



Chapitre 14 : Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

I. Comment lier vitesse et force à partir du concept d'énergie ?

1) Énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel.

Lelivrescolaire page 306

5 Énergie cinétique

- Calculer l'énergie cinétique du footballeur Kylian Mbappé, dont la masse est de $m = 78 \text{ kg}$, lorsqu'il atteint sa vitesse maximale de $32,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

6 Énergie cinétique

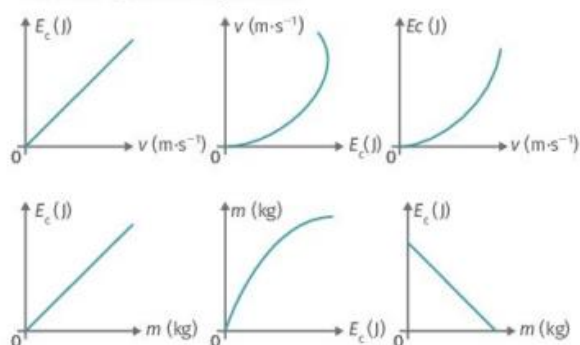
- Calculer la vitesse d'un train de masse $m = 19 \text{ tonnes}$ ayant une énergie cinétique de $1\,450 \text{ MJ}$.

12 Décrire l'évolution d'une grandeur physique

✓ RAI/ANA : Associer les unités de mesure à leur grandeur

Pour un corps de masse m en mouvement à la vitesse v :

- Choisir, parmi les graphiques proposés, celui qui correspond à l'évolution de l'énergie cinétique en fonction de la vitesse. Justifier.



- Lequel correspond à l'évolution de l'énergie cinétique en fonction de la masse m ? Justifier.

Exercice A1 : QCM Ec.

L'énergie cinétique d'un système :	est la même dans tous les référentiels.	dépend du référentiel.	n'a rien à voir avec la notion de référentiel.
Lorsque la vitesse du système est doublée :	son énergie cinétique est doublée.	son énergie cinétique est divisée par 2.	son énergie cinétique est quadruplée.
La vitesse v d'un système de masse m et d'énergie cinétique E_c vaut :	$v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$	$v = \sqrt{\frac{E_c}{2m}}$	$v = \frac{2E_c}{m}$
L'énergie cinétique d'une voiture d'une tonne ayant une vitesse de $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ est :	de l'ordre de 10^5 J .	de l'ordre de 10^2 J .	de l'ordre de 10^6 J .

Thème 3 : L'énergie, conversions et transferts.

Exercice A2 : Curling.

1. Quelle est l'expression littérale de l'énergie cinétique pour un solide en translation ?
Préciser l'unité de chacun des termes.
2. Calculer l'énergie cinétique d'une pierre de curling de masse $m = 19,9 \text{ kg}$ se déplaçant avec une vitesse de valeur $v = 0,67 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



2) Travail d'une force constante.

- Utiliser l'expression du travail $WAB(F) = F \cdot AB$ dans le cas de forces constantes.
- Capacité mathématique : Utiliser le produit scalaire de deux vecteurs.

Lelivrescolaire page 306

9 Travail d'une force

- Calculer le travail du poids d'un alpiniste de 80 kg lorsqu'il gravit l'Everest haut de $8\,848 \text{ m}$ depuis le camp de base à $5\,150 \text{ m}$.

10 Travail d'une force

- Calculer le travail fourni par un système soumis à une force motrice constante de 120 N et se déplaçant en ligne droite sur une distance de $2,0 \text{ km}$.

Thème 3 : L'énergie, conversions et transferts.

Exercice A3 : QCM Travail de forces.

Le travail d'une force s'exprime :	en newtons.	en newtons mètres.	en joules.
------------------------------------	-------------	--------------------	------------

on s'intéresse à un système qui va de A à B en subissant trois forces représentées ci-contre.



$W_{AB}(\vec{F}_1)$ est :	négatif.	positif.	nul.
La force qui ne travaille pas est :	$\vec{F}_1$	$\vec{F}_2$	$\vec{F}_3$
La valeur absolue du travail $ W_{AB}(\vec{F}_1) $ est :	inférieure à $ W_{AB}(\vec{F}_2) $	supérieure à $ W_{AB}(\vec{F}_2) $	égale à $ W_{AB}(\vec{F}_2) $
Le travail du poids est positif :	quand le système monte.	quand le système descend.	dans tous les cas.
Le travail du poids d'un chariot d'une tonne qui monte cette pente vaut : 	environ -4×10^7 J.	environ -3×10^7 J.	environ -5×10^7 J.
Le travail de frottements de norme constante sur une trajectoire rectiligne :	est toujours positif.	est toujours négatif.	peut être positif ou négatif.

Exercice A4 : Travail de forces.

28 Un couvreur monte un lot de tuiles de masse totale $m = 25$ kg du sol au toit d'une maison d'altitude $h = 10$ m.

a. Calculer le travail $W_h(\vec{P})$ du poids des tuiles sur ce déplacement.

b. Le poids est-il ici moteur ou résistant ?

29 Lors du déplacement d'un point A d'altitude y_A vers un point B d'altitude y_B , le travail du poids d'un ballon de masse $m = 500$ g vaut $W_{AB}(\vec{P}) = 5,4$ J.

a. Le ballon monte-t-il ou descend-il lors de ce déplacement ?

b. Calculer la différence d'altitude $y_A - y_B$.

Exercice A5 : Travail de forces – produit scalaire.

33 Un enfant traîne un jouet par l'intermédiaire d'une cordelette qui fait un angle $\alpha = 40^\circ$ avec le sol horizontal de la pièce. Il exerce une tension $\vec{T}$ de norme $T = 10 \text{ N}$ sur le jouet et parcourt une distance $AB = 5,0 \text{ m}$.

■ Calculer le travail $W_{AB}(\vec{T})$.

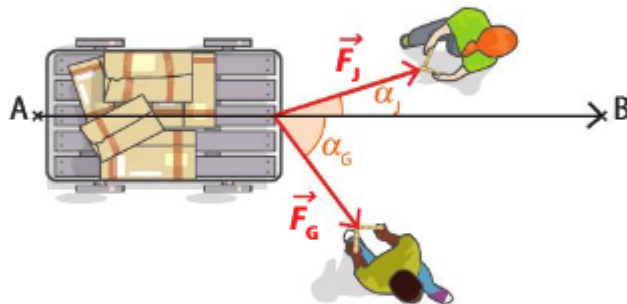


Exercice A6 : Déménagement.

Durant leur déménagement, Johanna et Grégoire tirent un chariot chargé de cartons par l'intermédiaire de cordes. Le chariot, avec son chargement, a une masse totale $m = 100 \text{ kg}$.

Johanna et Grégoire exercent sur leur corde respective une force de même norme $F = F_J = F_G = 200 \text{ N}$ et faisant des angles $\alpha_J = 20^\circ$ et $\alpha_G = 55^\circ$ avec le mouvement.

On étudie le chariot dans le référentiel terrestre. Il se déplace d'une distance $AB = 5,0 \text{ m}$.



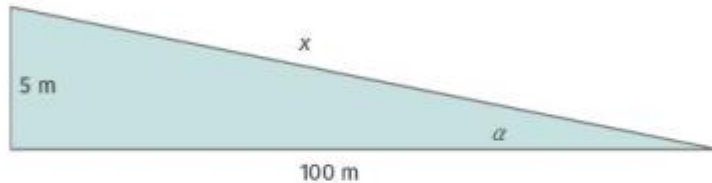
a.  **À l'oral** Est-ce Johanna ou Grégoire qui est le plus efficace pour déplacer le chariot ? Justifier.

b. Calculer les travaux $W_{AB}(\vec{F}_J)$ et $W_{AB}(\vec{F}_G)$ des forces exercées respectivement par Johanna et Grégoire.

21 Déterminer le travail d'une force

✓ RAI/MOD : Faire un bilan de forces

Un automobiliste se déplace sur une route horizontale à vitesse constante pendant 10 km puis arrive en bas d'une pente de 5 % qu'il gravit sur 2 000 m. Les forces de frottement sont considérées constantes et égales à 2 000 N sur l'ensemble du parcours.



Une pente de 5 % indique que la dénivellation est de 5 m tous les 100 m.

1. Faire un schéma de la situation proposée sur lequel apparaîtront les forces mises en jeu.
2. Calculer le travail du poids de la voiture sur l'ensemble du parcours.
3. Calculer le travail de la force de frottement sur l'ensemble du parcours.

Données

- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$;
- Masse de la voiture : $m = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}$.

3) Théorème de l'énergie cinétique.

- Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel.
- Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique.

Lelivrescolaire page 307

11 Calculer une variation d'énergie cinétique

✓ MATH : Calcul littéral (résoudre une équation)



Une balle de baseball d'une masse de 120 g est lancée avec une vitesse de $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Au cours de son mouvement, sa vitesse diminue progressivement jusqu'à $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et son altitude ne varie pas.

1. Calculer la variation d'énergie cinétique de la balle.
2. En déduire le travail des forces de frottement.

Lelivrescolaire page 310

23 Exploiter le théorème de l'énergie cinétique

✓ RAI/MOD : Appliquer le principe de conservation de l'énergie

L'abaissement de la vitesse de 90 à 80 km/h mis en place en juillet 2018 a permis de diminuer l'énergie cinétique des véhicules légers sur les routes de quelques dizaines de milliers de joules.



1. Calculer la variation d'énergie cinétique d'une voiture citadine d'une tonne dont la vitesse passe de 90 km/h à 80 km/h lors du freinage.
2. Que vaut le travail du poids de la voiture dans le cas d'un déplacement sur une route horizontale ?
3. En supposant que la distance de freinage soit de 41 m à $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, déterminer le travail puis la valeur des forces de frottement (supposées constantes) lors du freinage. En déduire la distance de freinage à $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Exercice A8 : Bobsleigh.

Une équipe de bobsleigh s'élance avec une vitesse $v_A = 15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. On étudie le système constitué de la luge et des sportifs, après qu'ils sont montés dedans, dans le référentiel de la piste. On néglige les frottements que la piste exerce sur le système. La différence d'altitude entre le départ et l'arrivée vaut $h = 35 \text{ m}$.



1.
 - a. Dresser le bilan des forces qui s'exercent sur le système.
 - b. Les représenter sur un schéma.
 - c. Exprimer littéralement le travail de chacune.
2.
 - a. Écrire le théorème de l'énergie cinétique dans le cas présent.
 - b. En déduire la vitesse v_B du système à l'arrivée. L'exprimer en kilomètres par heure.
3. Une mesure donne $v_B = 120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
Parmi les hypothèses suivantes, laquelle ou lesquelles expliquent l'écart constaté ? Justifier.
 - a. Les frottements ne sont pas négligeables.
 - b. La vitesse initiale réelle est supérieure à $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - c. Le dénivelé réel est inférieur à 35 m .

Exercice A9 : Jockey et sulky.

35 Un cheval tire sur une piste horizontale un sulky par l'intermédiaire d'une barre faisant un angle $\alpha = 25,0^\circ$ avec le sol.

On étudie le sulky dans le référentiel terrestre.

On suppose que la barre exerce sur le sulky une force $\vec{T}$ de norme 200 N.

Quelques dizaines de mètres après le départ, le mouvement devient uniforme.



1. a. Dresser le bilan des forces qui s'exercent alors sur le système et les représenter sur un schéma.

b. Exprimer littéralement le travail de chacune sur un déplacement de longueur d .

c. Quelle est la force qui empêche la vitesse du sulky d'augmenter indéfiniment ?

2. a. Écrire le théorème de l'énergie cinétique.

b. En déduire la norme de la force citée en **1c** une fois que le mouvement est uniforme.

II. L'énergie de hauteur.

1) Energie potentielle.

- Établir et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre.

Exercice B1 : Freestyle.

1. Quelle est l'expression littérale de l'énergie potentielle de pesanteur ?

Préciser l'unité de chacun des termes, et les conditions d'application de cette expression.

2. Lors d'une figure de freestyle, une kitesurfeuse de masse $m = 50 \text{ kg}$ réussit à s'élever à $7,0 \text{ m}$ au-dessus de la mer.

En prenant le niveau de la mer comme référence des énergies potentielles de pesanteur, calculer son énergie potentielle de pesanteur au point le plus haut de son saut.



Donnée

- $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Exercice B2 : Plongeur.

Une piscine possède trois plongeurs, respectivement situés à $3,0 \text{ m}$, $5,0 \text{ m}$ et $10,0 \text{ m}$ au-dessus de l'eau. Un plongeur de masse 70 kg est sur l'un des plongeurs. On l'assimile à un objet ponctuel, situé à $6,0 \text{ m}$ au-dessus de l'eau.

- Calculer son énergie potentielle de pesanteur en prenant comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur :

- le niveau de l'eau de la piscine ;
- le plongeur situé à $3,0 \text{ m}$ au-dessus de l'eau ;
- le plongeur situé à $10,0 \text{ m}$ au-dessus de l'eau.

2) A quoi correspond l'énergie potentielle de pesanteur ?

3) Force conservative : le poids.

4) Forces non-conservatives : exemple des frottements.

- Calculer le travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.

III. Énergie mécanique.

1) Définition de l'énergie mécanique : E_m .

- Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique.

Exercice C1 : le javelot.



Document 1 : vitesse d'élan de quelques lanceurs.

Hommes	Perf	Foulée 2	Foulée 3	Foulée 4
Raty	82,32m	6,8 m/sec	6,7	6,3
Zelezny	82,20m	6,9	7,2	6,8
Pétranoff	80,46m	7,2	7,0	7,1
Yevsyukov	80,34m	6,6	6,9	6,3
Hill	78,14m	7,0	7,2	7,3
Mizogushi	77,78m	7,6	7,6	7,6
Wennlund	76,76m	6,2	5,5	5,7
Shatilo	71,42m	7,2	7,5	7,5

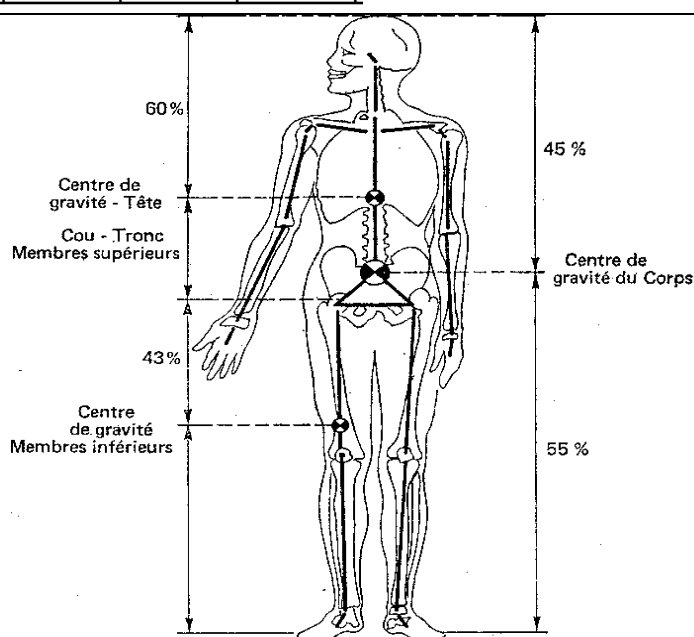
Document 2 : comparaison de quelques caractéristiques lors d'un lancer de javelot (800g) au championnat du monde 1987.

Hommes	Perf M	Chem Accélé	Vites Eject	Angle Project	Angle Attitu	Haut Lâcher
Raty	82,32	1,94	29,6	37	33	1,81
Zelezny	82,20	1,59	30,0	37	40	1,64
Pétranoff	80,46	1,83	29,1	33	40	1,72
Yevsyukov	80,34	1,38	28,2	38	33	1,71

Document 3 : Centre de gravité et sport.

Le nombril, centre de gravité du corps, est la clé du secret de la domination à la course à pieds ou en natation.

Si deux coureurs ou deux nageurs de la même taille sont comparés, "leur taille importe peu, mais la position de leur nombril ou centre de gravité du corps fait la différence", explique à l'AFP Adrian Bejan, professeur à l'Université de Duke (Caroline du Sud, sud-est).



Questions : pour l'athlète Zelezny (1m86 et 88,0 kg) :

- calculer l'énergie mécanique de Zelezny à la quatrième foulée.
- calculer l'énergie mécanique du javelot au moment de l'éjection

Thème 3 : L'énergie, conversions et transferts.

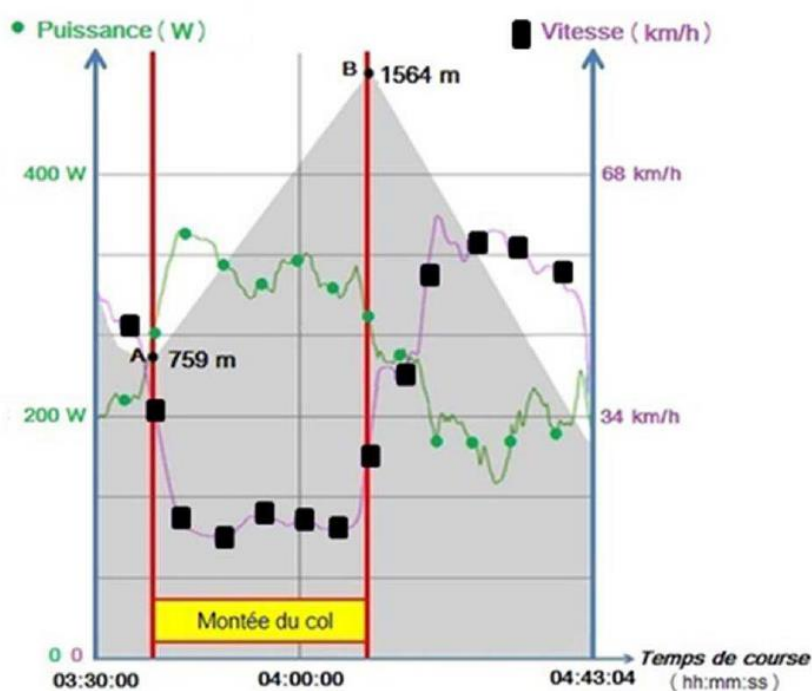
Exercice C2 : Cycliste.

Les sciences permettent d'analyser et de comprendre les performances des athlètes. Les scientifiques s'intéressent à la physique, à la biomécanique, à la physiologie et aux transformations chimiques intervenant lors des pratiques sportives.

Dans cette partie, on s'intéresse à l'ascension par un cycliste du col pyrénéen de la Hourquette d'Ancizan. Il effectue cette montée, longue de 10,4 km, en 31 min. et 51 s. Les données récupérées en direct par le boîtier SRM du cycliste sont représentées dans le document ci-dessous



Document 1 : Extrait du fichier SRM du cycliste



On étudie le système S {cycliste, équipement, vélo} de masse $m = 67,8$ kg. On suppose que l'ascension se fait à vitesse v constante et à puissance P_{tot} constante.

1. Dans quel référentiel sont effectuées les mesures ?
2. Montrer sans utiliser le document 1, que la vitesse moyenne du cycliste, lors de l'ascension est $v = 19,6$ km.h⁻¹.
3. Définir l'énergie mécanique E_m d'un système. Que peut-on dire alors de l'évolution de cette énergie lors de l'ascension ?
4. Calculer l'énergie mécanique du cycliste au bas de la montée, on prendra pour référence de l'énergie potentielle l'altitude zéro.
5. Calculer l'énergie mécanique du cycliste au sommet de la montée.

2) Cas où l'énergie mécanique se conserve.

- Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement, oscillations d'un pendule en l'absence de frottement, etc.

Exercice C2 : La pomme de Newton.



Une pomme de masse $m = 50 \text{ g}$, accrochée dans un pommier, se trouve à $3,0 \text{ m}$ au-dessus du sol, choisi comme référence des énergies potentielles de pesanteur.

1. Lorsque cette pomme est accrochée dans le pommier, quelle est :

- a. son énergie cinétique ?
- b. son énergie potentielle de pesanteur ?
- c. son énergie mécanique ?

2. La pomme se détache et arrive au sol avec une vitesse de valeur $v = 7,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

a. Calculer son énergie cinétique, son énergie potentielle de pesanteur et son énergie mécanique lorsqu'elle arrive au sol.

b. L'énergie mécanique de la pomme se conserve-t-elle au cours de sa chute ?

c. Quelles transformations énergétiques ont eu lieu au cours de cette chute ?

3. On considère que l'énergie mécanique de la pomme se conserve. De quelle hauteur cette pomme aurait-elle dû chuter pour arriver au sol avec une vitesse de valeur $v' = 9,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$?

Donnée

• $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Thème 3 : L'énergie, conversions et transferts.

Exercice C3 : Le base-jump.

Déterminer à quelle altitude les sauteurs ouvrent leur parachute.

Document 1 :

Le base-jump (acronyme de Building, Antenna, Span bridge and Earth cliff, c'est-à-dire « saut à partir d'un immeuble, d'une antenne, de la travée d'un pont ou d'une falaise »), sport extrême non reconnu par la Fédération française de parachutisme, consiste à sauter depuis des objets fixes et non des aéronefs (avion, hélicoptère, montgolfière, etc.).

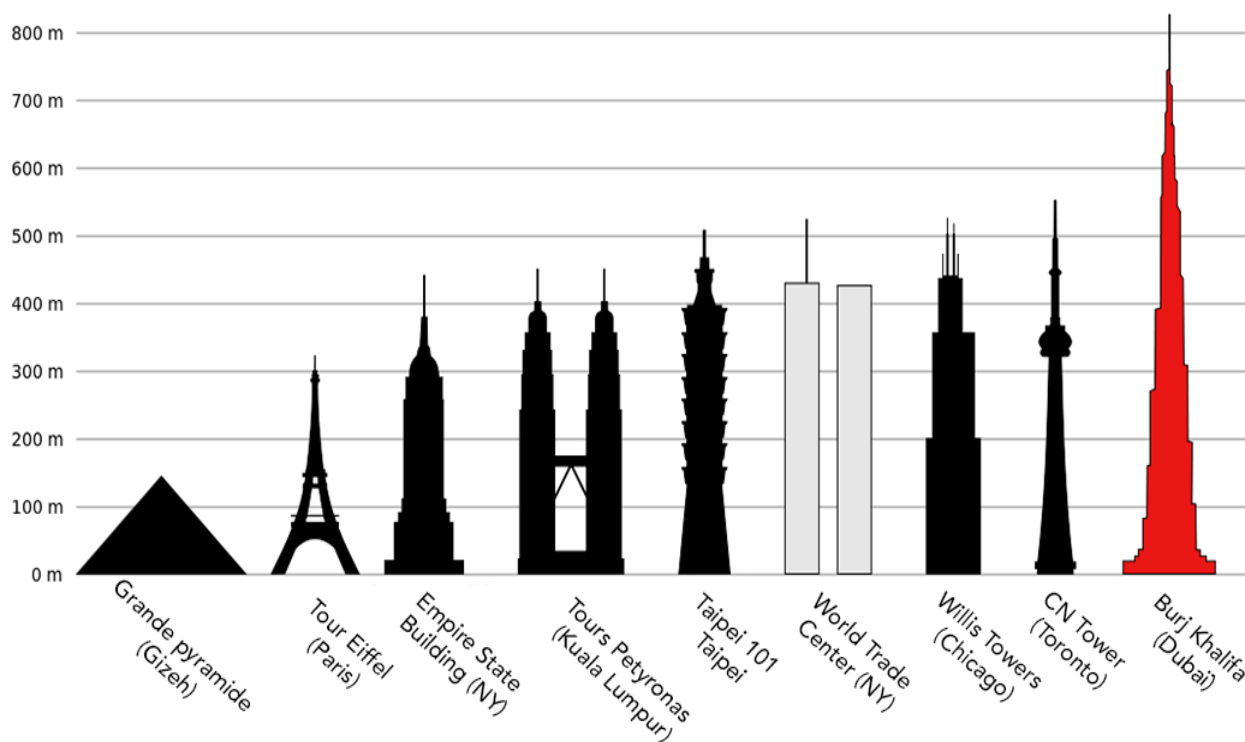
La hauteur des objets depuis lesquels on peut sauter peut atteindre des centaines de mètres. Cette pratique est réservée aux parachutistes très expérimentés ayant déjà réalisé plus de 250 sauts.

Document 2 : Un saut depuis la tour Burj Khalifa à Dubaï.

La valeur de la vitesse du parachutiste augmente progressivement sous l'effet de son poids, pour atteindre la vitesse de 200 km/h. Le parachutiste ouvre alors son parachute après une chute qui aura duré une dizaine de secondes.



Document 3 : Les tours les plus hautes.



3) Cas où l'énergie mécanique ne se conserve pas.

- Utiliser la variation de l'énergie mécanique pour déterminer le travail des forces non conservatives.

Lelivrescolaire page 310

24 Exploiter la non-conservation de l'énergie mécanique



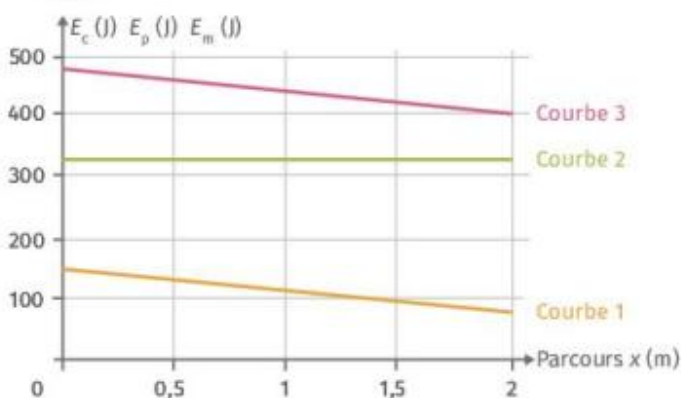
✓ RAI/ANA : Utiliser des documents pour répondre à une problématique

En skate, afin de réaliser un *grind*, le skateur qui avance d'abord en ligne droite à vitesse constante accède à un rail et glisse alors sur les axes de roues. On étudie le mouvement du système $S = \{\text{skateur} + \text{planche}\}$ qui glisse sans rouler sur le rail horizontal, d'un point A à un point B. Les forces de frottement ne sont pas négligeables, elles sont assimilables à une force $\vec{f}$ unique, constante et opposée au sens du mouvement.

D'après le sujet Bac S, Antilles, 2017.



- À partir du graphique, identifier l'énergie mécanique, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur.



Évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique du

- À partir de ses connaissances, rappeler l'expression littérale du travail de la force $\vec{f}$ le long du parcours AB.
- En utilisant le théorème de l'énergie mécanique, calculer le travail de la force $\vec{f}$ ainsi que son intensité.

Données

- Longueur du trajet sur le rail horizontal : $L = AB = 2,0 \text{ m}$;
- Masse du système S {skateur + planche} : $m = 80 \text{ kg}$;
- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

26 Flyboard en QCM

✓ RAI/ANA : Associer les unités de mesure à leurs grandeurs correspondantes

Le flyboard est un sport nautique où le pilote se tient debout sur une planche à propulsion. En moyenne, un flyboarder monte à une altitude maximale de 6,0 m et atteint une vitesse de $25 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ au sommet de sa trajectoire verticale. On prend le niveau de la mer comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur. Choisir, en la justifiant, la bonne réponse :



1. L'énergie potentielle lorsque le pilote est à la surface de l'eau est de :
a. 4800 m. b. 0 m. c. 0 J.
d. 4800 J.
2. Lorsque le flyboarder est au sommet de son ascension, l'énergie cinétique du système est égale à :
a. 0 m/s. b. 0 J. c. $1,9 \times 10^3 \text{ J}$.
d. $3,9 \times 10^3 \text{ J}$. e. $3,85 \times 10^3 \text{ J}$.
3. La variation de l'énergie cinétique du flyboarder lors de son ascension vaut :
a. 0 J. b. $1,5 \times 10^3 \text{ J}$. c. $3,0 \times 10^3 \text{ J}$.
d. $-1,5 \times 10^3 \text{ J}$.
4. La valeur de frottement exercé par l'air sur le système est :
a. 220 J. b. 16 000 N. c. 220 N.
d. 16 000 J. e. $1,6 \times 10^4 \text{ J}$.

Données

- La vitesse initiale du flyboarder est de $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$;
- **Intensité du champ de pesanteur :** $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- La masse du système (flyboard + équipement + flyboarder) est d'environ 160 kg ;
- La force motrice F exercée par les moteurs assurant ainsi l'ascension vaut environ 1600 N.

29 Chute dans l'atmosphère de Jakku

✓ RAI/MOD : Utiliser avec rigueur le modèle de l'énergie

Dans l'épisode VII de la saga *Star Wars*, lors de leur entrée en catastrophe dans l'atmosphère de Jakku, le vaisseau de Finn et Poe Dameron prend feu, montrant qu'il a été soumis à des échanges thermiques importants.



1. Calculer l'énergie mécanique du vaisseau à l'entrée dans l'atmosphère et au niveau du sol.
2. En déduire la valeur de l'énergie thermique Q dispersée lors de la rentrée dans l'atmosphère.

Données

- On suppose $g_{\text{jakku}} = 7,2 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- Vitesse d'entrée du vaisseau dans l'atmosphère : $v_e = 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;
- Masse du vaisseau + équipage : $m = 10,0 \text{ t}$;
- Épaisseur de l'atmosphère : 30 km ;
- Vitesse lors du 1^{er} contact au sol : $v_{\text{sol}} = 60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Thème 3 : L'énergie, conversions et transferts.

Problématique : Le saut à l'élastique.

Pour modéliser un saut à l'élastique en laboratoire, un solide de masse $m = 65 \text{ g}$ est attaché à un fil élastique. Le solide est lâché sans vitesse initiale. Il parcourt une partie de sa trajectoire en chute libre avant de subir l'action du fil. Un logiciel de simulation permet de calculer les positions successives du solide et les valeurs des grandeurs énergétiques concernant le système « solide+fil » : énergie cinétique, énergie potentielle de pesanteur, énergie potentielle élastique emmagasinée par le fil élastique lorsqu'il s'étire et énergie mécanique, somme des trois énergies précédentes.

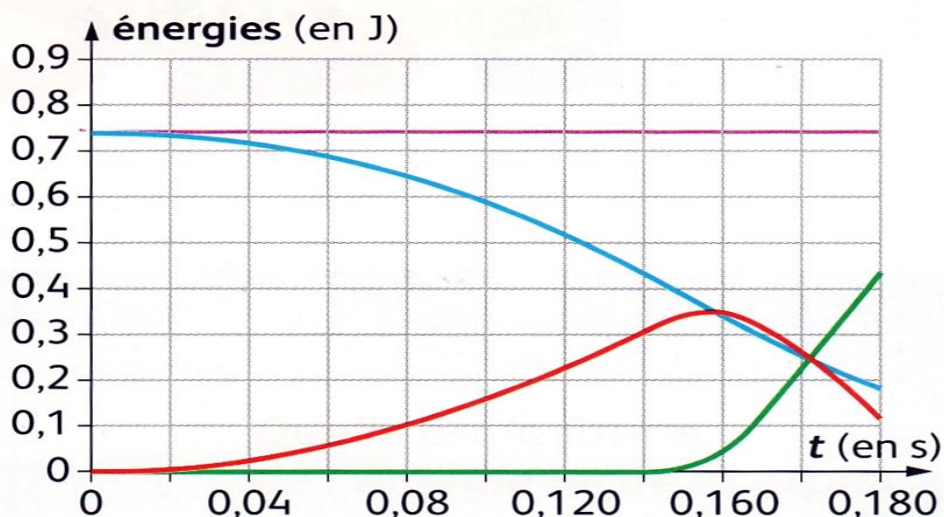


Déterminer les caractéristiques du saut (simulé), c'est-à-dire :

- Le temps de chute libre,
- La hauteur de chute
- La vitesse du solide à la fin de la chute libre

Document 1 : Les courbes correspondantes aux énergies.

D'après le logiciel de simulation :



Document 2 :

DONNÉES

- Lorsque le fil élastique n'est pas étiré, on peut choisir $\mathcal{E}_{pe} = 0 \text{ J}$.

La longueur du fil est alors appelée longueur à vide.

Lorsque la longueur du fil varie d'une valeur d'allongement $\Delta \ell$, on peut modéliser l'énergie potentielle élastique du fil par la relation :

$$\mathcal{E}_{pe} = \frac{1}{2} k (\Delta \ell)^2$$

k étant la constante de raideur du fil.

- Intensité de pesanteur terrestre : $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Document 3 : Wikipédia.

L'expression **chute libre** en [physique](#), est utilisée lors de l'étude idéale du mouvement d'un corps soumis uniquement à son propre poids (voir aussi la [cinématique de la chute libre](#)).