



# Chapitre C3 – Énergie mécanique

## Activité 1 : comment céder le plus d'énergie au wagon ?

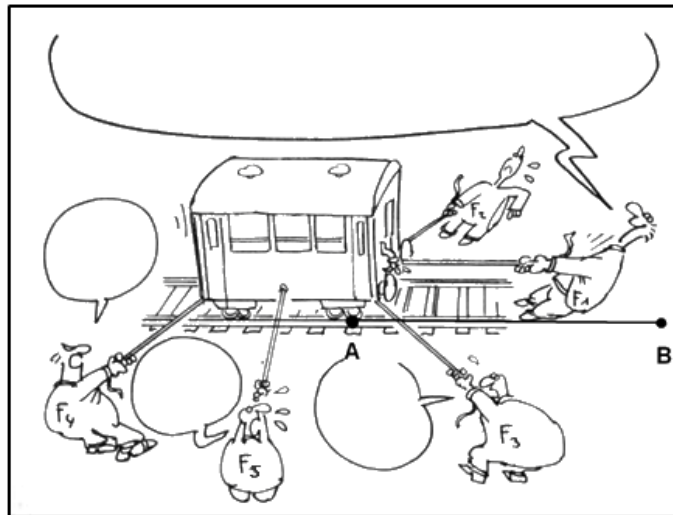
### Notion de travail

Cinq personnes (notées de  $F_1$  à  $F_5$ ) tentent de déplacer un wagon vers la droite ; le wagon va de A à B.

On entend les phrases suivantes :

- « Je résiste ! »
- « Je contribue comme je peux... »
- « C'est moi le meilleur ! »
- « Je ne sers à rien ! »

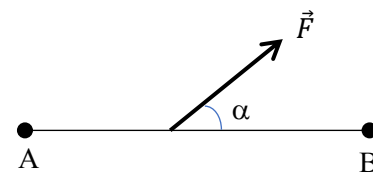
1. Attribuer à chacun des personnages la phrase qu'il prononce.
2. Du point de vue courant, peut-on dire que les cinq personnages dépensent de l'énergie ?
3. Du point de vue de la physique, quel est le personnage qui donne le plus d'énergie au wagon ?



En physique, l'énergie donnée à un système lorsqu'il subit une force est appelée *travail*.

On note  $\vec{F}$  la force exercée sur un système pendant qu'il se déplace sur un segment AB. On appelle  $\alpha$  l'angle entre cette force et le déplacement AB.

On cherche à trouver la bonne expression pour le travail parmi les 5 proposées dans le tableau ci-dessous.



4. Recopier chaque expression pour le personnage  $F_1$  et pour le personnage  $F_5$ .

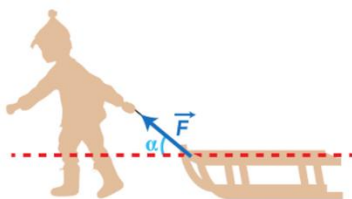
	personnage $F_1$	personnage $F_5$
$W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB$		
$W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos(\alpha)$		
$W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \sin(\alpha)$		
$W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \tan(\alpha)$		
$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$		

5. Sachant qu'on cherche une expression en accord avec le fait que le personnage  $F_1$  donne beaucoup d'énergie et que le personnage  $F_3$  n'en donne pas, indiquer la formule qu'il faut garder pour le travail.

### Premier calcul de travail

À l'aide d'une corde, un enfant tire sa luge en ligne droite sur une distance  $AB$  de 200 m.

La force  $\vec{F}$  exercée par la corde sur la luge fait un angle  $\alpha$  de  $40^\circ$  par rapport à l'horizontale. Elle garde une valeur constante de 45 N.



1. Donner l'expression du travail de la force  $\vec{F}$  au cours du déplacement  $\vec{AB}$ .
2. Calculer sa valeur.
3. Que peut-il faire pour donner davantage d'énergie à la luge ?



## Activité 2 – Travail et puissance

- Écrire ci-dessous l'expression du travail d'une force sur un déplacement AB.

$$W_{AB}(\vec{F}) =$$

- On rappelle que le travail est l'énergie fournie au système du fait de la force.
  - Indiquer sous quelle forme est stockée l'énergie par le système.
  - Donner l'expression de la puissance correspondant à ce travail si ce déplacement se fait pendant une durée  $\Delta t$ .

$$P =$$

Lorsqu'on achète une voiture, outre le prix, la consommation, le confort, on s'intéresse aussi à la puissance de la voiture. On se demande ici à quoi correspond la puissance de la voiture. Pour ceci, on dispose des deux documents ci-dessous.

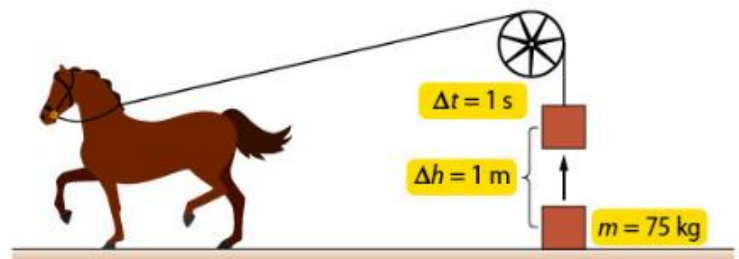
### DOC. 1 Extrait de la fiche technique d'un véhicule

Nombre de cylindres	3	Puissance fiscale	4 CV
Nombre de soupapes par cylindre	4	Position du moteur	NC
Cylindrée	898 cc	Alimentation	NC
Puissance din	75 ch au régime de 5 000 tr/min	Suralimentation/type	turbo
Couple moteur	120 Nm au régime de 2 500 tr/min		



### DOC. 2 Unité de puissance : le cheval-vapeur (symbole ch)

Le cheval-vapeur est une unité de puissance introduite par l'ingénieur James Watt à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. À l'époque, les chevaux étaient utilisés pour déplacer des charges lourdes ou actionner des machines. Or, la machine à vapeur remplaça peu à peu les chevaux dans l'accomplissement de ces tâches. James Watt établit alors une correspondance entre la puissance d'une machine et le nombre de chevaux qu'elle permettait de remplacer. Il procéda à différents essais qui permit de fixer le cheval-vapeur comme la puissance permettant de soulever d'un mètre une masse de 75 kg en une seconde.



▲ Représentation de l'essai de James Watt avec un cheval de trait

- Calculer la force nécessaire pour soulever une masse de 75 kg. On rappelle que la valeur du champ de pesanteur est  $g = 9,81 \text{ N/kg}$ .
- En déduire la valeur du travail fourni par le cheval choisi comme référence par James Watt.
- Calculer en watt la puissance moyenne correspondant à un cheval vapeur.
- Sur la carte grise d'une voiture, la puissance est indiquée en kW. Calculer la valeur de la puissance indiquée sur la carte grise de la voiture du document 1.



### Activité 3 – Energie, travail... et distance de freinage

Le travail d'une force sur un déplacement AB indique le transfert mécanique vers un système. L'énergie gagnée par le système est de l'énergie cinétique.

On traduit ceci par la relation suivante :  $E_{cB} - E_{cA} = \sum W_{AB}(\vec{F})$

**C'est le théorème de l'énergie cinétique.**

L'énergie cinétique d'un système de masse  $m$  ayant une vitesse  $v$  a pour formule  $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ .

Les campagnes de sécurité routière rappellent régulièrement de respecter les distances dites « de sécurité » afin d'éviter l'accident lors d'un freinage d'urgence. En effet la distance de freinage est d'autant plus importante que la vitesse du véhicule est élevée. On se demande ici quelle est la distance de freinage d'une voiture de 1,2 t qui roule à 50 km/h sur une route droite et horizontale.

Pour ceci on dispose du document ci-dessous.

#### DOC. 1 Force de freinage d'une voiture

La force de freinage d'une voiture peut être calculée par l'expression suivante :

$$F = mg\mu$$

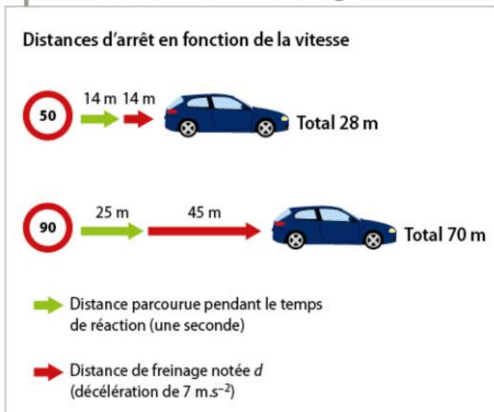
$F$  : force de freinage en newton (N)  
 $m$  : masse en kilogramme (kg)  
 $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  : intensité de la pesanteur  
 $\mu$  : coefficient d'adhérence sans unité

Cette force s'oppose au déplacement de la voiture. Elle a la même direction que la vitesse mais est de sens opposé. Le coefficient d'adhérence dépend de différents facteurs (état de la chaussée, pneus...).

Nature et état de la chaussée	Coefficient d'adhérence $\mu$ pour un	
	pneu neuf	pneu usé
Route goudronnée ou béton sec	0,80	0,95
Route mouillée (0,2 mm)	0,60	0,20
Forte pluie (1 mm)	0,30	0,10
Route verglacée	0,05	0,05

1. Calculer la variation d'énergie cinétique  $E_{cB} - E_{cA}$  de la voiture entre le point A où elle est à 50 km/h (et commence à freiner) et le point B où elle est à l'arrêt.
2. Faire la liste des forces exercées sur la voiture (il y en a trois) et faire un schéma de ces forces.
3. Parmi les 3 forces, deux ont un travail nul. Indiquer lesquelles.
4. Donner l'expression du travail de la force « qui travaille » sur le déplacement AB.
5. Calculer la distance AB pour une voiture ayant des pneus sur route sèche.
6. Calculer la distance AB pour une voiture ayant des pneus sur route mouillée.
7. Indiquer si les deux résultats sont en accord avec l'infographie ci-dessous.

#### DOC. 2 Infographie de la Sécurité routière sur les distances de freinage





## Activité 4 – Évolutions des énergies lors d'un lancer vertical

On s'intéresse dans cette activité à l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie mécanique lors du lancer vertical d'un objet.

Vous disposez d'une vidéo d'un projectile lancé verticalement. L'objectif de cette activité est de tracer les évolutions des énergies à partir du pointage de cette vidéo.

Vous disposez du modèle. La masse de l'objet est  $m = \dots\dots\dots$  g.

### 1. Préviation des évolutions

On peut distinguer deux phases dans le mouvement : montée et descente. Pour ces deux phases, en utilisant le modèle, indiquer comment évolue les grandeurs suivantes (on écrira *augmente* ou *diminue*).

	montée	descente
Vitesse		
Énergie cinétique		
Altitude		
Énergie potentielle		

### 2. Pointage des positions

Avec le logiciel **AviMéca**, ouvrir le fichier vidéo « **lancer\_vertical.avi** ».

Vous pouvez agrandir la vidéo avec le bouton : cocher *Adapter* puis confirmer.

#### Étalonnage :

- Choisir un **repère adapté à l'étude proposée** (axe vertical vers le haut et origine à la position initiale).
- Définir l'échelle (le trait noir mesure 0,40 m).
- Repérer avec soin les positions successives de la bille. Si parfois une image n'avance pas, faire avancer à l'image suivante manuellement (bouton en bas à gauche).



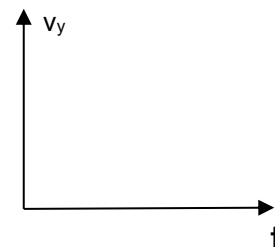
Appeler le professeur une fois que vous avez fini votre pointage

Si le pointage convient, copier dans presse-papier grâce à . Puis dans Regressi, *Fichier* → *Nouveau* → *Presse-papier*.

### 3. Traitement des données issues du pointage : la vitesse et l'accélération

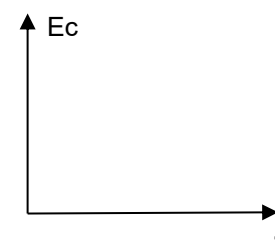
- Tracer puis modéliser la distance parcourue depuis l'instant où on a lancé la balle :  $y(t)$
- Si on suppose le mouvement totalement vertical, la vitesse est la dérivée de  $y(t)$ . Faire calculer à Regressi une nouvelle variable  $v$  (utiliser les fonctionnalités de Regressi).
- Faire afficher l'évolution de  $v(t)$  (faire afficher des points et pas des lignes).
- Modéliser numériquement la courbe représentant  $v$  par une relation affine et noter l'équation obtenue :  $v = \dots\dots\dots t + \dots\dots\dots$

Indiquer pourquoi cette modélisation permet de retrouver une accélération voisine de  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



### 4. Traitement des données issues du pointage : l'énergie cinétique




- Dans l'onglet Paramètres, à l'aide de déclarer un nouveau paramètre expérimental pour indiquer la valeur de la masse.  $m = \dots\dots\dots$  kg.
- À l'aide de faire calculer la grandeur énergie cinétique, en utilisant la syntaxe de Regressi, ce qui donne  $E_c = 0.5 * m * v * v$  ou  $E_c = 0.5 * m * (v^2)$
- Tracer l'énergie cinétique en fonction du temps :  $E_c(t)$  et donner l'allure ci-contre.
- Vérifier que l'évolution est cohérente avec votre préviation de la partie 1.

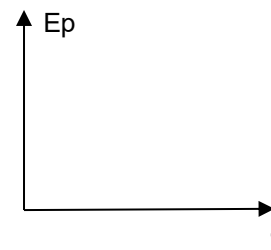






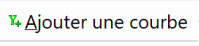
**5. Traitement des données issues du pointage : l'énergie potentielle**

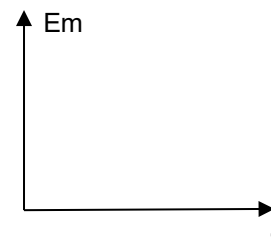
Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur en fonction de  $m$ ,  $g$  et  $y$  :  $E_p = \dots\dots\dots$

- À l'aide de  faire calculer la grandeur énergie potentielle (en utilisant la syntaxe de Regressi).
- Tracer l'énergie potentielle en fonction du temps dans le même repère, en ajoutant une courbe ( Coord. puis ).
- Donner l'allure ci-contre.
- Vérifier que l'évolution est cohérente avec votre prévision de la partie 1.



**6. Traitement des données issues du pointage : l'énergie mécanique**

- À l'aide de  faire calculer la grandeur énergie mécanique.
- Tracer l'énergie potentielle en fonction du temps dans le même repère, en ajoutant une courbe ( Coord. puis ).
- Vérifier que l'énergie mécanique est approximativement constante et donner sa valeur approximative :  $E_m = \dots\dots\dots$  J.
- Donner l'allure ci-contre.



**7. Exploitation pour connaître la vitesse initiale**

- a. Au départ de la balle, toute l'énergie mécanique est sous forme cinétique. Donc  $E_m =$
- b. En déduire l'expression de la vitesse initiale  $v_0$  en fonction de  $m$  et de  $E_m$ .
  
- c. Au sommet de la trajectoire, la vitesse est nulle. Donc  $E_m =$
- d. En déduire l'expression de l'altitude maximale, notée  $h$ , en fonction de  $h$  et  $v_0$ .
  
- e. Calculer  $h$  à l'aide de la vitesse  $v_0$  trouvée ci-dessous.

**Pour aller plus loin...**

Si la vitesse initiale était deux fois plus importante, quelle serait l'altitude maximale ?

**8. Interprétation**

On cherche ici à comprendre pourquoi l'énergie mécanique reste constante pendant tout ce mouvement.

- a. Donner l'expression du travail du poids entre la position initiale et une position quelconque (hauteur  $y$ ) de la montée.
  
- b. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique (voir modèle) entre la position initiale et une position quelconque (hauteur  $y$  et vitesse  $v$ ) de la montée.
  
- c. En déduire l'expression de l'énergie mécanique en fonction de  $m$  et  $v_0$ .



## Activité 5 – Effets des frottements sur l'énergie mécanique d'un système

### Partie A – Évolution de l'énergie

L'action de l'air est généralement assez faible lorsque la vitesse est faible. Mais sur des objets légers elle peut se faire sentir dès que la vitesse est suffisante.

On s'intéresse dans cette activité à l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie mécanique lors d'une chute d'un objet léger.

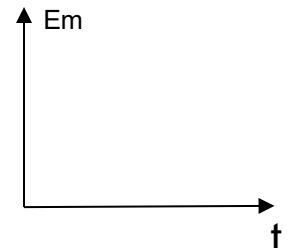
1. En utilisant toutes les consignes de l'activité précédente, pointer la vidéo fournie de la chute d'une balle légère (la règle mesure 1 mètre). On choisira l'origine du repère au bas de la vidéo. Ainsi on pourra considérer que l'énergie potentielle a pour expression  $E_p = mgy$ .

👏 Appeler le professeur une fois que vous avez fini votre pointage 👏

2. Utiliser *Regressi* pour tracer l'évolution des trois énergies en fonction du temps.

👏 Appeler le professeur une fois que vous avez fini votre pointage 👏

3. Donner l'allure de l'énergie mécanique ci-contre, en ajoutant avec deux autres couleurs l'allure de l'énergie mécanique et l'allure de l'énergie potentielle.
4. Indiquer alors l'effet de la force de frottement sur l'évolution de l'énergie mécanique.





### Activité 5 - Partie B – Conséquence pour la puissance motrice d'une voiture

Une grande partie de l'énergie utilisée par une voiture est destinée à vaincre les frottements, ceux de l'air et ceux de la route. Les constructeurs cherchent donc depuis longtemps à diminuer les frottements de l'air en jouant sur la géométrie de la voiture. On cherche ici à estimer la puissance développée par un moteur au cours de son mouvement, pour maintenir la vitesse constante.

Vous disposez des deux documents ci-dessous.

#### DOC. 1 Résistance de l'air ou traînée

La résistance de l'air peut être modélisée par une force de frottement dont la valeur peut être calculée par :

$$F_{\text{rés}} = \frac{1}{2} \rho_a S C_x v^2$$

$\rho_a = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  : masse volumique de l'air

$S$  : surface frontale du véhicule en  $\text{m}^2$

$C_x$  : coefficient de traînée (sans unité) qui caractérise la qualité du profilage aérodynamique du véhicule

$v$  : vitesse du véhicule en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

La direction de cette force est la même que celle du mouvement mais son sens est opposé à celui du mouvement.

#### DOC. 2 Données sur un véhicule hybride

Année de sortie :  
2016

Classe : hybride

Masse à vide :  
1 330 kg

Puissance

maximale : 122 ch (1 ch = 736 W)

Consommation moyenne : 3 L/100 km

Émission de  $\text{CO}_2$  : 70  $\text{g}\cdot\text{km}^{-1}$

Durée minimale pour passer  
de 0 à 100  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  : 10,6 s

Coefficient de traînée :  $C_x = 0,24$

Surface frontale :  $S = 2,25 \text{ m}^2$



### Accélération de la voiture

On considère une voiture hybride qui roule sur une portion de route rectiligne. La seule force qui travaille est une force qu'on appelle « force motrice », notée  $\vec{F}$ , qui est dans le sens du déplacement (c'est une force exercée par la route lorsque les roues tournent).



La voiture démarre au point O et atteint le point A à la vitesse de 100  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

1. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, calculer le travail de la force motrice sur le trajet OA.
2. Déterminer la puissance fournie par le moteur si on considère que le trajet a duré 10,6 s.
3. Comparer à la puissance maximale fournie par le constructeur.

### Prise en compte des frottements

On considère maintenant que la voiture hybride roule à vitesse constante de 130  $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur une portion d'autoroute de 100 km de long. On néglige les frottements liés au sol mais on prend en compte ceux de l'air.

4. Calculer la valeur de la force de frottement exercée par l'air.
5. Déterminer le travail de cette force de frottement sur ce déplacement de 100 km.
6. Puisque le mouvement est uniforme, la force motrice compense la force de frottement. En déduire le travail de la force motrice permettant à la voiture de rouler à vitesse constante.
7. En déduire la puissance moyenne fournie par le moteur pour maintenir la vitesse constante.

**Fakenews ? Une information à vérifier...**

Il y a quelques années, le tramway portait cette inscription.

*Indiquer ce qu'elle signifie selon vous et vérifier votre hypothèse.*



**Données :**



Masse d'un rhinocéros noir : 800 kg

Vitesse de pointe : 50 km/h



Masse d'une rame de tramway : 52 tonnes à vide

Capacité maximale : 200 passagers

Vitesse de pointe : 35 km/h