

Energie cinétique E_c

Exo 1

Une tortue de Horsfield pesant 1,50 kg se déplace à 0,25 km/h.
Calculez l'énergie cinétique de la tortue.

Exo 2

L'énergie cinétique d'un cycliste en mouvement vaut 3,2 kJ.
Calculez la vitesse du système { cycliste + vélo } sachant qu'il a une masse de 70 kg.

Exo 3

Dans le référentiel terrestre, une voiture de masse $m = 1,0$ t a une vitesse $v = 80$ km/h.
Calculez son énergie cinétique E_c .

Exo 4

Dans le référentiel terrestre, une voiture de masse $m = 1,0$ t a une énergie cinétique $E_c = 1,6 \cdot 10^5$ J.
Calculez sa vitesse et l'exprimer en km/h.

Exo 5

Dans le référentiel terrestre, un système de masse $m = 50$ g a une énergie cinétique $E_c = 100$ J.
Calculez la norme de sa vitesse.

Exo 6

On mesure la valeur de la vitesse de chute v acquise par une balle lestée de masse $m = 300,0$ g qui tombe d'une hauteur $h = 2,00$ m.
La mesure est réalisée 10 fois et les résultats sont consignés dans le tableau qui suit :

V (m/s)	6,24	6,27	6,26	6,27	6,25	6,27	6,23	6,26	6,28	6,25
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

- 1) Calculez la valeur moyenne de la vitesse acquise par la balle qui chute d'une hauteur h .
- 2) Calculez alors l'énergie cinétique acquise par la balle.
- 3) Évaluez l'incertitude-type $u(v)$ sur la valeur de la vitesse.
- 4) Évaluez l'incertitude-type sur l'énergie cinétique donnée par la relation $u(E_c) = 2 \cdot E_c \cdot u(v) / v$
- 5) Exprimez E_c sous la forme d'un encadrement.

Travail d'une force

Exo 7

Un couvreur monte un lot de tuiles de masse $m = 25 \text{ kg}$ du sol sur le toit d'une maison à une altitude $h = 10 \text{ m}$. Calculez le travail du poids des tuiles sur ce déplacement et dites si celui-ci est résistant ou moteur. Justifiez.

Exo 8

Une boule de pétanque roule rectilignement d'un point A à un point B sur un sol sablonneux. Elle subit de la part de ce dernier des frottements de norme $f = 5,0 \text{ N}$. Leur travail vaut -25 J .

Calculer la distance AB.

Exo 9

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

Calculez le travail de la tension T sur ce parcours.

Exo 10

Un déménageur descend d'un immeuble une armoire de masse $m = 100 \text{ kg}$. Il la porte du 4^e étage, c'est-à-dire d'une altitude $h = 10 \text{ m}$, jusqu'au rez-de-chaussée. Le système étudié est l'armoire et on se place dans le référentiel terrestre.

- 1) Le travail du poids est-il moteur ou résistant dans notre cas ?
- 2) Calculez ce travail sur le trajet considéré.

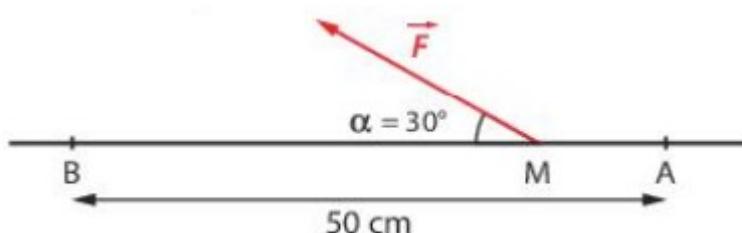
Exo 11

Une voiture roule à vitesse constante sur une distance $AB = 10 \text{ km}$. Les frottements du sol et de l'air ont alors une norme constante $f = 200 \text{ N}$.

Calculez le travail des frottements sur le trajet.

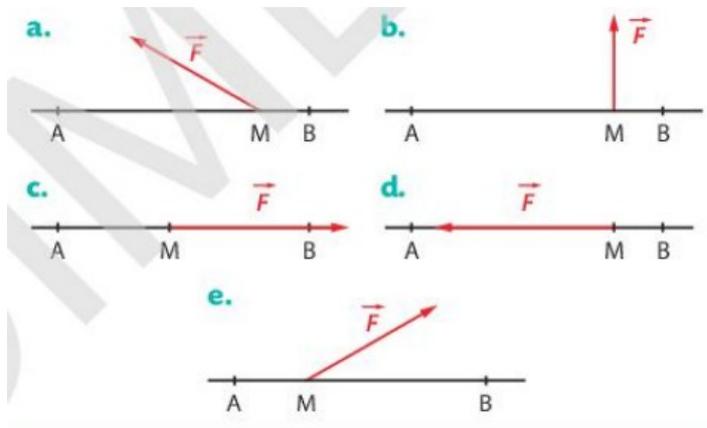
Exo 12

A l'aide du schéma ci-dessous, calculez le travail de la force constante de valeur $F = 3,0 \text{ N}$ lors d'un déplacement du point d'application M de A à B.

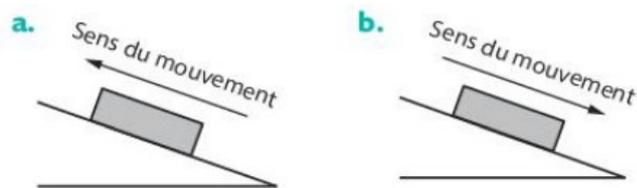


Exo 13

Déterminer, dans chaque situation suivante, le signe du travail de la force lors du déplacement de A vers B.



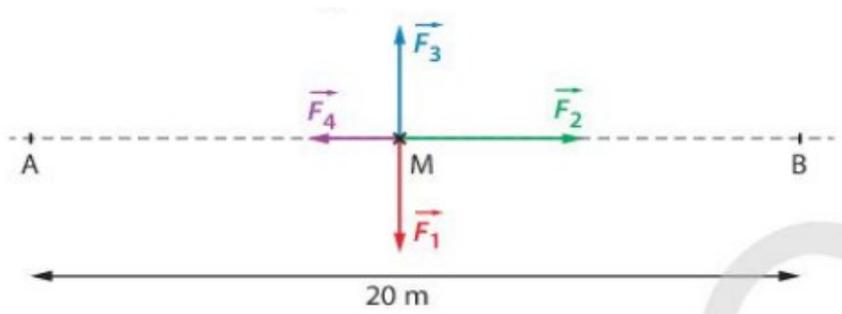
Exo 14



Une solide glisse sur un plan incliné.

- 1) Schématiser les deux situations et représenter le poids du solide modélisé par un point.
- 2) Préciser, pour chaque situation, si le travail du poids est positif ou négatif. Justifiez.

Exo 15

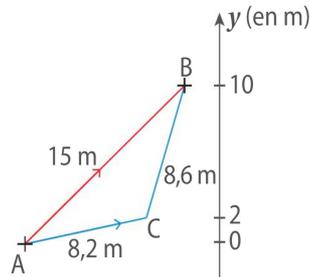


Un traîneau, modélisé par un point M, glisse sur la neige lors d'un déplacement de A vers B. Il est soumis à un ensemble de forces de valeurs constantes et schématisées ci-dessous à l'échelle. La force de traction a une valeur $F_2 = 300 \text{ N}$.

- 1) Nommez les autres forces et donnez leurs valeurs.
- 2) Calculez la travail de chaque force sur le déplacement de A vers B.

Exo 16

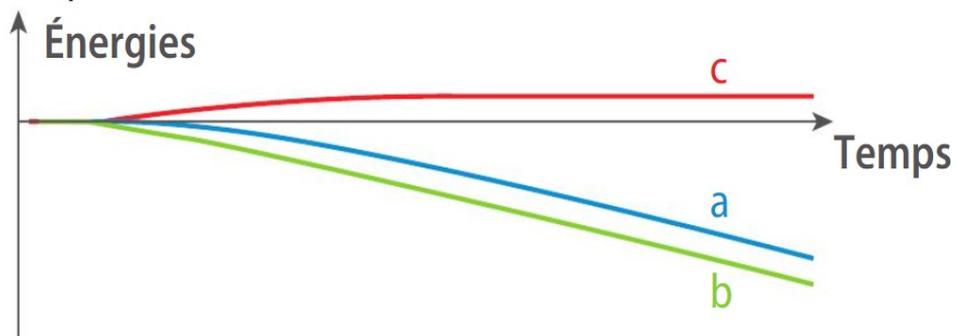
Un objet de masse $m = 5,0 \text{ kg}$ se déplace d'un point A d'altitude $y_A = 0$ à un point B d'altitude $y_B = 10 \text{ m}$. Il emprunte soit le trajet direct, soit un trajet passant par le point C, d'altitude $y_C = 2,0 \text{ m}$.



- 1) Calculez le travail du poids le long des trajets AB, CB, puis le long du trajet ACB.
- 2) Justifiez que le poids est une force conservative.
- 3) Reprendre ces questions pour une force de frottement de norme $f = 2,0 \text{ N}$. Justifiez que cette force de frottement n'est pas conservative.

Exo 17

Un objet est lâché sans vitesse initiale dans un fluide visqueux. Ses énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique sont représentées ci-dessous en fonction du temps.



En justifiant, attribuez à chaque courbe l'énergie qui lui correspond. Pourquoi l'énergie mécanique n'est-elle pas conservée ? Y'a-t-il gain ou dissipation d'énergie mécanique ?

Exo 18

Un palet de masse $m = 160 \text{ g}$ est lancé sur une patinoire horizontale à une vitesse $v_0 = 15 \text{ m/s}$. Il s'arrête au bout de $d = 50 \text{ m}$.

- 1) Faites le bilan des forces subies par le palet.
- 2) Parmi elles, quelle est la seule force non conservative qui travaille ?
- 3) Que vaut la norme f , supposée constante, de cette force ?

Exo 19 ►►►

Une gymnaste de masse $m = 56 \text{ kg}$ et de taille $1,53 \text{ m}$ saute sur un trampoline dans une salle où le plafond est à $8,0 \text{ m}$ au-dessus du sol.

Elle quitte le trampoline avec la vitesse $v_i = 10,3 \text{ m/s}$, ses pieds étant alors à 53 cm du sol.

- 1) A quelle condition peut-on supposer que l'énergie mécanique de la gymnaste est conservée au cours de son mouvement ?
- 2) On suppose que cette condition est vérifiée. Déterminez la variation d'altitude de la gymnaste lors de son saut. Risque-t-elle de se cogner au plafond ?

Exo 20

Une pierre de masse $m = 0,60 \text{ kg}$ tombe dans une mare de profondeur $h = 4,0 \text{ m}$. Elle touche la surface de l'eau avec une vitesse $v_i = 10 \text{ m/s}$.

Sachant que le travail des forces de frottement de l'eau sur la pierre valent -20 J , calculez la vitesse avec laquelle la pierre va toucher le fond de la mare.

Exo 21

Une balle de pingpong de masse $m = 2,7 \text{ g}$ est lancée depuis un point A d'altitude $y_A = 50 \text{ cm}$ avec une vitesse $v_A = 23 \text{ m/s}$.

Sachant que le travail de la force de frottement due à l'air vaut $-0,50 \text{ J}$, à quelle vitesse la balle atteint-elle la table de pingping, d'altitude $y_B = 0 \text{ cm}$.

Exo 22

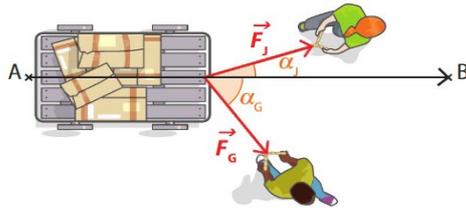
Une voiture de formule 1 de masse $m = 700 \text{ kg}$ accélère sur un circuit horizontal. Elle passe d'une vitesse $v_A = 50 \text{ km/h}$ à une vitesse $v_B = 120 \text{ km/h}$ sur un portion de 40 mètres .

- 1) On suppose que la force de frottement exercée par le sol sur les roues est la seule force non conservative qui travaille. D'après le théorème de l'énergie mécanique, calculez le travail de cette force.
- 2) Justifiez que la force due aux frottements du sol est motrice.
- 3) En réalité, la force de frottement due à l'air n'est pas négligeable, sa norme valant 2530 N . Calculez la vitesse réellement atteinte en B si le travail de la force de frottement avec le sol a toujours la valeur calculée précédemment.
- 4) Y'a-t-il gain ou dissipation d'énergie mécanique ?

Exo 23 ►►►

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

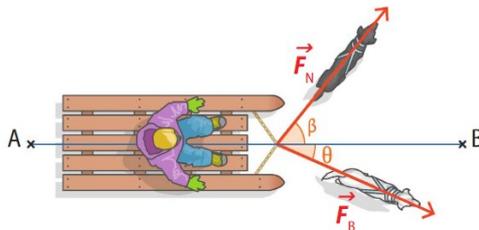
Johanna et Grégoire exercent sur leur corde respective une force de même norme $F = F_J = F_G = 200 \text{ N}$ et faisant des angles respectifs de 20° et 55° avec le mouvement. On étudie le chariot dans le référentiel terrestre. Il se déplace d'une distance $AB = 5,0 \text{ m}$.



- 1) Est-ce Johanna ou Grégoire qui est le plus efficace pour déplacer le chariot ? Conjecturez.
- 2) Vérifiez votre supposition en calculant le travail de chacune des forces sur le trajet. Commenter.

Exo 24 ►►►

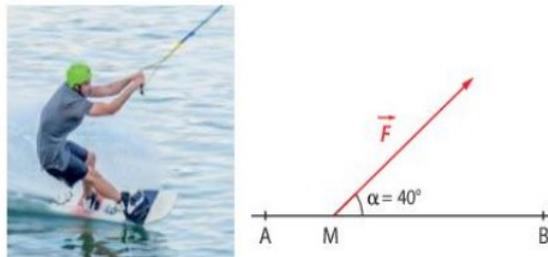
Un traîneau est tiré par un chien blanc et un chien noir exerçant chacun une force de norme $F = F_N = F_B = 150 \text{ N}$. Les forces font respectivement des angles de 25° et 65° avec la trajectoire. La distance à parcourir par le traîneau est $AB = 1,5 \text{ km}$. Le traîneau et son occupant, qui constituent le système étudié, ont une masse totale $m = 100 \text{ kg}$.



- 1) Lequel des chiens est le plus efficace pour déplacer le traîneau ? Conjecturez.
- 2) Vérifiez votre affirmation en calculant le travail de chacune des forces sur le trajet.
- 3) En conservant les mêmes angles de traction, déterminez la force que devrait exercer le chien noir pour que son travail soit égal à celui de la force exercée par le chien blanc.

Exo 25

Un wakeboarder sur un plan d'eau est tracté par une perche sur une distance AB de 150 m .



- 1) Quelle action est modélisée par la force de valeur F ?
- 2) Définir le travail de cette force supposée constante sur la trajectoire de A vers B .
- 3) Calculez la valeur de ce travail sachant que $F = 115 \text{ N}$.

Théorème de l'énergie cinétique

Exo 26

Un palet de hockey de masse $m = 160 \text{ g}$ lancé à une vitesse $v_A = 20 \text{ m/s}$ parcourt une distance $AB = 60 \text{ m}$ avant de s'immobiliser.

On étudie son mouvement dans le référentiel terrestre.

- 1) Faites l'inventaire des forces s'exerçant sur le palet lors de ce mouvement.
- 2) Quelle est la force responsable de son ralentissement ?
- 3) Exprimez le travail de chacune de ces forces.
- 4) A l'aide du théorème de l'énergie cinétique, déduisez la valeur de la force évoquée à la question 2).

Exo 27

Un parpaing glisse sur une benne basculante, sans vitesse initiale. On étudie le parpaing modélisé par son centre d'inertie dans le référentiel terrestre.

Données :

$g = 9,81 \text{ N/kg}$

masse du parpaing $m = 15 \text{ kg}$

Frottements dus à la benne de norme constante $f = 20 \text{ N}$

Longueur de glisse $AB = 4,0 \text{ m}$

Inclinaison de la benne par rapport à l'horizontale 45°

On néglige les frottements de l'air.

- 1) Dresser le bilan des forces extérieures s'exerçant sur le parpaing et les représenter sur un schéma.
- 2) Exprimez le travail de chaque force sur le trajet de A vers B.
- 3) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer puis calculer la vitesse v_B du parpaing lorsqu'il arrive en B.

Exo 28 ▶▶▶

Karim, de masse $m = 30,0 \text{ kg}$, utilise un télésiège pour rejoindre le haut d'une piste de ski. La distance qu'il parcourt vaut alors $AB = 500 \text{ m}$, et la piste est inclinée d'un angle de $5,0^\circ$ par rapport à l'horizontale. Sa vitesse vaut $v = 5,0 \text{ km/h}$ tout au long du trajet. La perche exerce une tension de valeur T sur Karim, inclinée d'un angle 75° par rapport à la piste, et de norme $T = 200 \text{ N}$. Les frottements de l'air sont négligés et ceux le long de la neige sont supposés avoir une norme constante f .

- 1) Dresser le bilan des forces extérieures s'exerçant sur Karim et les représenter sur un schéma.
- 2) Exprimer le travail de chacune de ces forces.
- 3) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la norme des frottements de la neige f .

Exo 29

Un véhicule de masse $m = 1000$ kg est en mouvement sur une route horizontale à la vitesse de valeur $v = 80$ km/h.

Sous l'action exclusive du freinage, le véhicule s'arrête après avoir parcouru une distance $AB = 50$ m.

- 1) Faites un schéma représentant la situation. Faites apparaître, sans souci d'échelle, les 3 forces que l'on prendra en compte ici : le poids, la réaction normale et les forces de frottement.
- 2) Donnez l'expression du travail de ces forces.
- 3) Par l'application du théorème de l'énergie cinétique, déterminez la valeur des forces de frottement.

Exo 30 ►►►

Un pot de peinture tombe, sans vitesse initiale, d'un balcon au bord duquel il était posé et parcourt une distance $h = 10$ m avant d'arriver sur la chaussée.

On étudie le mouvement du pot de peinture dans le référentiel terrestre et on néglige les frottements de l'air.

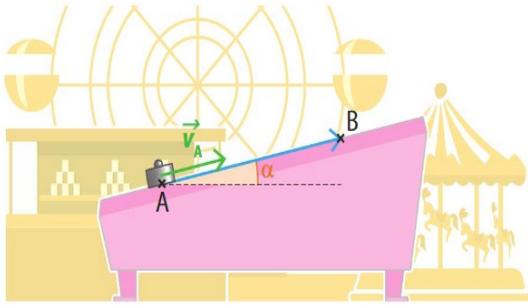
- 1) Dresser le bilan des forces s'exerçant sur le système au cours de la chute.
- 2) Exprimez le travail de ces forces sur le trajet.
- 3) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, calculez la vitesse v_1 avec laquelle le pot arrive sur la chaussée.
- 4) Un passant trouve le pot de peinture et le relance verticalement vers le haut avec une vitesse de norme v_2 dans l'espoir de le renvoyer sur le balcon. Lorsqu'il quitte les mains du passant, le pot est à une hauteur $h' = 2,1$ m au-dessus de la chaussée. Si $v_2 = 10$ m/s, à quelle hauteur maximale le pot monte-t-il ?
- 5) Quelle vitesse minimale faut-il donner au pot pour qu'il atteigne la hauteur du balcon ?

Exo 31

Une équipe de bobsleigh s'élançe avec une vitesse $v_A = 15$ m/s. On étudie le système constitué de la luge et des sportifs, après qu'ils soient montés dedans, dans le référentiel terrestre. On néglige les frottements que la piste exerce sur le système. La différence d'altitude entre le départ et l'arrivée vaut $h = 35$ m.

- 1) Dressez le bilan des forces s'exerçant sur le système au cours de la glisse et les représenter sur un schéma.
- 2) Exprimez littéralement le travail de chacune d'entre elles.
- 3) Grâce au théorème de l'énergie cinétique, déduisez avec quelle vitesse v_B le bobsleigh passe la ligne d'arrivée.
- 4) Une mesure donne $v_B = 114$ km/h. Expliquez l'écart existant entre cette mesure et la valeur que vous avez calculée à la question 3).

Exo 32 ►►►



Un jeu de fête foraine est constitué d'une piste rectiligne inclinée d'un angle de 20° par rapport à l'horizontale et d'un mobile que l'on doit lancer le plus haut possible sur cette piste.

Pour cela, Xinyao lui confère une vitesse initiale de valeur $v_A = 5,0$ m/s.

On étudie le mouvement du mobile dans le référentiel terrestre et on négligera les frottements.

- 1) Faites l'inventaire des forces s'exerçant sur le système. Les représenter sur un schéma.
- 2) Exprimez le travail de chacune d'entre elles pour un déplacement AB donné.
- 3) Quelle est la valeur de la vitesse v_B du mobile quand il arrive en B, le point le plus haut de sa trajectoire ?
- 4) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, déduisez-en la distance AB parcourue par le mobile.
- 5) Reprendre toutes les questions précédentes en prenant en compte des frottements exercés par la piste, de norme constante $f = 25$ N.

Donnée : masse du mobile $m = 10$ kg.

Exo 33 ►►►

Pour traverser une rivière, le jeune Tarzan décide d'agripper une liane et de « penduler » pour gagner la rive d'en face. Pour cela, il se laisse partir sans vitesse initiale, suspendu à sa liane de masse négligeable, accrochée à la branche d'un arbre au-dessus de la rivière.

Données :

- Tarzan est modélisé par un point matériel T, de masse m
 - L'action de l'air sur Tarzan est négligeables
 - L'altitude du point de départ, par rapport à la surface de la rivière est de 15 m.
 - L'altitude du point d'arrivée, toujours par rapport à la surface de l'eau, est de 11 m .
 - $g = 9,81$ N/kg
- 1) Schématisez les forces exercées sur Tarzan
 - 2) Exprimer le travail du poids entre la position de départ et celle d'arrivée.
 - 3) Énoncez le théorème de l'énergie cinétique et l'appliquer entre les positions de départ et d'arrivée sachant que seul le poids travaille sur ce trajet.
 - 4) En déduire la vitesse de Tarzan lorsqu'il arrive sur l'autre rive.

Exo 34

On a réalisé un pointage vidéo d'une balle de golf (de masse $m = 46 \text{ g}$) en chute, lâchée sans vitesse initiale.

Le traitement des données avec regressi, donne les mesures suivantes :

Position	Vitesse v (en m/s)	Altitude (en cm)
M_4	0,81	17
M_8	1,7	5,3

- 1) Dans l'hypothèse d'une chute libre, à quelle force est soumise la balle lors de la chute ?
- 2) Déterminez le travail de cette force entre les positions M_4 et M_8 .
- 3) Calculez les énergies cinétiques de la balle pour chacune de ces positions.
- 4) Comparez la variation d'énergie cinétique au travail de cette force et concluez.

Exo 35 ►►►

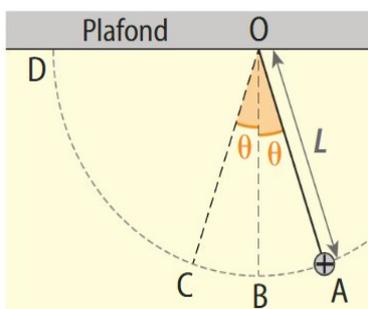
Le tir à l'arc vertical est une discipline sportive du nord de la France. Il s'agit, avec une flèche, d'atteindre une cible appelée « oiseau » fixée au sommet d'une perche à 30,0 m de hauteur.

On suppose que l'action de l'air sur la flèche est négligeable. Lorsque l'arc est tendu, la flèche est initialement à une hauteur de 2,0 m.

Le déplacement de la flèche est considéré vertical depuis sa position de départ D jusqu'à sa position d'arrivée A.

- 1) Indiquez à quelle force est soumise la flèche pendant le vol.
- 2) Sans contrainte d'échelle, représentez la situation, en faisant apparaître la force.
- 3) Exprimez littéralement le travail de cette force sur le trajet de D vers A.
- 4) Indiquez quelle doit être la vitesse minimale v_A en A pour que la flèche atteigne « l'oiseau ».
- 5) Calculez la valeur de la vitesse initiale v_D de la flèche dans cette situation.

Exo 36 ►►►



Un petit objet de masse m , modélisé par un point, est pendu au bout d'un fil inextensible de longueur L dont l'autre extrémité est fixée à un support. On fait l'étude dans le

référentiel terrestre.

Données :

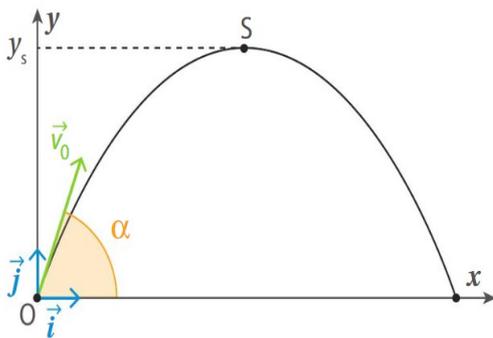
$$\theta = 20^\circ$$

$$L = 50 \text{ cm}$$

- 1) Faites le bilan des forces s'exerçant sur le système.
- 2) On lâche l'objet au point A, sans vitesse initiale. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimez sa vitesse v_B au point en fonction de g , L et θ . La calculer.
- 3) On lance maintenant l'objet du point A avec une vitesse initiale tangente au cercle, vers la gauche. Exprimer la valeur minimale de la norme de v_A pour que l'objet aille jusqu'au point D en fonction de g , L et θ . La calculer.

Exo 37 ▶▶▶

Un système de masse m modélisé par un point matériel est propulsé au point O avec une vitesse de valeur v_0 inclinée d'un angle α au-dessus de l'horizontale.



On étudie le point dans le référentiel terrestre. Toute action de l'air sera négligée.

On appelle S le point le plus haut de la trajectoire, nommé sommet, dont l'ordonnée y_S est nommée flèche de la trajectoire.

- 1) Exprimer les coordonnées v_{0x} et v_{0y} du vecteur vitesse initiale en fonction de v_0 et de α .
- 2) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimez l'énergie cinétique $E_c(S)$ du système en S en fonction de m , v_0 , g et y_S .
- 3) La seule force subie par le système au cours de sa trajectoire étant son poids, déduisez-en une expression de $E_c(S)$ en fonction de m , v_0 et α .
- 4) A l'aide des questions précédentes, établissez l'expression de y_S en fonction de v_0 , g et α .
- 5) Pour quelle valeur de l'angle α la hauteur y_S est-elle la plus élevée ? Ceci était-il prévisible ?

Exo 38 >>>

Pour aborder un tremplin de hauteur $h = 2,0$ m, un skieur nautique parcourt une ligne droite de longueur $L = 150$ m où il prend de la vitesse.

Le skieur a une masse $m = 75$ kg. Il est tiré par un bateau par l'intermédiaire d'une corde qui exerce sur lui une tension T constante horizontale.

Tant qu'il n'est pas sur le tremplin, il subit des frottements de norme constante : $f = 150$ N.

Arrivé en B, le skieur lâche la corde.

Au point de départ A, la vitesse du skieur est nulle.

Arrivé au bout du tremplin, au point C, il a une vitesse $v_C = 50$ km/h.



On considère d'abord le déplacement de A à B.

- 1) Dresser le bilan des forces s'exerçant sur le skieur sur la portion de trajectoire AB.
- 2) Exprimez pour chacune son travail sur ce trajet.
- 3) Exprimer la vitesse au point B en fonction de m , g , L , f et T .

On considère maintenant le déplacement de B à C.

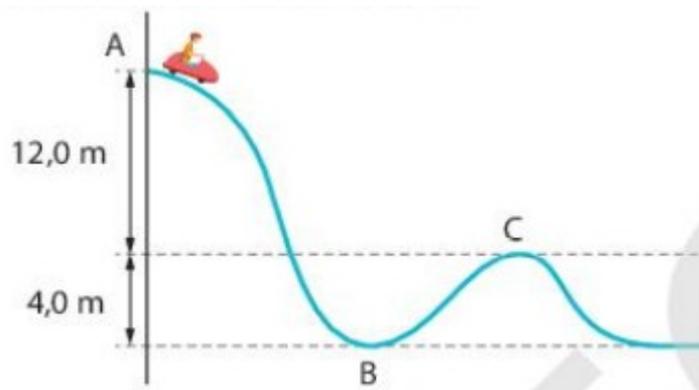
- 4) Dresser le bilan des forces s'exerçant sur le skieur sur la portion de trajectoire BC.
- 5) Exprimez pour chacune son travail sur ce trajet.
- 6) Exprimez la vitesse v_C en fonction de v_B , g et h .
- 7) En déduire la norme T de la tension de la corde.

En C, le skieur lâche la corde.

- 8) En négligeant toute action de l'air, déterminez la vitesse qu'il aura au moment de retomber dans l'eau.

Problème 1: Montagnes russes

Les montagnes russes sont des attractions de fête foraine dans lesquelles des wagons parcourent des pentes vertigineuses. Les passagers ressentent ainsi des sensations de peur liées aux variations de vitesse.



Le schéma ci-dessus est une portion de circuit d'une telle attraction. La commission de sécurité a limité la valeur de la vitesse sur le parcours à 60 km/h.

On suppose que les frottements et l'action de l'air sont négligeables. Le wagon et ses passagers quittent le point A sans vitesse initiale.

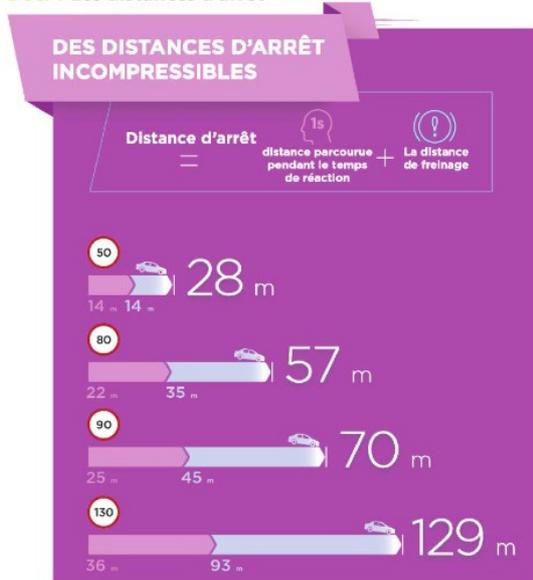
Question

La limitation imposée par la commission de sécurité est-elle respectée sur l'ensemble du parcours ?

Problème 2: Distances d'arrêt et limitations de vitesse

Le 1er juillet 2018, la limitation de vitesse sur les routes à voies non séparées est passée de 90 km/h à 80 km/h. Un des arguments en faveur de cette mesure est la réduction de la distance d'arrêt, et donc la diminution du risque d'accident.

Doc. 1 Les distances d'arrêt



Doc. 2 Freins d'une voiture

Le système de freinage d'une automobile consiste à lui imposer une force de frottement avec le sol la plus grande possible. On peut considérer que cette force a une norme constante au cours du freinage. La force de frottement due à l'air est alors négligeable devant celle due au sol.

Doc. 3 Coefficient de frottement

La norme f de la force de frottement exercée sur un solide par son support peut être écrite comme le produit de la norme P du poids du solide par un coefficient de frottement μ caractéristique du contact entre le solide et son support : $f = \mu P$.
Pour un pneu sur route sèche, μ est compris entre 0,6 et 0,8.

Donnée • Norme du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$

Questions préliminaires

- Vérifier les valeurs données pour les distances parcourues pendant le temps de réaction.
- Tracer sur un graphique la distance de freinage d_f en fonction du carré de la vitesse initiale v^2 avec v en m/s.

Question

A partir du théorème de l'énergie cinétique et des données, calculez le coefficient de frottement évoqué dans un des documents ci-dessus. Les données du doc1 considèrent-elles une route sèche ? Commenter.

Problème 3 : La balle rapide

La balle rapide (ou fastball en anglais) est le lancer le plus courant au baseball. Son objectif est de maximiser la vitesse de la balle, pour minimiser ses risques d'interception par le batteur.

Doc. 1 Record homologué de vitesse de lancer

The fastest pitch* recognized by MLB* was on September 25, 2010, at Petco Park in San Diego by then Cincinnati Reds left-handed relief pitcher Aroldis Chapman. It was clocked at 105.1 miles per hour.

<https://en.wikipedia.org/wiki/Fastball>

*Pitch : lancer

*MLB : Major League Baseball (professional baseball organization)

Données • 1 mile = 1,609344 km

• Une balle de baseball a une masse comprise entre 142 et 149 g.

Doc. 2 Comment lancer

Pour lancer un objet, il faut accompagner son mouvement sur une certaine distance.

On considérera que pendant tout le lancer, la force exercée par le lanceur et subie par le projectile est parallèle au mouvement de lancer et de norme constante.

Question

Donnez une estimation de la force que le lanceur doit appliquer à la balle lors de son lancer pour qu'il atteigne la vitesse relevée lors du record de 2010.

Problème 4 : Ceinture de sécurité

Doc. Campagne de la Sécurité routière

Le slogan d'une campagne de la Sécurité routière est :
« Sans ceinture de sécurité, un choc à 50 kilomètres
heure équivaut à une chute du quatrième étage. »



Question

Expliquer, par un raisonnement rigoureux incluant un calcul, la signification de ce slogan.

Problème 5 : Décélérateur d'antiprotons

Un décélérateur d'antiprotons est installé au CERN, à Genève, pour produire de l'antimatière. Son rôle est de ralentir un antiproton, de vitesse initiale voisine du dixième de la vitesse de la lumière dans le vide, jusqu'à une énergie cinétique voisine de 0,10 MeV.

Données :

Masse d'un antiproton $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

Charge électrique d'un antiproton : $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$ C

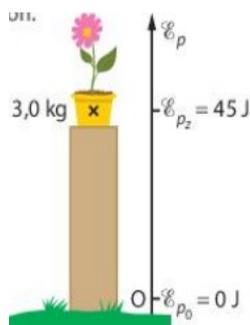
1 eV = $1,60 \cdot 10^{-19}$ J

Question

Pour que la longueur du décélérateur soit voisine d'une dizaine de mètres, quel doit être l'ordre de grandeur de la norme du champ électrostatique qu'il faut y créer ?

Energie potentielle de pesanteur Epp

Exo 39



Un pot de fleurs est posé sur un poteau.
Calculez la hauteur à laquelle se trouve le pot de fleurs.

Exo 40

Un système de masse $m = 3,0$ kg chute de 10 m.
Calculez la variation de son énergie potentielle de pesanteur au cours de la chute.

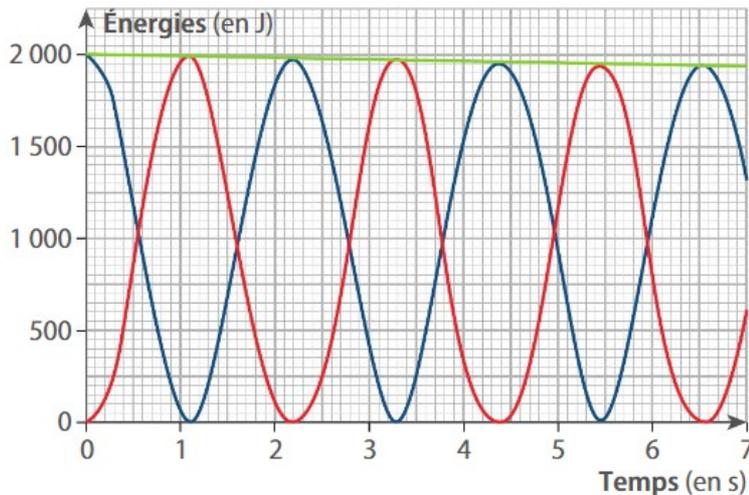
Théorème de l'énergie mécanique

Exo 41

Un pendule de masse $m = 62 \text{ kg}$ oscille au bout d'une corde de longueur $L = 3,5 \text{ m}$. A l'instant initial, il est lâché sans vitesse initiale.

Les courbes ci-dessous représentent ses énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique.

Un chat de masse $m = 3,8 \text{ kg}$ tombe d'un balcon situé à la hauteur $h = 8,5 \text{ m}$ au-dessus du sol.



- 1) En détaillant le raisonnement, attribuez à chaque courbe son énergie.
- 2) Déterminez la hauteur initiale du système au-dessus de son point le plus bas.
- 3) Déterminez la vitesse maximale acquise.
- 4) L'énergie mécanique est-elle conservée ? Pourquoi ?
- 5) A quelles dates le système passe-t-il à la verticale ? En déduire la durée d'une oscillation.

Exo 42

Un chat de masse $m = 3,8 \text{ kg}$ tombe d'un balcon situé à la hauteur $h = 8,5 \text{ m}$ au-dessus du sol.

En supposant que le chat ne subit que son poids, déterminez la vitesse du chat à son arrivée au sol. L'exprimer en m/s puis en km/h .

Exo 43

Une bille de paintball de masse $m = 3,3 \text{ g}$ est éjectée verticalement vers le haut à la vitesse $v_0 = 300 \text{ km/h}$.

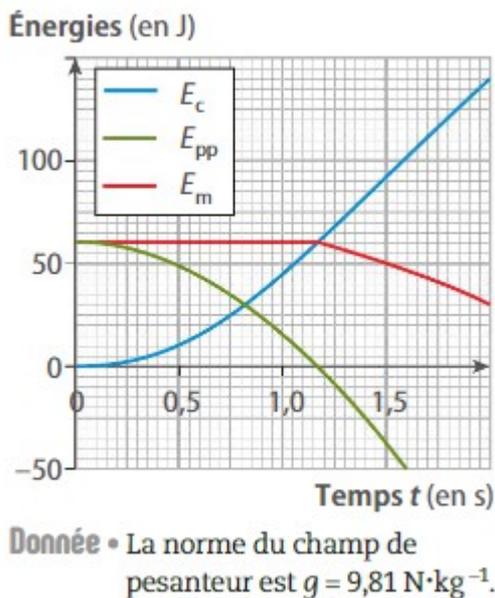
Quelle altitude la bille atteint-elle si son énergie mécanique se conserve ?

Exo 44

Une boule de pétanque de masse $m = 700 \text{ g}$ est lâchée sans vitesse initiale d'une hauteur h au-dessus de la surface d'une piscine.

Le graphique ci-dessous représente les tracés de ses énergies cinétique E_c , potentielle de pesanteur E_p et mécanique E_m .

A la date $t = 1,15$ s, la boule entre dans l'eau.
Le niveau de l'eau est choisi comme altitude de référence.



- 1) Déterminez la hauteur h de chute dans l'air.
- 2) Déterminez la vitesse v_{eau} de la boule à son entrée dans l'eau.
- 3) Montrez que l'action de l'air est imperceptible, mais pas celle de l'eau. En supposant que la seule force non conservative qui travaille est la force de frottement due à l'eau, calculez son travail entre $t = 1,15$ s et $t = 2,0$ s.

Exo 45

Le jet d'eau de Genève a une hauteur moyenne de 140 m. Des pompes propulsent l'eau du lac Léman verticalement à une vitesse $v_0 = 200$ km/h.

- 1) On considère une goutte d'eau, entre son éjection et le point le plus haut de sa trajectoire. On supposera qu'elle subit seulement son poids. Comment varie son énergie mécanique au cours du mouvement ?
- 2) En déduire l'expression de v_0 en fonction de la hauteur maximale atteinte h et de g .
- 3) Calculez la valeur de v_0 permettant d'atteindre $h = 140$ m. Commentez l'écart avec la valeur de l'énoncé.

Exo 46 ►►►

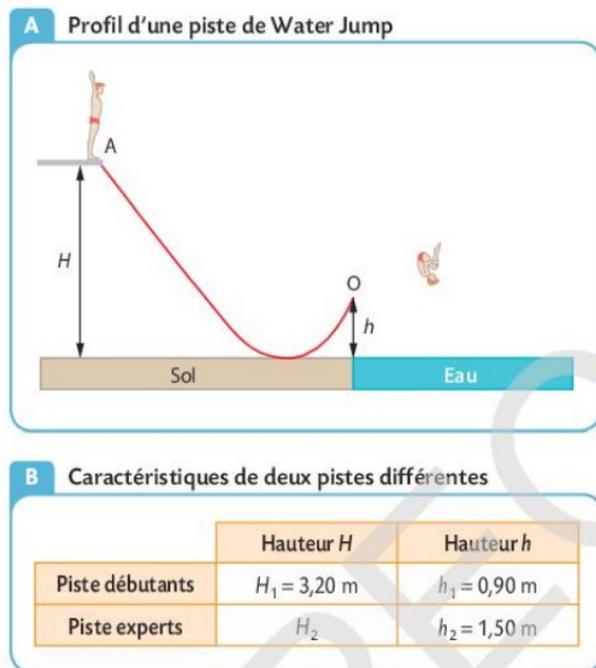
L'athlète français Renaud Lavillenie a battu en 2014 le record du monde masculin de saut à la perche. Ayant atteint $v_f = 36$ km/h à l'issue de sa course d'élan, il a planté sa perche et s'est élevé pour franchir la barre placée à la hauteur record $H = 6,16$ m au-dessus du sol. Il a ainsi dépassé le record de l'Ukrainien Sergueï Bubka, qui a déclaré que Renaud Lavillenie avait la capacité de « transférer dans la perche l'énergie de sa vitesse de course » (Libération, 9 août 2012).

Donnée : masse de Renaud = 61 kg , celle de la perche sera négligée.

- 1) Calculez l'énergie cinétique acquise à l'issue de la course d'élan.
- 2) On assimile Renaud à son centre de gravité. On estime qu'il est à la hauteur
- 3) $h = 1,1$ m au-dessus du sol à la fin de sa course, et à la hauteur de la barre au moment où il la franchit. Déterminer une estimation de la variation de son énergie potentielle de pesanteur lors de son ascension.
- 4) L'affirmation de Sergueï Bubka est-elle vérifiée ?

Exo 47 >>>

Le water jump est une activité de glisse au cours de laquelle une personne glisse sur un toboggan mouillé et qui se termine par un tremplin. A la sortie du tremplin, elle effectue un saut en chute libre et termine sa course dans l'eau.



Les frottements et l'action de l'air seront négligés dans toutes les étapes du mouvement. Le travail de la réaction normale de la piste sur la personne est nul. L'origine des énergies potentielles est choisie au niveau du sol.

Moussa préfère opter dans un premier temps pour la piste pour débutants.

- 1) Exprimez son énergie mécanique E_{m_A} lorsqu'il s'élance de la position A sans vitesse initiale.
- 2) Énoncez le théorème de l'énergie mécanique.
- 3) Appliquez-le pour montrer que la vitesse atteinte en O a pour valeur $v_O = 6,7 \text{ m/s}$.

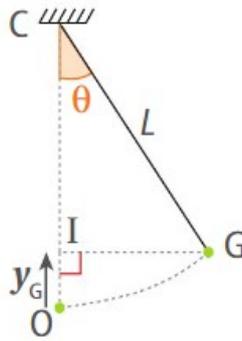
En confiance, il se dirige maintenant vers la piste pour experts. Il part sans vitesse initiale. Un panneau de départ de cette piste annonce que la valeur de la vitesse à la sortie du tremplin est deux fois plus importante que celle acquise avec la piste pour débutants.

- 4) Calculez la hauteur H_2 au départ de la piste experts.

Exo 48 >>>

Manazir s'amuse à pousser Catherine sur une balançoire. On modélise l'ensemble {balançoire + Catherine} par un point matériel G de masse $m = 55 \text{ kg}$ situé à une distance $L = 2,0 \text{ m}$ du point d'attache de la balançoire.

Catherine est initialement immobile en O, à la verticale. Manazir lui donne une vitesse initiale v_0 .



- 1) A un instant quelconque du mouvement, la corde forme un angle θ avec la verticale et Catherine a une vitesse de norme v . Le point I est le projeté orthogonal du point G sur la verticale. Exprimez CI en fonction de L et de θ .
- 2) En déduire l'altitude du point G au-dessus de sa position O en fonction de L et de θ .
- 3) On considère que l'énergie mécanique de ce système est constante au cours du mouvement. Quelle hypothèse est nécessaire pour cela ?
- 4) En déduire une relation entre v_0 , g , θ , L et v .
- 5) A l'altitude maximale de Catherine, que vaut v ? En déduire que l'angle de montée maximale θ_{\max} , vérifie la relation $v_0^2 = 2gL(1 - \cos(\theta_{\max}))$.
- 6) Quelle vitesse initiale Manazir doit-il donner à Catherine pour qu'elle monte à $\theta_{\max} = 60^\circ$? A la hauteur du point C ?
- 7) Manazir donne à Catherine une vitesse initiale $v_0 = 1,6$ m/s. Jusqu'à quel angle θ_{\max} monte-t-elle ?

Exo 49 ►►►

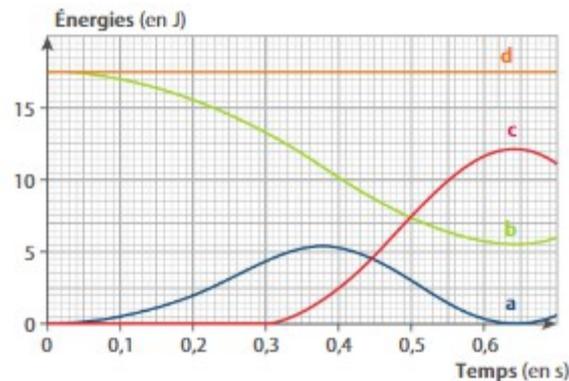
Abderrahmane pousse un caddie vide de masse $m_0 = 17$ kg sur un parking incliné d'un angle $\alpha = 5,0^\circ$ par rapport à l'horizontale.

- 1) En A, il lui donne une vitesse initiale $v_0 = 16$ km/h. Le caddie parcourt une distance $AB = 8,0$ m avant de s'arrêter pour redescendre. Calculez l'énergie cinétique du caddie au point A.
- 2) Calculez la différence d'altitude entre A et B, puis la variation d'énergie potentielle de pesanteur du caddie entre A et B.
- 3) Calculez la variation d'énergie mécanique entre A et B. Quelle force est responsable de la non-conservation de l'énergie mécanique ?
- 4) En déduire la norme, supposée constante, de cette force.
- 5) En B, alors que le caddie est immobile, Samuel y dépose un pack d'eau de masse $m = 9,0$ kg.
- 6) Déterminez la vitesse v_f du caddie à son retour en A, en supposant que la norme de la force de frottement vaut maintenant 10 N.
- 7) Le pack d'eau est toujours dans le caddie. Quelle distance parcourrait-il avant de s'arrêter si Abderrahmane le relançait du point A avec la vitesse v_0 ?

Exo 50 ►►►

Une maquette de laboratoire simule un saut à l'élastique. Elle est composée d'un solide de masse $m = 1,0 \text{ kg}$ relié à un point fixe par un élastique.

A la date $t = 0 \text{ s}$, on lâche le solide sans vitesse initiale depuis le point d'attache. Un dispositif expérimental fournit les courbes d'énergies ci-dessous, où le sol de la pièce est le niveau où l'énergie potentielle de pesanteur est nulle. Le mouvement est vertical.



- 1) Identifier les courbes représentant les énergies cinétique E_c et potentielle de pesanteur E_{pp} du solide, en justifiant.
- 2) Quelle courbe représente l'énergie mécanique E_m du solide ? Justifier le fait que l'effet des frottements de l'air est imperceptible dans cette expérience.
- 3) La 4^e courbe représente l'énergie emmagasinée par l'élastique lorsqu'il se tend, et qu'il restitue entièrement lorsqu'il se détend. En déduire la durée de la chute libre, c'est-à-dire la date t_1 à laquelle l'élastique commence à se tendre.
- 4) Entre t_0 et t_1 , quelle est la variation de l'énergie potentielle de pesanteur du solide ? En déduire la longueur de l'élastique non tendu.
- 5) Calculer la vitesse maximale du solide et la longueur de l'élastique au moment où cette vitesse est atteinte.
- 6) Déterminer l'altitude initiale du solide au-dessus du sol, puis sa hauteur minimale au-dessus du sol.
- 7) On suppose que l'énergie mécanique est conservée tout au long du mouvement. Recopier l'allure du graphique et le prolonger jusqu'à la date $t = 3,0 \text{ s}$.

Problème 6 : Jonglage

Yasmine, pour impressionner ses copines avec ses capacités de jonglage, lance une balle verticalement vers le haut, à partir d'une altitude $y_A = 1,10 \text{ m}$, en lui donnant une vitesse initiale $v_0 = 20 \text{ m/s}$. On étudiera le mouvement de la balle dans le référentiel terrestre et on négligera tous les frottements.

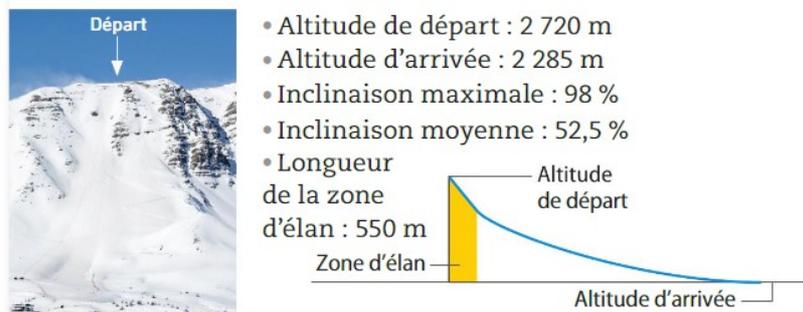
Question.

A quelle altitude maximale y_S montera la balle, lorsqu'elle se trouvera au sommet de sa trajectoire ?

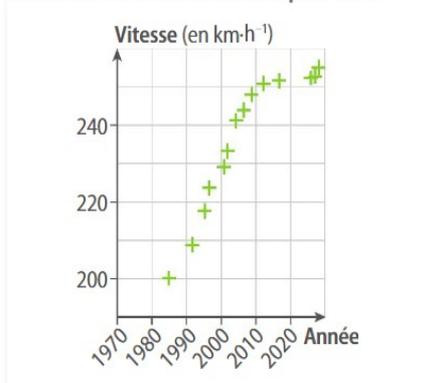
Problème 7 : Records de ski

De nombreux records de vitesse de ski ou VTT ont été obtenus sur la piste de Charbrières à Vars dans les Hautes-Alpes, dont le record du kilomètre lancé à partir d'une vitesse initiale non nulle. Ce record semble ne plus guère évoluer depuis les années 2000.

Doc. 1 La piste de Charbrières

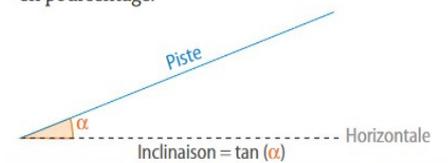


Doc. 2 Records du KL homme depuis 1978



Données

- Le champ de pesanteur a pour norme $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- L'inclinaison (ou pente) d'une piste ou d'une route est la tangente de l'angle qu'elle forme avec l'horizontale. Elle est souvent exprimée en pourcentage.



Question préliminaire

Parmi les hypothèses suivantes, lesquelles permettent d'obtenir la vitesse maximale à la fin de la zone d'élan ?

- l'inclinaison de la zone d'élan est égale à l'inclinaison moyenne
- l'inclinaison de la zone d'élan est égale à l'inclinaison maximale
- l'action de l'air sur le skieur est négligée
- les frottements que le sol exerce sur le skieur sont négligés

Question

Montrer, en utilisant les hypothèses les plus favorables, qu'il semble possible d'améliorer le record du kilomètre lancé sur la piste de Charbrières.

Problème 8 : Saut de Félix Baumgartner

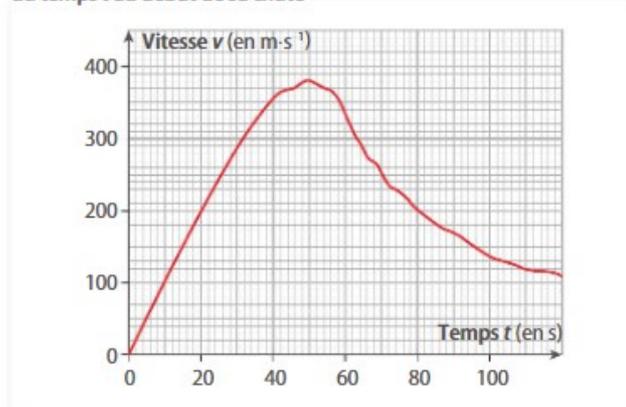
Le 14 octobre 2012, l'Autrichien Félix Baumgartner s'est laissé tomber de l'altitude de 38968 m au-dessus du sol et a été le premier homme à dépasser le mur du son lors d'une chute.

Le record du saut en parachute le plus haut a été dépassé depuis, mais Baumgartner détient toujours le record de vitesse. Ainsi, le site du Guinness World Records indique qu'il atteint « the highest vertical speed in freefall ».

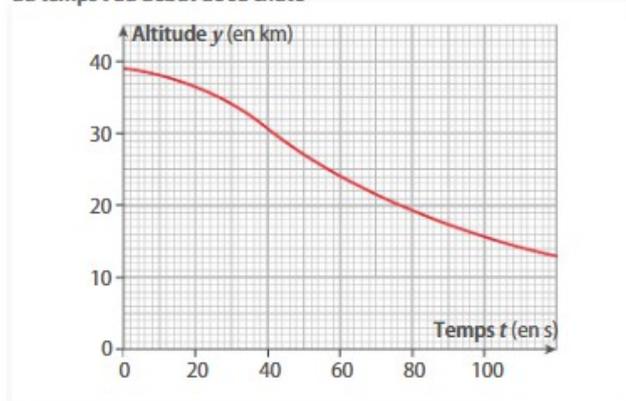
Données

- Masse de Felix Baumgartner avec son équipement : $m = 120 \text{ kg}$.
- On considérera le champ de pesanteur comme uniforme, de norme $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Doc. 1 Vitesse v au-dessus du sol de Felix Baumgartner en fonction du temps t au début de sa chute



Doc. 2 Altitude y au-dessus du sol de Felix Baumgartner en fonction du temps t au début de sa chute



Question 1

La chute de Félix Baumgartner est-elle réellement une chute libre entre le début de sa chute et l'instant où il atteint sa vitesse maximale ? Justifiez numériquement.

Question 2

Lors de son saut, il est arrivé au sol avec une vitesse $v_{\text{sol}} = 8,8 \text{ m/s}$.

Pour acquérir la même vitesse à l'arrivée au sol, de quel étage d'un immeuble aurait-il dû sauter ? Commenter.

Exercices de synthèse

Exo 51 ▶▶▶

Le skieur italien Ivan Origone a atteint un record de vitesse lors d'une épreuve de ski de kilomètre lancé en 2016 sur la piste de Chabrières à Vars dans les Hautes-Alpes. Parti sans vitesse initiale du haut de la piste à l'altitude 2720 m, il a parcouru une distance $AB = 1400$ m dont la dénivellation est 435 m.

- 1) En prenant le bas de la piste comme référence, calculer l'énergie potentielle de pesanteur du skieur en haut de la piste.
- 2) Dans le cas où l'action de l'air et les frottements sont négligeables, le skieur est soumis uniquement à son poids et à la réaction normale. Exprimer le travail des forces auxquelles est soumis le skieur lors du parcours entre les positions A et B.
- 3) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la vitesse du skieur en B.
- 4) En réalité, la vitesse atteinte est $70,8$ m/S. Comment l'énergie mécanique du skieur a-t-elle évolué lors de la descente ?
- 5) A l'aide du théorème de l'énergie mécanique, déterminez la valeur, supposée constante, de l'ensemble des forces de frottements qui s'exercent sur le skieur.

Exo 52 ▶▶▶

En 2016, le cascadeur Luke Aikins (de masse $m = 80,0$ kg) a sauté sans vitesse initiale de 7600 m de hauteur sans parachute. Un filet de sécurité l'attendait pour le réceptionner à l'issue de ce saut spectaculaire.

- 1) Etablir l'expression de la variation d'énergie potentielle de pesanteur de Luke lors de son saut.
- 2) Calculez la valeur de cette variation.
- 3) En déduire la variation de son énergie cinétique entre sa position de départ et celle d'arrivée, dans l'hypothèse d'une chute libre.
- 4) Calculez alors la valeur finale de sa vitesse.
- 5) En réalité, la valeur de la vitesse atteinte par le cascadeur est égale à $55,5$ m/s. Proposez une explication.

Exo 53 ▶▶▶

Au skateboard, un « ollie » est un saut effectué avec la planche. Pour réaliser cette figure, il faut donner un coup avec le pied arrière de manière à faire « claquer » l'arrière de la planche. Le décollage est alors possible. Le « ollie » est souvent suivi d'un « grind » : le skateur avance alors sur un rail et s'y laisse glisser. Assalas décide d'enchaîner les deux figures, sur un skatepark à Paris.



Etude énergétique du « ollie »

Il effectue un « ollie » en quittant le sol en A. Sa vitesse a pour valeur $v_A = 4,20$ m/s. Il atteint le rail avec une vitesse v_B . On néglige les frottements et l'action de l'air sur le trajet de A vers B.

- 1) Donnez les expressions de l'énergie mécanique du skateur en A puis en B.
- 2) Cette énergie mécanique varie-t-elle entre A et B ? Justifiez.
- 3) En appliquant le théorème de l'énergie mécanique, exprimez v_B en B en fonction de g , h et v_A .
- 4) Montrez que $v_B = 2,8$ m/s.

Etude énergétique du « grind »

Sur le rail, le système est soumis à une force de frottement de valeur constante $f = 30,0$ N.

- 5) Déterminez la distance BC parcourue par Assalas jusqu'à l'arrêt complet sur la barre ?

Données :

$h = 50$ cm

$m = 80,0$ kg

$g = 9,81$ N/kg

Exo 54 ►►►

Un tapis roulant de longueur $l = AB = 5,0$ m est utilisé pour charger des bagages dans la soute d'un avion. Le tapis est incliné d'un angle de 15° avec l'horizontale. Une valise de masse $m = 20$ kg, est entraînée par ce tapis avec une vitesse de valeur constante v .

- 1) Schématisez cette situation en représentant le poids, la réaction normale du tapis et la force motrice de valeur F .
- 2) Montrez que le travail du poids lors du déplacement de A vers B (A au début du tapis au niveau du sol et B au niveau de l'avion, en fin de tapis) a pour expression :
– $m \cdot g \cdot l \cdot \sin(\alpha)$
- 3) Exprimez le travail des deux autres forces sur ce trajet
- 4) Justifiez que l'énergie cinétique reste constante sur le trajet.
- 5) L'énergie mécanique reste-t-elle constante sur le trajet ?
- 6) Exploitez le théorème de l'énergie mécanique pour calculez la valeur F de la force motrice exercée par le tapis sur la valise.

Problème 9 : Plongée à Acapulco

« Trente-cinq mètres de hauteur, 3 secondes de chute libre, un sentiment de plénitude... puis le choc, violent, à près de 90 km/h, dans une ouverture de quatre mètres seulement de profondeur. Né d'un défi entre pêcheurs il y a 80 ans, ce grand saut est devenu la première attraction touristique d'Acapulco au Mexique. »



D'après lexpress.fr le 28/08/2015

Question

Les plongeurs à Acapulco atteignent-ils l'eau à la vitesse annoncée dans l'article ?