

Énergie mécanique et forces de frottement

TD6

🎓 Capacités exigibles

- Déterminer, à partir de l'accélération, la résultante des forces appliquées à un système dont le mouvement est rectiligne.
- Déterminer les caractéristiques de l'accélération d'un système dans le cas d'un mouvement rectiligne à partir des forces extérieures appliquées.
- Exploiter numériquement des résultats expérimentaux pour valider le modèle de la chute libre.
- Mesurer des accélérations et en déduire la résultante des forces extérieures appliquées au système étudié.
- Exploiter des mesures pour modéliser une force de résistance aérodynamique lors d'un déplacement d'un solide à vitesse constante.
- Exploiter la relation entre la variation d'énergie cinétique d'un solide en translation et le travail des forces extérieures appliquées pour déterminer une force de frottement supposée constante (frottement solide-solide).

📄 Niveaux

- ♥ À savoir refaire !
- 📦 Niveau découverte
- ★ Niveau apprenti
- ★★ Niveau confirmé
- ★★★ Niveau expert

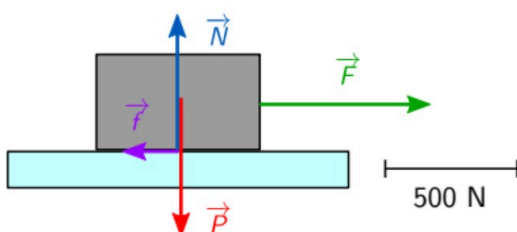
Exercice 1 : Questions de cours

- Q1** De quels paramètres dépendent les forces de frottement fluide ? Rappeler alors leur expression en fonction des cas.
- Q2** Rappeler le principe fondamental de la dynamique (PFD).
- Q3** Rappeler l'expression du travail d'une force.
- Q4** Une force dont la direction est orthogonale à la direction de propagation travaille-t-elle ? Justifier.
- Q5** Les forces de frottement ont-elles un travail moteur ou résistant ? Justifier à l'aide du signe du travail.
- Q6** Rappeler le théorème de l'énergie cinétique.
- Q7** Comment déterminer la valeur d'une force de frottement à l'aide du PFD et du théorème de l'énergie cinétique ?

- Q2** Sachant que l'objet a une masse $m = 50$ kg, déterminer la valeur du poids. En déduire la valeur de la réaction du support.
- Q3** Vérifier votre réponse précédente graphiquement à l'aide de l'échelle.
- Q4** En appliquant le PFD, que peut-on dire de la direction, du sens du vecteur accélération ?
- Q5** Toujours à l'aide de l'échelle, déterminer la norme de la résultante des forces. En déduire l'accélération.
- Q6** Comment évoluerait la norme du vecteur accélération si la force \vec{F} faisait un angle de 30° par rapport à la direction de déplacement ?

Exercice 2 : Résultante des forces et PFD

Soit la situation suivante :



- Q1** Réaliser graphiquement la résultante des forces.

Exercice 3 : Travail d'une force

Un cheval de halage tire un bateau sur le bord d'un canal. L'angle entre le câble de traction et la direction du canal vaut environ 20° . Le cheval tire avec une force de 1 kN.

- Q1** Donner l'expression, puis calculer le travail de cette force de traction sur le bateau si celui-ci parcourt une distance de 100 m.
- Q2** La vitesse du bateau étant constante, que vaut la variation d'énergie cinétique du bateau sur la distance de 100 m ?
- Q3** En déduire le travail des forces résistantes.

Exercice 4 : Tirer une machine à laver ★★

Pierre souhaite déplacer sa machine à laver de 100 kg. Pour cela, il attache à la machine une sangle et décide de la tracter. La sangle fait un angle de 23° par rapport à la direction de déplacement. Il déplace la machine à laver sur un sol en carrelage sur quelques mètres. On donne les valeurs des quatre forces qui s'exercent sur la machine :

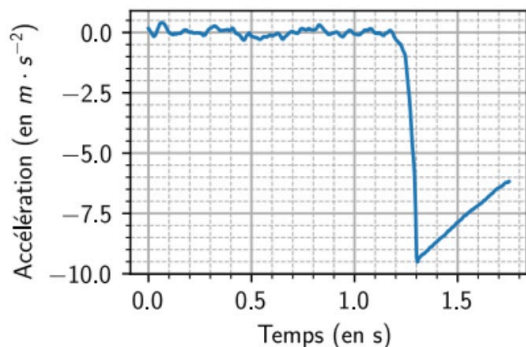
- La tension de la sangle :
 $T = 0.49 \times 10^3 \text{ N}$;
- Le poids :
 $P = 1.0 \times 10^3 \text{ N}$;
- La réaction normale du support :
 $R_N = 0.80 \times 10^3 \text{ N}$;
- Les frottements solide-solide avec le sol :
 $f = 0.45 \times 10^3 \text{ N}$.

- Q1** Définir le système et le référentiel d'étude.
- Q2** Représenter la situation puis représenter les forces qui s'exercent sur le système avec une échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 200 \text{ N}$. On prendra soin de nommer et préciser les caractéristiques de chaque force.
- Q3** Déterminer graphiquement la résultante des forces.
- Q4** Décrire alors le mouvement de la machine à laver.

Exercice 5 : Capteur d'accélération ★★

▲ Cet exercice se décline en deux versions : une non-guidée et une guidée.

Lors d'un TP, des élèves enregistrent via l'application *Phyphox* l'accélération du smartphone lors d'une chute. Ils lâchent le smartphone à plat d'une hauteur H au dessus d'un coussin posé au sol. Voici les résultats qu'ils obtiennent :



Version non guidée :

Analyser les résultats des élèves et discuter de la validité du modèle de la chute libre. Proposer alors une amélioration du protocole proposé.

Version guidée :

- Q1** Le téléphone est initialement immobile. Identifier le début de la chute du smartphone. Que vaut l'accélération à ce moment là ?
- Q2** Les frottements de l'air étant négligeables au début de la chute, quelle est la force s'exerçant sur le smartphone ?
- Q3** Quelle est l'expression de cette force ?
- Q4** Appliquer le PFD au smartphone pour en déduire les caractéristiques (sens, direction, norme) du vecteur accélération.
- Q5** Montrer que la valeur de l'accélération trouvée correspond à celle mesurée au début de l'expérience.
- Q6** Comment évolue l'accélération après $t = 1.3 \text{ s}$? L'hypothèse selon laquelle les frottements de l'air sont négligeables est-elle toujours valide ?
- Q7** Comment modifier le protocole proposé par les élèves afin d'éviter cette variation d'accélération lors de la chute libre.

Exercice 6 : Freinage d'urgence d'un camion ★★

Un camion de 33.0 tonnes roulant à $90.0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ freine en urgence. Il met 5.0 s à s'immobiliser et parcourt 60.0 m. On supposera que la seule force de freinage \vec{f} travaille lors du déplacement.

- Q1** Pourquoi le travail du poids et le travail de la réaction du support sont-ils nuls lors de ce déplacement ?
- Q2** Calculer l'énergie cinétique $E_{c,A}$ du camion au début du freinage.
- Q3** Calculer son énergie $E_{c,B}$ à l'arrêt.
- Q4** Déterminer alors le travail de la force de freinage $W_{AB}(\vec{f})$.
- Q5** Lors de ce déplacement, le travail de la force de freinage est-il moteur ou résistant.
- Q6** En déduire la valeur de la force de freinage f .

Exercice 7 : Force de frottement et consommation d'une voiture ★★

On étudie le mouvement d'une voiture roulant à vitesse constante sur une route plane. Elle est soumise aux quatre forces suivantes : le poids \vec{P} , la réaction de la route \vec{R}_N , la force motrice \vec{F} et une force de frottement \vec{f} .

Document 1 : Frottement fluide

Un véhicule se déplaçant dans un fluide (comme l'air) est soumis à une force de frottement fluide dont l'intensité, exprimée en Newton (N) est :

$$f = \frac{1}{2} \times \rho \times v^2 \times S \times C_x$$

où ρ est la masse volumique du fluide (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), v la vitesse de déplacement (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), S la surface frontale et C_x le coefficient de traînée (sans unité).

Pour l'air, la masse volumique vaut : $\rho = 1.29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Document 2 : Consommation de gazole

Les consommations de gazole, en L/100km, pour trois voitures en fonction de différentes vitesses réglées sont données dans le tableau suivant. Les trois voitures ont la même surface frontale ($S = 2.70 \text{ m}^2$) et évoluent dans l'air.

Vitesse	Voiture 1 $C_x = 0.42$	Voiture 2 $C_x = 0.38$	Voiture 3 $C_x = 0.30$
50 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	0.91	0.82	0.65
70 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	1.79	1.62	1.28
90 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	2.95	2.67	2.11
110 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	4.41	3.99	3.15
130 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$	6.15	5.57	4.40

Document 3 : Principe d'inertie

En l'absence de forces, ou lorsque les forces se compensent, un système est nécessairement soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme. Réciproquement, si un système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, alors il est soumis à des forces qui se compensent ou à aucune force.

- Q1** Représenter sur un schéma les forces s'exerçant sur la voiture.
- Q2** Que peut-on dire de la résultante des forces pour le mouvement étudié ? Justifier la réponse.
- Q3** En déduire la relation entre l'intensité de la force motrice F et la force de frottement f .
- Q4** On considérera que la force motrice d'intensité F doit compenser la force de frottement f . Quelles sont les grandeurs dont dépendent cette force et donc la consommation ?
- Q5** Montrer qu'il est possible de faire l'hypothèse que la consommation est proportionnelle au coefficient de traînée pour une vitesse donnée.
- Q6** Calculer la force de frottement fluide exercée sur la voiture 2 à $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.
- Q7** En déduire la valeur de la force motrice F .

Exercice 8 : Mine de sel



Données :

- intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
 - masse volumique du sel à température ambiante : $\rho_{\text{sel}} = 2,16 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$
 - le sel se dissout facilement dans l'eau.
1. Expliquer pourquoi l'arrivée d'eau au niveau des galeries serait un réel danger pour la sécurité de la mine.

On s'intéresse à la remontée du sel depuis le fond de la mine.

2. Sachant que la capacité du skip est de $1,85 \text{ m}^3$, déterminer la masse de sel gemme que transporte un skip.

Pour simplifier, on considère que la masse du skip est négligeable par rapport à la masse du chargement de sel qu'il contient. On négligera également tous les frottements.

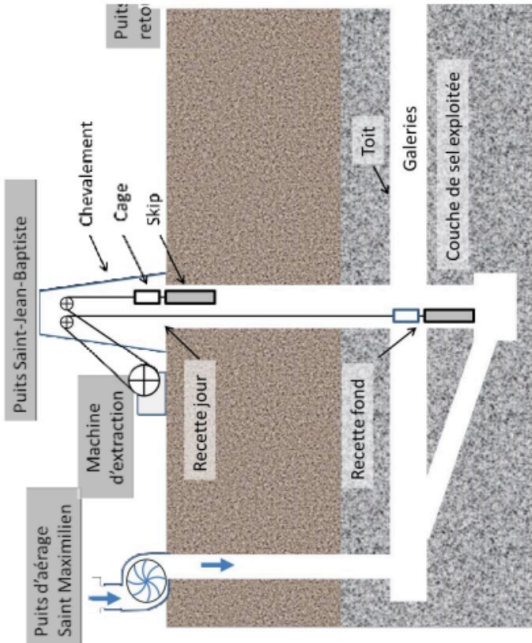
Par la suite, on considérera le système (skip + chargement de sel).

3. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système et les représenter sur un schéma sans souci d'échelle.
4. Calculer le travail du poids du sel lors du transport de la recette fond à la recette jour.
5. Après avoir estimé la durée du trajet, calculer la puissance moyenne du poids lors de la remontée. Conclure sur la puissance minimale que doit fournir la machine d'extraction.

Mine de sel

La mine de sel de Varangéville, située dans la région Grand Est, est la dernière mine en activité en France métropolitaine. À Varangéville, les galeries d'exploitation sont constituées d'un maillage de piliers en sel qui soutiennent et sécurisent le toit de la mine. Chaque puits de la mine est soigneusement protégé des infiltrations d'eau.

Schéma de principe de la mine :



Les galeries de la mine de sel se situent à 160 m sous la terre. Pour y accéder, les mineurs utilisent une cage d'ascenseur qui descend dans le puits Saint Jean-Baptiste. Cette cage surmonte un skip (haute boîte en aluminium qui sert au transport du sel). Un deuxième ensemble identique (cage + skip) contrebalance le premier. Lorsqu'un skip arrive à la recette jour chargé de sel, l'autre arrive simultanément à la recette fond. La vitesse du dispositif est adaptée à l'usage qui en est fait. Pour le sel, la vitesse maximale est de $7,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ alors qu'elle n'est que de $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour les mineurs.