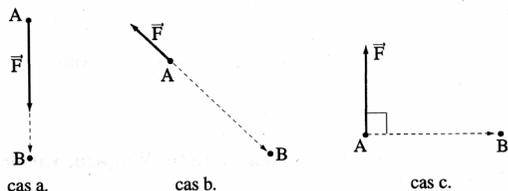


Energie en mécanique – Exercices - Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Parmi les propositions suivantes, choisir la bonne réponse.



Le travail de la force \vec{F} , de valeur $F=5,0\text{N}$, pour le déplacement AB (de A vers B) tel que $AB=50\text{cm}$ vaut :

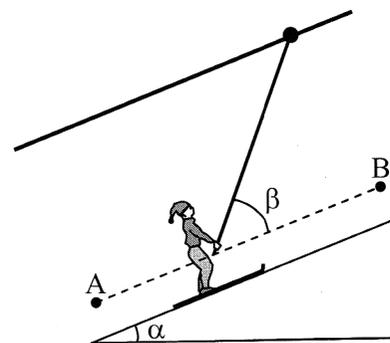
- | | | | |
|-------------------|---------|---------|----------|
| 1. pour le cas a. | a. 250J | b. 2,5J | c. 10J |
| 2. pour le cas b. | a. 2,5J | b. 250J | c. -2,5J |
| 3. pour le cas c. | a. 2,5J | b. 0J | c. 2,5J |

Exercice 2 corrigé disponible

On considère un livre de masse $m = 0,15\text{ kg}$ glissant sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale. On suppose que le livre, assimilé à un point matériel a un mouvement rectiligne uniforme.

- a) Donner la direction et le sens de la force de frottement exercée sur le livre par le plan incliné
b) Faire le bilan des forces appliquées sur le livre. Les forces de frottement fluide seront négligées.
c) Grâce à la 2^e loi de Newton, calculer la norme de la force de frottement solide.
- Le livre glisse sur 60 cm. Calculer au cours de ce glissement le travail :
 - du poids
 - de la force frottement solide
 - de la réaction au support
- Calculer la somme des travaux des forces appliquées au système {livre} ; ce résultat était-il prévisible ?

Exercice 3



Un skieur et son équipement, de masse totale $m = 75\text{ kg}$, gravissent en télési, à la vitesse constante $v = 5,0\text{ m.s}^{-1}$, une piste plane inclinée d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport à l'horizontale. Au cours d'un déplacement $AB = 100\text{ m}$, la perche du télési exerce une force constante \vec{F} , de valeur $F = 450\text{ N}$, dont la direction fait un angle $\beta = 45^\circ$ par rapport à la piste.

On modélise l'ensemble des forces de frottements dues au sol et à l'air par une force constante \vec{f} opposée au déplacement du skieur.

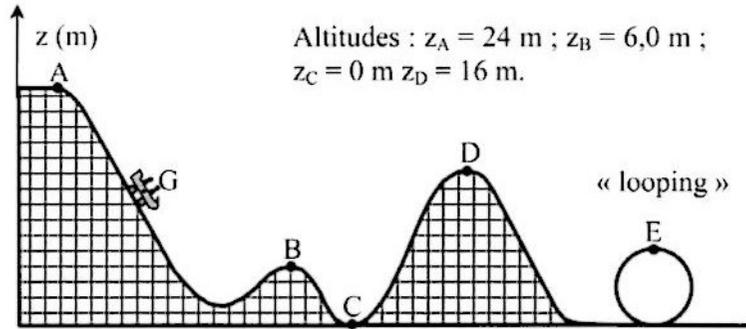
On prendra $g = 9,8\text{ N.kg}^{-1}$.

- Représenter sur le schéma les forces agissant sur le système {skieur + équipement}.
- Quelle relation vectorielle existe-t-il entre ces forces ? Justifier.
- Déterminer la valeur de la force de frottements \vec{f} .
- Exprimer le travail de chacune des forces appliquées au système lors du déplacement AB en précisant s'il s'agit d'un travail moteur, résistant ou nul.
- En déduire la valeur de la somme des travaux des forces extérieures appliquées au système. Le résultat était-il prévisible ?

Exercice 4 corrigé disponible

Dans une attraction de fête foraine appelée « montagne russe », un chariot démarre avec ses passagers sans vitesse initiale au sommet A, puis roule sur des rails dont le profil est donné ci-dessous :

Énergie potentielle



Champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Un dispositif de sécurité assure le contact permanent entre les roues du chariot et les rails en tout point de l'attraction.

Le système constitué par le chariot et ses passagers a pour masse $m = 600 \text{ kg}$ et pour centre d'inertie le point G. On se place dans le cas idéal où les forces de frottements dues à l'air et aux rails sont considérées comme négligeables.

1. Quelle est la particularité de l'énergie mécanique du chariot lors de son mouvement sur la « montagne russe » ?
2. L'un des sommets B, D ou E permet-il être plus haut que le point A de l'attraction foraine ?
3. Calculer les vitesses du chariot lorsqu'il atteint les positions B, C et D.
4. Quelle est l'altitude du point E sachant que la vitesse du système en ce point est $v(E) = 17,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$?
5. Dans la réalité, faut-il s'attendre à mesurer des vitesses égales, inférieures ou supérieures à celles calculées ?

Exercice 5 corrigé disponible

« Arrivé sur Mars le 6 août 2012, Curiosity, robot mobile (rover) de la NASA n'a pour le moment pas révolutionné notre connaissance de cette planète. Pourtant, l'agence spatiale américaine considère déjà la mission comme un immense succès. Pourquoi ? Parce qu'elle a réussi à faire atterrir sans encombre le plus gros rover de l'histoire de l'exploration martienne : longueur = 3 m ; largeur = 2,7 m ; hauteur = 2,2 m ; masse = 900 kg. Et qu'elle a ainsi démontré l'efficacité d'une nouvelle technique d'atterrissage automatique extraterrestre. Cette technique audacieuse a mis en œuvre une « grue volante » pour déposer tout en douceur le robot au bout de trois filins. [...] Faire atterrir une sonde sur Mars est un exercice périlleux, comme l'ont prouvé les échecs de plusieurs missions. La dernière en date fût Beagle 2, qui s'est écrasée au sol en 2003. La principale difficulté vient du fait que l'atmosphère martienne est très ténue : moins de 1 % de la pression de l'atmosphère terrestre. Résultat, l'utilisation d'un bouclier thermique, qui tire parti de la friction sur les couches atmosphériques, puis d'un parachute de très grande taille, comme on le fait pour le retour d'engins sur Terre, ne suffit pas pour freiner l'engin. Il faut faire appel à un autre dispositif pour le ralentir encore un peu plus et le poser sans danger. [...] Dans la tête des ingénieurs de la NASA a émergé alors une [nouvelle] idée. Elle était inspirée par les hélicoptères de l'armée américaine baptisés « grue volante », capables de transporter et de déposer au sol des charges de plusieurs tonnes à l'extrémité d'un filin. Dans la version spatiale de cette grue volante, c'est un étage de descente propulsé par huit rétrofusées qui joue le rôle de l'hélicoptère ».

D'après La recherche n°471- Janvier 2013

Champ de pesanteur au voisinage du sol de la planète Mars : $g = 3,7 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

1. La descente autopulsée

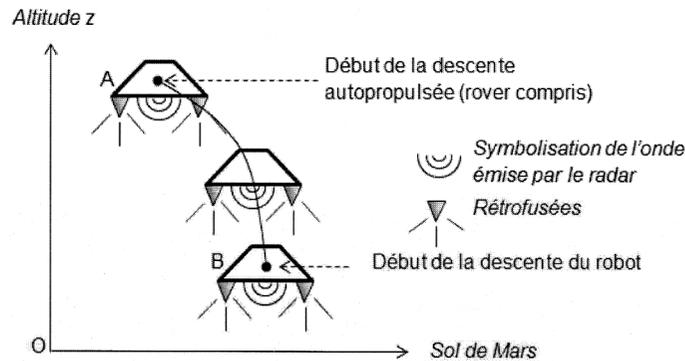
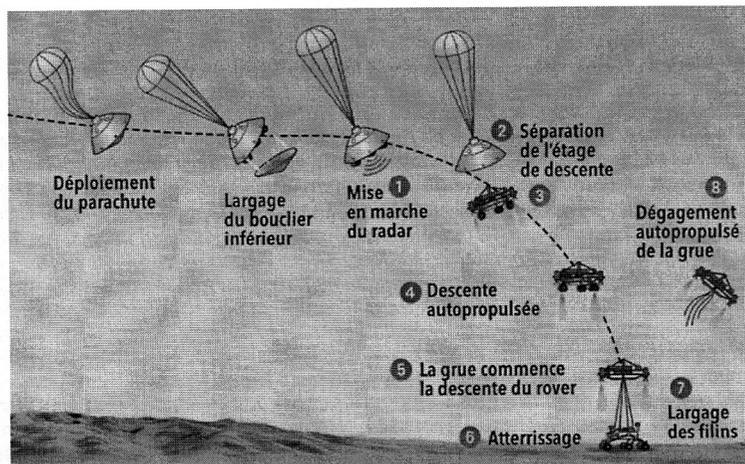


Figure 1

Document 1 : Les principales étapes de l'atterrissage de Curiosity sur Mars.



Après sa descente sous un parachute, la capsule allume son radar pour contrôler sa vitesse et son altitude (1). À 2 kilomètres d'altitude et à une vitesse de 100 mètres par seconde, l'étage de descente, auquel est rattaché le rover, se sépare de la capsule (2) et allume ses 8 moteurs fusées (3) pour ralentir jusqu'à faire du « quasi-surplage » (4). À 20 mètres du sol, l'étage de descente a une vitesse de 75 centimètres par seconde seulement, il commence alors à descendre le robot au bout de trois filins de 7,50 mètres (5). L'engin dépose Curiosity en douceur (6). Les filins sont coupés, ainsi que le « cordon ombilical » qui permettait à l'ordinateur de bord du rover de contrôler la manœuvre (7). L'étage de descente augmente alors la poussée de ses moteurs pour aller s'écraser à 150 mètres du lieu d'atterrissage (8).

D'après La recherche n°471- Janvier 2013

On admet que la masse m de l'étage de descente (rover compris) reste à peu près constante lors de la descente et vaut environ $2,0 \times 10^3$ kg, et que le champ de pesanteur martien \vec{g} est uniforme durant cette phase.

- 1.1. Établir l'expression du travail du poids $W(\vec{P})$ de l'étage de descente, lors de son déplacement du point A au point B définis sur la figure 1 de la page précédente, en fonction de m , g , AB et de l'angle (\vec{P}, \overline{AB}) noté θ .
- 1.2. En s'appuyant sur un schéma, établir l'expression du travail du poids $W(\vec{P})$ en fonction notamment des altitudes z_A et z_B , respectivement du point A et du point B.
- 1.3. Déterminer la valeur du travail du poids entre A et B et commenter son signe.
- 1.4. Évolution de l'énergie mécanique de l'étage de descente.

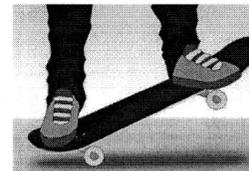
1.4.1. Déterminer la valeur de l'énergie mécanique E_m de l'étage de descente au point A et au point B.

1.4.2. L'énergie mécanique de l'étage de descente évolue-t-elle au cours du mouvement entre les points A et B ? Interpréter qualitativement ce résultat.

Exercice 6 corrigé disponible

La finale de skateboard du FISE WORLD (Festival International des Sports Extrêmes) s'est déroulée le 5 mai 2016 à Montpellier. Parmi les nombreuses figures réalisées par les skateurs, les enchaînements de « ollie » et de « grind » se sont succédés.

Comment faire un « ollie » ?

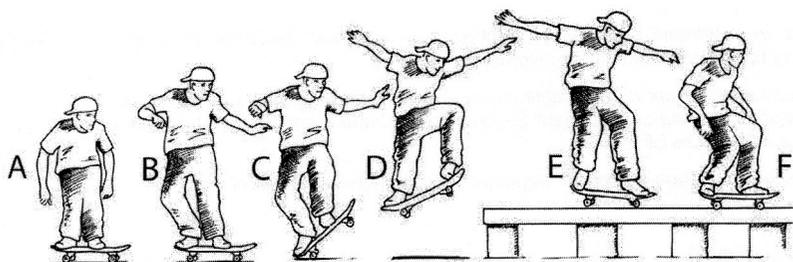


Un « ollie » est la figure de base du skateboard. Il s'agit d'un saut effectué avec la planche (...) Pour réaliser cette figure, il faut donner un bon coup avec votre pied arrière (dessin ci-contre). Il est important de bien faire claquer l'arrière de la planche ; c'est ce qui vous permet de décoller.

D'après <http://fr.wikihow.com/faire-un-ollie>

Enchaînement d'un « ollie » et d'un « grind »

Le skateur avance d'abord en ligne droite à vitesse constante, puis la réalisation d'un « ollie » lui permet d'accéder à un rail et de glisser alors sur les axes de roues et de réaliser ainsi un « grind ». Cet enchaînement peut se décomposer de la manière suivante :



D'après *Journal of Applied Biomechanics, University of Massachusetts*
<http://stilab.com/content/papers/kinetics-of-the-ollie-2.pdf>

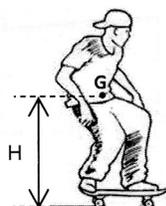
Données :

- hauteur du rail : $h = 45 \text{ cm}$;
- longueur du trajet sur le rail horizontal : $L = EF = 2,0 \text{ m}$;
- masse du système S {skateur + planche} : $m = 75 \text{ kg}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$.

L'étude du mouvement du système S {skateur + planche} est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Dans tout l'exercice, le système S, considéré comme indéformable, est assimilé à un point matériel G situé à une distance $H = 1,0 \text{ m}$ du support où se trouve le skateur, quel que soit ce support (sol, rail...).

Pour toutes les phases du mouvement, on pose que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau du sol.



Les quatre parties de l'exercice sont indépendantes.

Première partie : Parcours AB

- 1.1. Quelle est la nature du mouvement du système S sur le parcours AB ?
- 1.2. Que peut-on dire, sur ce parcours, des forces exercées sur le système S ? Justifier la réponse.

Deuxième partie : Étude énergétique du « ollie »

On s'intéresse à présent au mouvement du système S sur le parcours CE.

Le skateur effectue un « ollie » ; il quitte le sol au point C au moment où sa vitesse est $v_C = 3,6 \text{ m.s}^{-1}$; il atteint le rail au point E avec la vitesse v_E . On néglige les frottements sur le parcours CE.

- 2.1. Donner les expressions de l'énergie mécanique du système S au point C et au point E.
- 2.2. En sachant que l'on néglige toute forme de dissipation d'énergie entre C et F, déterminer l'expression de la vitesse v_E au point E en fonction de g , h et v_C .
- 2.3. En déduire la valeur de la vitesse v_E au point E.

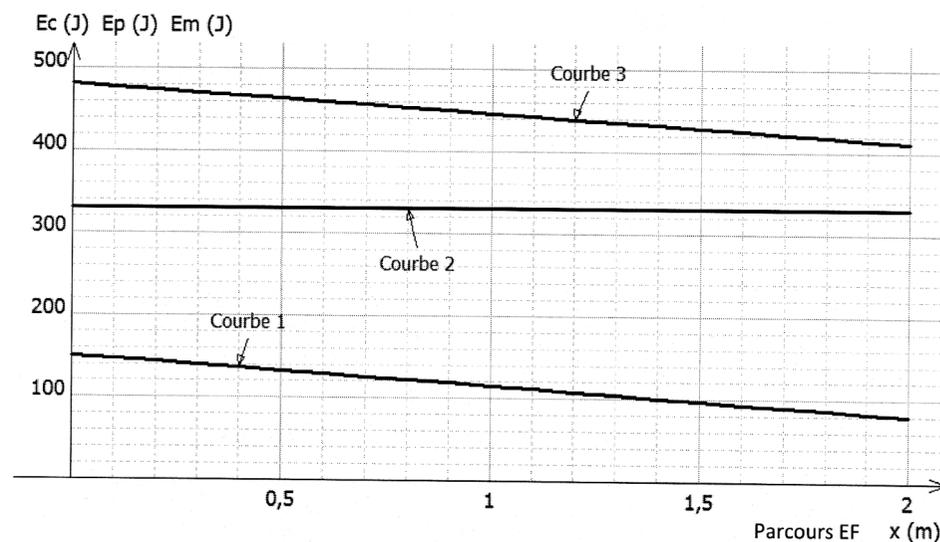
Troisième partie : Étude énergétique du « grind »

On étudie à présent le mouvement du système S qui glisse sans rouler sur le rail horizontal, du point E au point F.

Les forces de frottement ne sont pas négligeables, elles sont assimilables à une force \vec{f} unique, constante et opposée au sens du mouvement.

- 3.1. Le document ci-après rassemble les représentations graphiques de l'évolution des grandeurs énergie potentielle de pesanteur E_p , énergie cinétique E_c , et énergie mécanique E_m du système S sur le parcours EF.

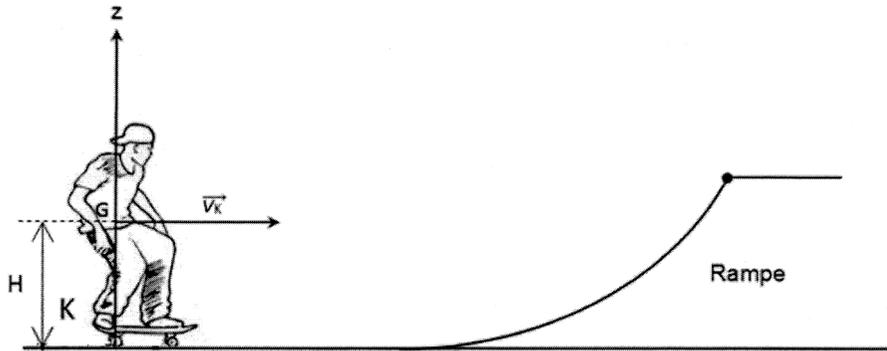
Attribuer à chaque courbe l'énergie qui lui correspond en justifiant.



- 3.2. Donner l'expression littérale du travail de la force \vec{f} le long du parcours EF.
- 3.3. En utilisant la non-conservation de l'énergie en présence de frottements, en déduire la valeur de l'intensité de la force de frottement \vec{f} .

Quatrième partie : Étude énergétique du mouvement sur la rampe

Le skateur quitte le rail, les roues de skate sont de nouveau en contact avec le sol et roulent sans frottement. Le skateur prend de l'élan jusqu'au point K pour aborder la rampe : la vitesse horizontale atteinte a pour valeur $v_K = 4,5 \text{ m.s}^{-1}$.



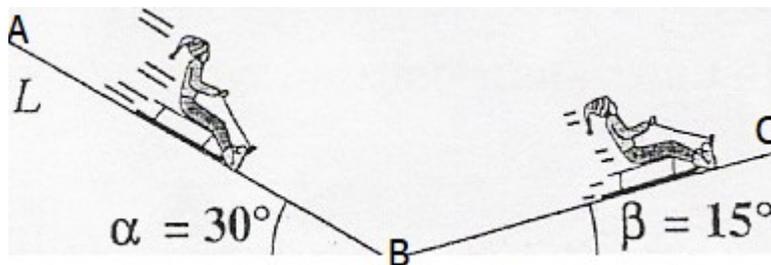
4. Le skateur arrive en haut de la rampe avec une vitesse nulle. Déterminer la hauteur de la rampe.

Exercice 7 corrigé disponible

Aux sports d'hiver, un enfant sur une luge part, sans vitesse, du sommet d'une pente de longueur $L=30\text{m}$ inclinée de $\alpha=30^\circ$ sur l'horizontale.

Au bas de cette pente, il aborde une autre pente inclinée de l'angle $\beta=15^\circ$ sur l'horizontale.

Quelle distance L' parcourt-il le long de cette deuxième pente avant de s'arrêter ? On négligera tous les frottements. On admettra en outre que la cassure de la pente au point le plus bas de la trajectoire ne modifie pas la valeur de la vitesse.



Exercice 8 corrigé disponible

Un autoporteur de masse $m=600\text{g}$ est lancé depuis un point A avec une vitesse initiale $V_A=6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ sur un plan AB horizontal de longueur $AB=3\text{m}$ sur lequel il glisse sans frottement, puis aborde un plan incliné BD, de longueur $BD=4\text{m}$, sur lequel les frottements seront supposés négligeables.

L'autoporteur pourra être considéré comme un solide ponctuel.

On prendra $g=10\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$

- 1) Exprimer, puis calculer l'énergie cinétique de l'autoporteur en A.
- 2) Faire l'inventaire des forces extérieures agissant sur l'autoporteur au cours de la phase AB. Définir ces forces et les représenter sur le dessin
- 3) a) Donner la définition d'un système pseudo-isolé ;
b) L'autoporteur est-il pseudo-isolé au cours de la phase AB, la phase BD ?
c) En déduire la vitesse du centre d'inertie du mobile en B ?
- 4) Soit C_1 un point du plan incliné tel que $BC_1=1\text{m}$
Calculer le travail du poids de l'autoporteur et le travail de l'action R du plan sur l'autoporteur au cours du déplacement BC_1 .
- 5) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au solide entre les instants t_B et t_{C_1} en déduire V_{C_1}
- 6) Soit C_2 le point de rebroussement sur le plan incliné.
En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au solide entre les instants t_B et t_{C_2} , en déduire BC_2 la distance parcourue par le mobile avant de rebrousser chemin en C_2 .



Exercice 9 corrigé disponible

Depuis 2009 la station d'Orcières, située dans les Hautes Alpes, propose une tyrolienne constituée d'un câble tendu entre le sommet du Drouvet (altitude : 2655 m) et le lac Long (altitude : 2500 m). La longueur de ce câble est $\ell = 1870$ mètres.



<https://www.lci.fr/france/sensations-fortes-assurees-sur-la-plus-grande-tyrolienne-deurope-1126602.html>



« Solidement harnaché et suspendu à un baudrier, on parcourt la distance le corps à l'horizontale, tête en avant, en environ 1 minute 30. La vitesse de croisière est d'environ 130 km/h avec des pointes à 140 ! Une impression de vol extraordinaire... »

<http://www.latyrolienne.fr>

Dans cet exercice on se propose d'étudier le mouvement le long du parcours pour en dégager quelques caractéristiques et les comparer avec les valeurs annoncées sur le site internet de la tyrolienne.

Le système étudié, de masse m , constitué par l'homme et son équipement, quitte le sommet D sans vitesse initiale et arrive au point L avec une vitesse nulle.

Données

Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Masse du système (homme et son équipement) : $m = 80 \text{ kg}$

1. Calculer la valeur de la vitesse moyenne durant le vol et la comparer à la valeur de la "vitesse de croisière" annoncée.

2. Sur le **document réponse à rendre avec la copie**, représenter le point M dont l'altitude est minimale. Déterminer graphiquement l'altitude z_M du point M.

3. Le niveau de la mer, d'altitude 0, est choisi comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur. Donner les expressions des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système étudié en fonction de la masse m , de l'altitude z , de la vitesse v du système ainsi que de l'intensité de la pesanteur terrestre g .

4. L'énergie mécanique se conserve-t-elle au cours du mouvement ? Justifier la réponse.

5. Citer les transferts énergétiques qui ont lieu au cours du mouvement entre D et M, puis entre M et L.

On considère que le système est soumis aux interactions et actions modélisées par les forces suivantes :

- l'action \vec{R} du câble de direction toujours perpendiculaire au câble ;
- le poids \vec{P} ;
- les forces de frottement égales à une résultante \vec{f} , de sens opposé à celui du vecteur vitesse \vec{v} .

6. Sur le **document réponse à rendre avec la copie**, schématiser, sans souci d'échelle, ces trois forces exercées sur le système lors de son passage au point N.

7. Sur le **document réponse à rendre avec la copie**, compléter le tableau en indiquant si le travail de chacune de ces 3 forces est positif, négatif ou nul. Justifier les réponses sur la copie.

Afin de déterminer quelques caractéristiques des forces exercées, on étudie la situation à l'aide de deux modèles.

Modèle 1 : un premier modèle consiste à négliger les forces de frottement devant les autres forces.

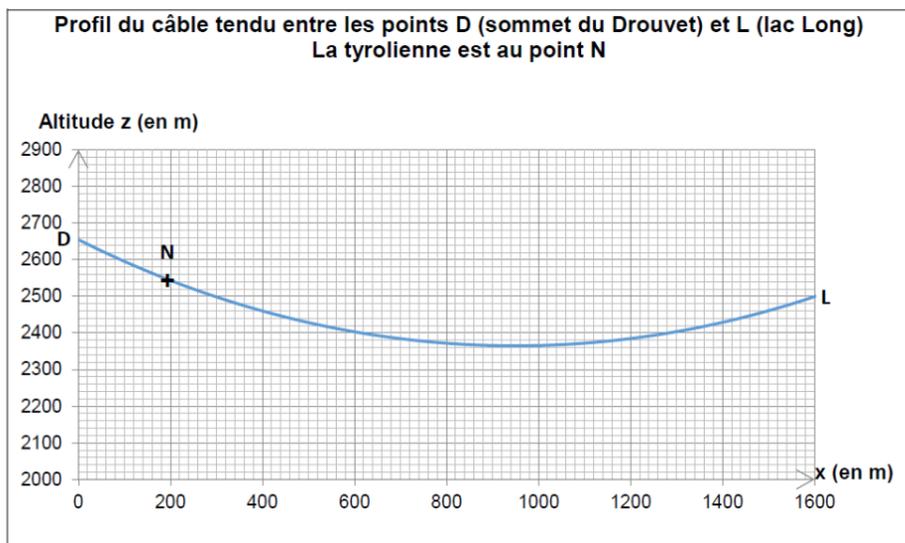
8. En appliquant le principe de conservation de l'énergie mécanique entre les points D et M, déterminer la vitesse atteinte au point M et la comparer avec la vitesse de pointe annoncée dans le texte de présentation. Conclure sur la validité du modèle 1.

Modèle 2 : on suppose, dans ce modèle, que la résultante des forces de frottement garde une intensité f constante au cours du mouvement. Son travail sur la totalité du parcours ne dépend alors que de son intensité et de la longueur ℓ du câble.

9. Par une étude énergétique, estimer la valeur de la résultante des forces de frottement.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie même si elle n'a pas abouti. La démarche suivie est évaluée et nécessite donc d'être correctement présentée.

Exercice I
Réponses aux questions 2 et 6



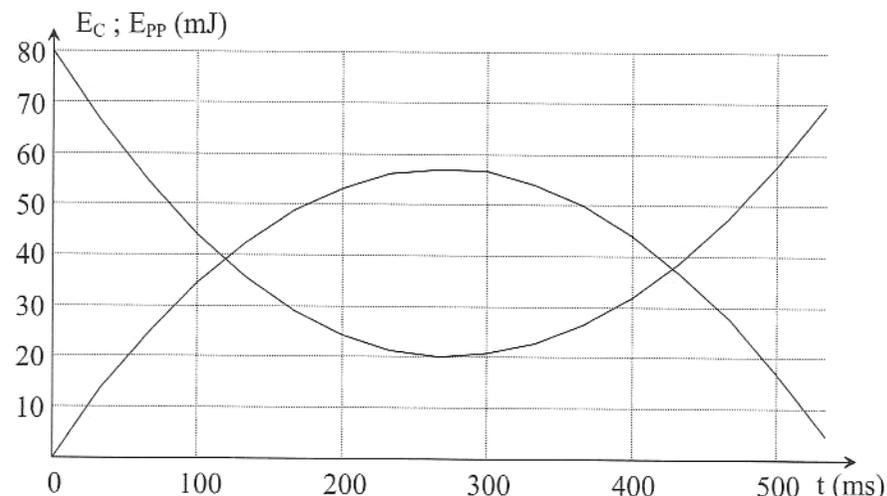
$z_M = \dots\dots\dots$

Exercice I
Réponses à la question 7

	Trajet entre D et M	Trajet entre M et L
Travail du poids \vec{P}		
Travail de l'action du câble \vec{R}		
Travail des forces de frottement \vec{f}		

Exercice 10 corrigé disponible

Une petite bille de masse $m = 10,0 \text{ g}$ est lancée depuis un point fixe O avec une vitesse v_0 . Ce lancer est filmé à l'aide d'une caméra puis le film est traité avec un logiciel de pointage puis un tableur. Le tableur fournit le graphe ci-dessous donnant les énergies cinétique et potentielle de la bille en fonction du temps.



1. Identifier les deux courbes en justifiant les réponses. (1/10)
2. Quelle altitude a été choisie comme référence pour l'énergie potentielle de pesanteur ? (0,5/10)
3. Par lecture graphique, déterminer l'énergie cinétique initiale de la bille et en déduire la vitesse v_0 . (1,5/10)
4. Calculer l'énergie mécanique initiale de la bille. (0,5/10)
5. À quel instant t_M la bille passe-t-elle par le point le plus haut de sa trajectoire ? (1,5/10)
6. Que vaut alors son énergie potentielle de pesanteur ? En déduire son altitude par rapport au point de lancement. (1/10)
7. Déterminer graphiquement l'énergie cinétique de la bille à cet instant puis calculer son énergie mécanique. (0,5/10)
8. Y a-t-il conservation de l'énergie mécanique au cours du mouvement ?
9. Que devient l'énergie perdue par la bille ? (0,5/10)