_{lim} .

Reproduire et compléter dans le tableau cette vitesse et la durée t au bout de laquelle elle est atteinte :

Fluide	Eau	Huile	Glycérol
Viscosité η (Pa.s) à 20°C	$1,00 \times 10^{-3}$	$8,40 \times 10^{-2}$	1,49
Vitesse limite (m/s)	.. . . . .	.. . . . .	.. . . . .
Durée pour atteindre v_{lim} (s)	.. . . . .	.. . . . .	.. . . . .

8. Comment évolue la vitesse limite de la bille et la durée au bout de laquelle elle est atteinte en fonction de la viscosité du fluide ?

9. **Conclusion** : Comment obtenir la plus grande vitesse pour un objet se déplaçant dans un fluide ?

5. Exercices

Exercice 1

Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur les objets ci-dessous et **représenter** les vecteurs forces.



▲ Bout de papier attiré par le bâton électrisé



▲ Voile tendue par le vent



▲ Skieur (homme+skis+bâtons) en l'absence de frottement



▲ Marcheur en présence de frottement

Exercice 2



1. **Faire** le bilan des forces exercées sur une boule de pétanque posée au sol et **les représenter** sur un schéma. La boule pèse 800 g.
2. Les forces se compensent-elles? **Justifier**.
3. **Reprendre** les questions précédentes pour une boule en vol dans l'air.

Exercice 3

On suspend un boule de masse $m = 100$ g et de rayon 2,5 cm à un ressort dont les caractéristiques sont les suivantes :

- longueur à vide : $L_0 = 15,0$ cm ;
- raideur $k = 10,0$ N.m⁻¹.

- Donner** les caractéristiques des forces s'appliquant à la boule dans l'air. **2.** La longueur L du ressort lorsqu'on y suspend la boule est de 24,8 cm. **Calculer** la tension du ressort et **comparer** la valeur à celle du poids.
- Que remarquez-vous? Était-ce prévisible? **Justifier**.
- Représenter**, en choisissant une échelle de représentation, les forces exercées sur la boule dans l'air.
- On plonge la boule dans l'eau, de façon à l'immerger totalement. L'eau exerce alors une force sur la boule, la poussée d'Archimède, de direction verticale, de sens vers le haut et d'intensité :

$$\Pi = \rho_{eau} \times g \times V_{boule} \quad (4)$$

où ρ_{eau} est la masse volumique de l'eau, g l'intensité de la pesanteur et V_{boule} le volume de la boule.

Représenter, sans soucis d'échelle, les forces agissant sur la boule dans l'eau.

6. Donner les caractéristiques de la force exercée par l'eau (la poussée d'Archimède).

7. La nouvelle longueur L' du ressort est-elle plus courte ou plus longue que précédemment? **Justifier**.

Exercice 4

On étudie trois véhicules : un Hummer, une Audi A2 et une Formule 1.

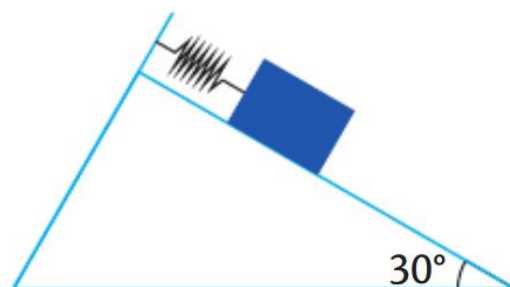


- La Formule 1 a un coefficient de traînée $C_x = 1,1$. **Attribuer** le coefficient de traînée aux deux autres véhicules parmi les valeurs suivantes : $C_x = 0,25$ et $C_x = 0,57$.
- Pourquoi le coefficient de traînée de la formule 1 est-il plus élevé que celui des deux autres véhicules?
- Attribuer** le maître-couple, c'est à dire la surface obtenue en projetant le solide sur un plan perpendiculaire à l'écoulement, à chaque véhicule parmi les valeurs suivantes : $S = 1,6 \text{ m}^2$, $S = 2,2 \text{ m}^2$ et $S = 4,3 \text{ m}^2$.
- Calculer** la force de traînée exercée sur chacun de ces véhicules en l'absence de vent dans les situations suivantes :
 - le Hummer roulant sur route à 90 km.h^{-1} ;
 - l'Audi roulant sur autoroute à 130 km.h^{-1} ;
 - la F1 roulant sur une piste à 270 km.h^{-1} .
- Classer** chacun des ces véhicules en fonction de la traînée qu'ils subissent.

Donnée : $\rho_{air} = 1,3 \text{ kg.m}^{-3}$

Exercice 5

On accroche à un ressort un solide de masse 1 kg sur un plan incliné pour le maintenir en équilibre. La constante de raideur du ressort est égale à 30 N.m^{-1} .



Déterminer l'allongement du ressort une fois que le solide aura atteint sa position d'équilibre.