



## Plan de travail Chapitre 11 : Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

<http://perramondphysique.e-monsite.com/>

Découvrir	<p>Les Ressources :</p> <p><u>Q1</u> : Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques n°1 </p> <p><u>Q2</u> : Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques n°2</p>		<p>Méthodologie :</p> <p>Point maths : Vidéo à regarder avant de commencer le chapitre: <a href="#">Produit scalaire</a> </p>	
S'entraîner	<p>Pour s'échauffer :</p> <p>Ex. 1 </p> <p>Pour appliquer le cours :</p> <p>Ex. 2                      Ex. 7</p> <p>Ex. 3                      Ex. 8</p> <p>Ex. 4                      Ex. 9</p> <p>Ex. 5                      Ex. 10</p> <p>Ex. 6                      Ex. 11</p> <p>Quizlet </p> <p>Liens utiles </p> <p>Voir sur le site </p>	<p>Pour s'entraîner :</p> <p>Ex. 12</p> <p>Ex. 13</p> <p>Ex. 14</p>	<p>Pour aller plus loin : </p> <p>Ex. 15</p>  <p>TP's :</p> <p>TP 18 : Bilan énergétique d'un système en mouvement</p>	
S'auto-évaluer	<p>Avant l'évaluation, suis-je capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel. <span style="float: right;"><input checked="" type="checkbox"/></span></li> <li><input type="radio"/> Utiliser l'expression du travail <math>W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}</math> dans le cas de forces constantes.</li> <li><input type="radio"/> Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique.</li> <li><input type="radio"/> Établir et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre.</li> <li><input type="radio"/> Calculer le travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.</li> <li><input type="radio"/> Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique.</li> <li><input type="radio"/> 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.</li> <li><input type="radio"/> Utiliser la variation de l'énergie mécanique pour déterminer le travail des forces non conservatives.</li> <li><input type="radio"/> <i>Utiliser un dispositif (smartphone, logiciel de traitement d'images, etc.) pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc.</i></li> <li><input type="radio"/> <b>Capacité numérique</b> : Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement.</li> <li><input type="radio"/> <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser le produit scalaire de deux vecteurs.</li> </ul>			

## Les bons réflexes :

Si l'énoncé demande de...

Il est nécessaire de...

Calculer l'énergie potentielle de pesanteur d'un système.

### Réflexe 1

- Tracer un axe vertical ascendant Oz dont l'origine  $z = 0$  m correspond à  $\mathcal{E}_p = 0$  J.
- Repérer la coordonnée  $z$  du système sur l'axe Oz.
- Effectuer le calcul en faisant attention aux unités et au signe de  $z$ .

Ex. 12, p. 269

Exploiter le théorème de l'énergie cinétique appliqué à un système.

### Réflexe 2

- Identifier les forces auxquelles est soumis le système.
- Énoncer le théorème dans le référentiel choisi entre une position initiale A et une position finale B.
- Repérer les données du texte (vitesses  $v_A$  et  $v_B$ , altitudes  $z_A$  et  $z_B$ ...).
- Exploiter le théorème pour déterminer la grandeur recherchée.

Ex. 8, p. 268

Exploiter la variation de l'énergie mécanique d'un système.

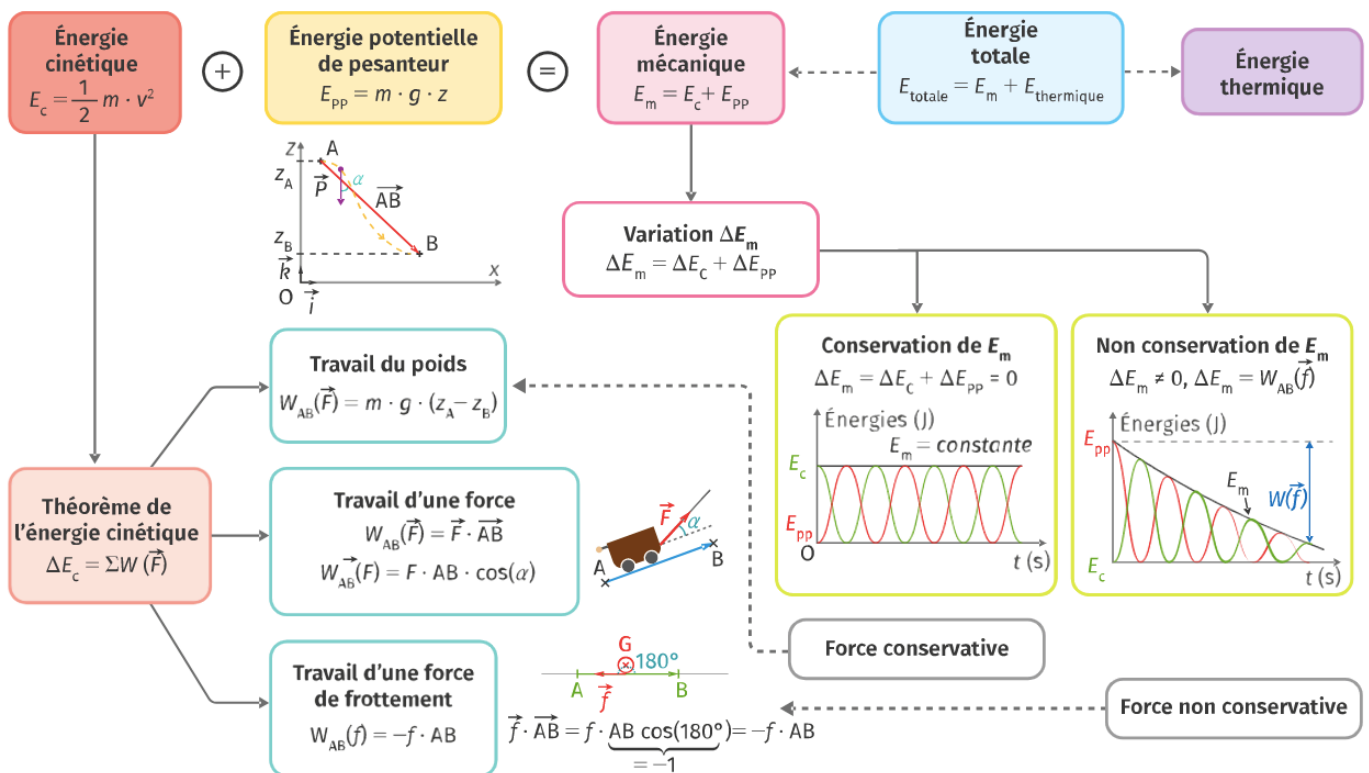
### Réflexe 3

- Faire un bilan des forces appliquées au système et identifier l'existence ou non de forces non conservatives. Vérifier si la somme des travaux des forces non conservatives est nulle ou non, lors du déplacement du système, entre A et B.
- En déduire si l'énergie mécanique du système se conserve ou non.
- Exploiter la variation de l'énergie mécanique pour déterminer la grandeur recherchée.

Ex. 16, p. 269

« D'après Hachette 2019 »

## Carte mentale :



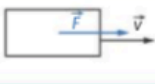


Carte mentale et exercices tirés du « livre scolaire 2019 »

## Pour s'échauffer

### Exercice 1 :

#### 1 Énergie cinétique et travail d'une force

	A	B	C
1. L'énergie cinétique d'une balle de golf de masse $m = 100 \text{ g}$ et d'une vitesse de $36,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ vaut :	5,00 J.	$5,00 \times 10^3 \text{ J}$ .	64,8 J.
2. Une force est dite conservative si :	le travail de cette force est nul.	le travail de cette force est indépendant du chemin suivi par le système.	le travail de cette force est indépendant de l'état final du système.
3. Le travail de la force $\vec{F}$ est moteur dans le cas :			
4. La variation d'énergie cinétique d'un système se déplaçant d'un point A à un point B s'écrit :	$\Delta E_c = \sum W_{AB}(\vec{F}_{nc})$ .	$\Delta E_c = \sum W_{AB}(\vec{F}_{nc}) - W_{AB}(\vec{P})$ .	$\Delta E_c = \sum W_{AB}(\vec{F})$ .

#### 2 Énergie potentielle de pesanteur

1. L'énergie potentielle de pesanteur d'un plongeur de masse $m = 100 \text{ kg}$ situé à 20 m sous le niveau de la mer, en prenant le niveau de la mer pour référence des énergies potentielles, vaut :	$-2,0 \times 10^4 \text{ J}$ .	$2,0 \times 10^4 \text{ J}$ .	$2,0 \times 10^3 \text{ J}$ .
2. L'énergie potentielle de pesanteur est nulle :	au niveau de la mer.	à une hauteur de référence arbitrairement choisie.	obligatoirement au plus bas d'une trajectoire.

#### 3 Énergie mécanique

1. Lorsque l'énergie mécanique d'un système se conserve alors :	$W(\vec{f}_{nc}) = 0 \text{ J}$ .	$\Delta E_m = 0 \text{ J}$ .	le système est soumis à des forces de frottement.
2. La variation d'énergie mécanique d'une balle chutant du dernier étage d'un immeuble haut de 80,0 m vaut $\Delta E_m = -904 \text{ J}$ .	L'énergie mécanique de la balle se conserve.	$\sum W(\vec{f}_{nc}) = -450 \text{ J}$ .	l'intensité des forces de frottement est égale à $f = 11,3 \text{ N}$ .

## Pour commencer

#### Données

- Origine des énergies potentielles : niveau de la mer ;
- Intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### Exercice 2 : Énergie cinétique 1

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

### Exercice 3 : Énergie cinétique 2

Calculer la vitesse d'un train de masse  $m = 19$  tonnes ayant une énergie cinétique de 66 MJ.

### Exercice 4 : Énergie potentielle de pesanteur

Calculer l'énergie potentielle de pesanteur d'un moineau de masse  $m = 20$  g placé sur une ligne haute tension située à 30 m du sol.

### Exercice 5 : Énergie mécanique

Calculer l'énergie mécanique d'un dromadaire de masse  $m = 350$  kg se déplaçant à la vitesse de  $2,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  sur une dune de sable haute de 100 m.



### Exercice 6 : Travail d'une force n°1

Calculer le travail du poids d'un alpiniste de 80 kg lorsqu'il gravit l'Everest haut de 8848 m depuis le camp de base à 5150 m.

### Exercice 7 : Travail d'une force n°1

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 km.

### Exercice 8 : Calculer une variation d'énergie cinétique



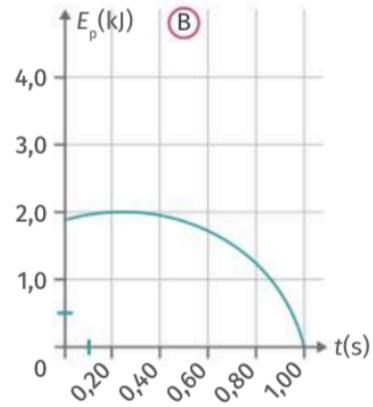
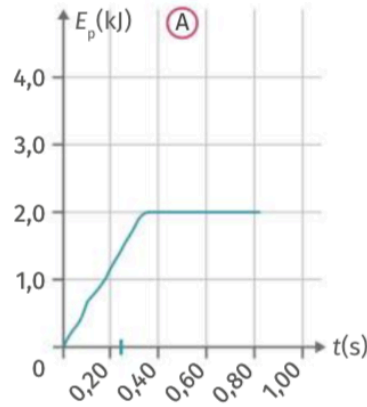
Une balle de baseball d'une masse de 120 g est lancée avec une vitesse de  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Au cours de son mouvement, sa vitesse diminue progressivement jusqu'à  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et son altitude ne varie pas.

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

### Exercice 9 : Exploiter un graphique pour déterminer une inconnue

Une plongeuse de 50 kg, assimilée à un point matériel, saute depuis un tremplin dans une piscine. Des mesures ont été effectuées afin de représenter l'évolution au cours du temps de l'énergie potentielle de pesanteur de la plongeuse par rapport à la surface de l'eau, l'altitude de cette surface sera donc prise comme référence.

- Parmi les deux graphiques proposés, lequel correspond à l'évolution de l'énergie potentielle de pesanteur de la plongeuse au cours du temps ? Justifier.
- Déterminer la hauteur du plongeur.



#### Donnée

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

### Exercice 10 :

## Une notion, trois exercices

## DIFFÉRENCIATION

□ Savoir-faire : Exploiter la conservation ou non-conservation de l'énergie mécanique

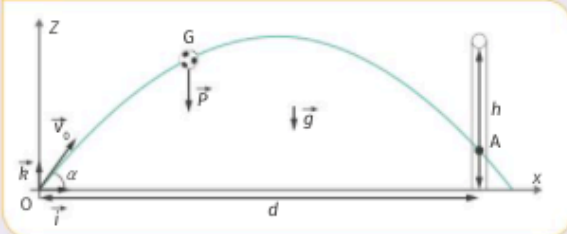
Au point de penalty situé à  $d = 11 \text{ m}$  de la ligne de but, le joueur tape le ballon en direction du centre du but avec une vitesse initiale  $v_0 = 11,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Pour remporter le point, le ballon doit franchir la ligne de but en A ( $d ; z_A$ ). La référence de l'énergie potentielle de pesanteur est prise à l'origine du repère et l'intensité du champ de pesanteur est égale à  $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Le ballon a une masse  $m = 650 \text{ g}$ .

D'après un sujet Bac S, 2015.

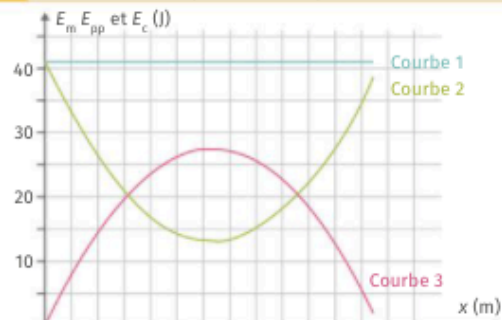
#### Doc. 1 La panenka

Antonin Panenka est un footballeur tchécoslovaque qui a donné son nom à une technique de tir de penalty : la panenka. Le ballon est frappé doucement pour prendre une trajectoire en cloche.

#### Doc. 2 Trajectoire du ballon lors d'une panenka



#### Doc. 3 Évolution des énergies lors du tir panenka



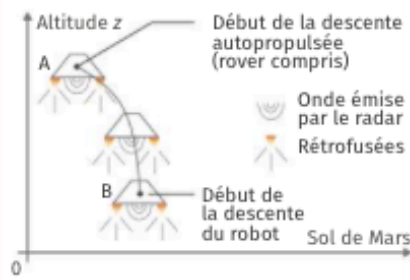
Évolution des énergies mécanique, cinétique et potentielle de pesanteur du ballon lors du tir.

- Doc. 3 Associer à chaque courbe la forme d'énergie correspondante. Justifier.
- L'énergie mécanique se conserve-t-elle ? Justifier.
- Déterminer graphiquement la valeur de  $E_{pp}(A)$ , énergie potentielle de pesanteur du ballon en A.
  - En déduire la valeur de  $z_A$ .
- À partir des réponses aux questions 2. et 3., montrer que  $v_A = \sqrt{v_0^2 - 2g \cdot z_A}$ .
  - En déduire la valeur  $v_A$  de la vitesse du ballon lorsqu'il franchit la ligne de but.



# Un atterrissage réussi !

BAC



## Énoncé

Curiosity, robot mobile de la NASA, a atterri avec succès sur Mars le 6 août 2012.

Le véhicule dispose de 75 kg d'équipements scientifiques. À 2,00 km d'altitude et à une vitesse de  $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , débute la descente autopropulsée

puis à 20 m du sol, avec une vitesse de  $75 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$  seulement, l'étape de descente commence à descendre le robot au bout de trois filins de 7,50 mètres pour déposer Curiosity en douceur.

D'après le sujet Bac S, Centres étrangers, 2014.

- Déterminer le travail du poids entre A et B et commenter.
- Montrer que l'énergie mécanique du rover ne se conserve pas entre A et B. Justifier cette non-conservation.
- Déduire des deux questions précédentes l'intensité de la force de frottement de l'air  $\vec{f}$  supposée constante. On assimile la trajectoire du rover à une droite.

## DONNÉES

- Intensité du champ de pesanteur sur Mars :  $g_{\text{mars}} = 3,7 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$  ;
- Masse de l'étage de descente + rover :  $m = 2,0 \times 10^3 \text{ kg}$  ;
- Intensité du champ de pesanteur sur Tchouri (considérée comme uniforme) :  $g_{\text{tchouri}} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

## ANALYSE DE L'ÉNONCÉ

- Rappeler la formule du travail du poids. Identifier les valeurs de l'altitude  $z_A$  de A et  $z_B$  de B.
- Montrer que  $E_m(A) = E_m(B)$  sur le graphique.
- Faire un bilan des forces s'appliquant sur le rover. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour en déduire

l'expression de  $W_{AB}(\vec{f})$ . Exprimer le travail  $W_{AB}(\vec{f})$  en fonction de  $f$ ,  $z_A$  et  $z_B$ .

## Solution rédigée

- Le travail du poids s'écrit :  $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$ . Le rover débute sa descente à  $z_A = 2,00 \text{ km}$  d'altitude pour atteindre le point B en  $z_B = 20 \text{ m}$ .

$$W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B) = 2,0 \times 10^3 \times 3,7 \times (2,00 \times 10^3 - 20) = 1,5 \times 10^7 \text{ J.}$$

Ainsi  $W_{AB}(\vec{P}) > 0$ . Le travail du poids est donc moteur.

- $E_m(A) = E_c(A) + E_p(A) = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2 + m \cdot g \cdot z_A = 2,5 \times 10^7 \text{ J.}$

$$E_m(B) = \frac{1}{2} m \cdot v_B^2 + m \cdot g \cdot z_B = 1,5 \times 10^5 \text{ J.}$$

Ainsi  $E_m(A) \neq E_m(B)$ . L'énergie mécanique du système ne se conserve pas. Il existe donc des forces dissipatives.

- En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au système, on obtient :  $E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{f})$ , soit :  $W_{AB}(\vec{f}) = E_c(B) - E_c(A) - W_{AB}(\vec{P})$

$$W_{AB}(\vec{f}) = \frac{1}{2} \times 2,00 \times 10^3 (0,75^2 - 100^2) - 1,5 \times 10^7 = -2,5 \times 10^7 \text{ J.}$$

$$\text{Enfin } W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB} \text{ donc } f = \frac{W_{AB}(\vec{f})}{z_B - z_A} = \frac{-2,5 \times 10^7}{-1,98 \times 10^3} = 1,3 \times 10^4 \text{ N.}$$

## POUR BIEN RÉPONDRE

- Les grandeurs  $m$  et  $g$  possèdent 2 chiffres significatifs,  $z_A - z_B$  en possède 3. Le résultat doit donc en comporter 2.
- Calculer et comparer l'énergie mécanique du rover à deux endroits différents de sa trajectoire.
- Appliquer le théorème de l'énergie cinétique  $\Sigma(W_{AB}(\vec{F})) = \Delta E_c$ , puis utiliser la définition du travail d'une force constante s'appliquant sur le rover en admettant que sa trajectoire est rectiligne :  $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \overrightarrow{AB}$ .

## Mise en application : A toi de jouer ...

Le 12 novembre 2014, le robot explorateur spatial Philae, de masse  $m = 100 \text{ kg}$ , s'est posé sur le noyau de la comète Tchouri, à plus de  $500 \times 10^6 \text{ km}$  de la Terre. Après avoir été largué sans vitesse initiale par la sonde spatiale Rosetta en orbite à 20 km de la surface de la comète, Philae a chuté en ligne droite pendant 7 h en direction de la comète avant d'atteindre la surface de Tchouri à la vitesse de  $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- Reprendre les trois questions de l'exercice précédent pour la chute du robot Philae sur Tchouri.

## Pour s'entraîner

### Exercice 12 : Interpréter une variation d'énergie mécanique

Le 14 octobre 2012, Felix Baumgartner a réalisé un saut historique en battant trois records : celui de la plus haute altitude atteinte par un homme en ballon soit 39 045 m d'altitude, le record du plus haut saut en chute libre et le record de vitesse en chute libre soit  $1341,9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . L'étude est réalisée dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

D'après le sujet Bac S, Métropole, 2015.



Felix Baumgartner lors du saut du 14 octobre 2012.

1. Calculer l'énergie mécanique de Felix Baumgartner au moment où il se laisse tomber du ballon sonde initialement à l'arrêt.
2. Baumgartner atteint sa vitesse maximale à 27,5 km du sol terrestre. Calculer son énergie mécanique à cet instant.
3. En déduire la variation d'énergie mécanique de Baumgartner entre les deux moments évoqués précédemment.
4. Expliquer cette perte d'énergie mécanique.

#### Données

- Masse de Felix Baumgartner et de son équipement :  
 $m = 120 \text{ kg}$  ;
- Intensité du champ de pesanteur entre 28 et 39 km d'altitude :  $g = 9,7 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### Exercice 13 : Exploiter le théorème de l'énergie cinétique

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.

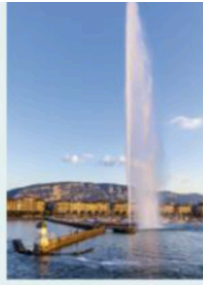


1. Calculer la variation d'énergie cinétique d'une voiture citadine d'une tonne dont la vitesse passe de 90 km/h à 80 km/h lors du freinage.

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 14 : Hauteur d'un jet d'eau

Sur le lac Léman à Genève, le jet d'eau haut de 140 m est l'emblème de la ville. Des vacanciers veulent vérifier si la hauteur du jet annoncée par la fiche touristique de la ville est correcte. Dans cet exercice, toute force de frottement sera négligée.



- Établir l'expression de l'énergie mécanique d'un volume d'eau de masse  $m$  assimilé à un point :
  - lorsqu'elle est à la surface du lac.
  - lorsqu'elle atteint le point culminant de sa trajectoire.
- Montrer alors que l'expression littérale de la hauteur maximale  $h$  atteinte par le jet d'eau peut s'écrire  $h = \frac{v^2}{2g}$  avec  $v$  la vitesse d'éjection de l'eau et  $g = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$  l'intensité du champ de pesanteur terrestre.
- À partir des informations ci-dessous et des résultats précédents, calculer  $h$ .
  - En quoi le résultat obtenu diffère-t-il de la valeur réelle ? Justifier.

### Le jet d'eau en chiffres :

- 140 mètres de hauteur ;
- La vitesse de sortie de l'eau est de  $200 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  ;

•  $0,5 \text{ m}^3$  d'eau est projetée chaque seconde.

### Détails du barème

TOTAL/7 pts

- Citer les conditions d'application du principe de conservation de l'énergie mécanique. 1 pt  
Donner l'expression de l'énergie mécanique d'un objet de masse  $m$  se déplaçant à la vitesse  $v$  d'un point bien défini à un autre. 1 pt (2 x 0,5)
- Appliquer le principe de conservation de l'énergie mécanique. 1 pt  
Exploiter une relation littérale. 1 pt
- Réaliser un calcul numérique. 2 pts (4 x 0,5)  
Commenter le résultat obtenu à la valeur indiquée dans l'énoncé. 1 pt

## Pour aller plus loin

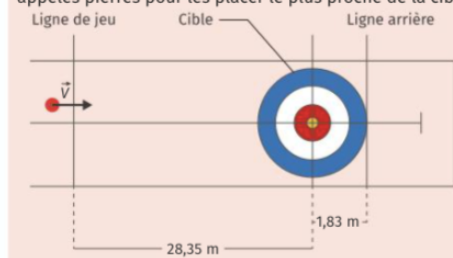
### Exercice 15 : Match de curling

L'équipe de Tom et celle de Jasmine s'affrontent lors d'un match de curling. Le match arrive à son terme et les équipes sont *ex æquo*. C'est la dernière pierre de l'équipe de Jasmine. Pour gagner, il faut sortir la pierre de l'équipe de Tom de la cible. Deux balayeurs sont mobilisés devant la pierre et espèrent lui faire atteindre la cible. Lors de leur dernier lancer, l'équipe de Jasmine parvient à placer la pierre au cœur de la cible en lui impulsant une vitesse de  $2,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  sur la ligne de jeu.

- Définir le système et le référentiel d'étude. Établir le bilan des forces s'appliquant sur le système et les représenter sur un schéma.
- Sans faire de calcul, montrer que seul le travail d'une force est non nul. Identifier cette force.
- Doc. 1** Calculer le travail de cette force s'appliquant sur le système pour le lancer de l'équipe de Jasmine.
- Doc. 1** En déduire l'intensité de cette force.
- Doc. 2** Quelle est l'utilité du balayage devant la pierre ?

#### Doc. 1 Règles du jeu

Le curling est un sport qui se pratique sur une patinoire horizontale, sur laquelle sont dessinées des cibles circulaires appelées cibles. Le but est de lancer les objets circulaires de 20 kg appelés pierres pour les placer le plus proche de la cible.



#### Doc. 2 Le curling

