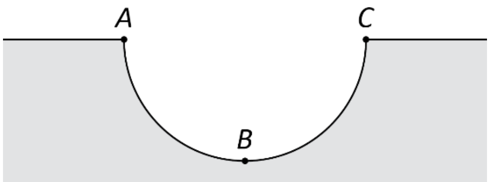
Exercices de la séquence n°11
Énergie mécanique

EXERCICE 1 : au skate-park : travaux moteurs, nuls et résistants

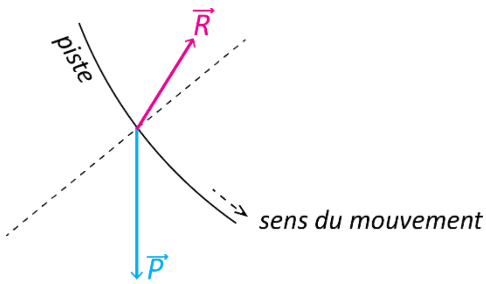
Cet exercice est aussi proposé en version ***interactive*** *et traitable en ligne*

Un skate-park possède le profil suivant :



On étudie dans cet exercice le mouvement d'un skateur qui aborde le point A avec une vitesse notée v_A. On néglige l'action de l'air, il est donc soumis à deux forces :

- son poids $\vec{P}$;
- la réaction $\vec{R}$ de la piste, inclinée de quelques degrés par rapport à la direction perpendiculaire à la piste, vers l'arrière du mouvement :



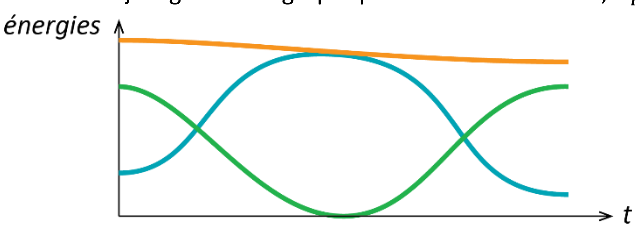
Compléter le tableau suivant avec les mots « moteur », « nul » ou « résistant » :

	travail du poids	travail de la réaction
sur le trajet AB		
sur le trajet BC		
sur le trajet AC		

EXERCICE 2 : reconnaître les énergies stockées

Cet exercice est aussi proposé en version ***interactive*** *et traitable en ligne*

On étudie toujours le skate-park de l'exercice 1. Le skateur franchit le point A avec une vitesse non nulle et parcourt la partie circulaire de la piste. Le graphique suivant donne les évolutions des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système {skate + skateur}. Légender ce graphique afin d'identifier Ec, Epp et Em.



EXERCICE 3 : au skate-park, suite

On étudie toujours le skate-park de l'exercice précédent. Le trajet $A \rightarrow C$ est un demi-cercle de rayon 2,2 m.

1. On cherche à savoir quelle serait la vitesse maximale atteignable au point B. Il faut pour cela que le poids soit la seule force ayant à travail non nul : à quelle condition sur la réaction de la piste cela serait-il le cas ? Reprendre le schéma de l'exercice précédent et représenter les deux forces exercées sur le système {skate + skateur} respectant cette condition.
2. La condition précédente étant réalisée : si le skateur démarre du point A sans vitesse initiale : que vaut sa vitesse au point B ? Exploiter le théorème de l'énergie cinétique pour répondre.
3. Même question mais en exploitant cette fois le théorème de l'énergie mécanique.
4. Toujours dans l'hypothèse énoncée à la question 1, que vaut la vitesse au point C ?
5. Pourquoi, en réalité, est-il impossible de parcourir tout le trajet $A \rightarrow C$ sans vitesse initiale en A ? Justifier la réponse en exploitant les signes des travaux des forces exercées entre A et C.

EXERCICE 4 : associer une situation à une représentation graphique des énergies

*Cet exercice est aussi proposé en version **interactive** et traitable en ligne*

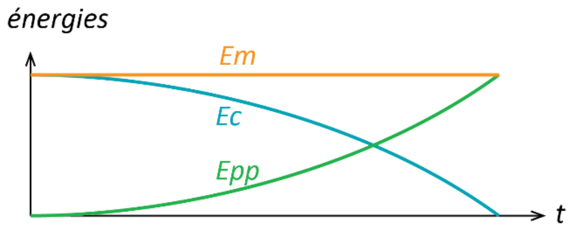
Deux enfants jouent à s'envoyer des ballons. Ahmed est au sol alors que Bertrand est assis sur la branche d'un arbre. Ils possèdent un ballon de volley, dont on admet qu'il est très peu soumis à l'action de l'air et un ballon en mousse sur lequel l'air exerce des forces non négligeables.
Le système étudié est le ballon.
Associer chaque situation à la bonne représentation graphique des énergies stockées par le système.

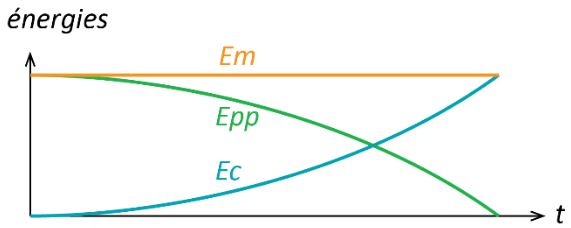
Situation 1 :
Ahmed lance le ballon de Volley à Bertrand. ●

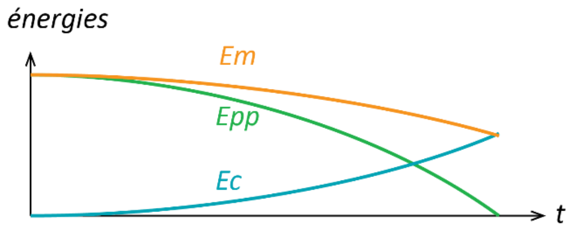
Situation 2 :
Ahmed lance le ballon en mousse à Bertrand. ●

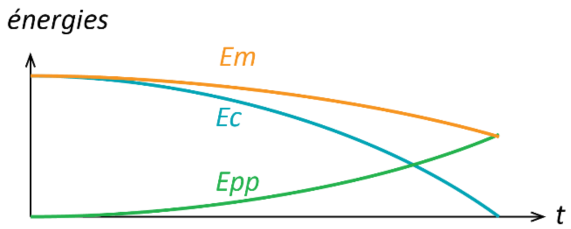
Situation 3 :
Bertrand lâche le ballon de Volley afin qu'Ahmed le réceptionne. ●

Situation 4 :
Bertrand lâche le ballon en mousse afin qu'Ahmed le réceptionne. ●

● 

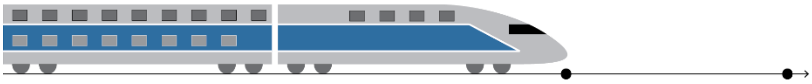
● 

● 

● 

EXERCICE 5 : la distance de freinage du TGV

Le TGV « duplex », lorsqu'il est à sa « vitesse de croisière », roule à 320 km/h par rapport au rail.
Au total, passagers compris, la masse d'une rame de TGV vaut : $m = 430$ tonnes.
Lorsque le conducteur actionne le freinage d'urgence, une force de sens opposé au mouvement du TGV s'exerce sur lui.
On supposera que la résultante des forces **horizontales** exercées sur le système {TGV + passagers} est alors constante et de valeur : $F = 550\ \mathrm{kN}$.
Le mouvement est supposé horizontal et rectiligne.
On note A la position de l'avant de la rame à l'instant où la procédure de freinage est enclenchée et B la position atteinte par ce point à l'arrêt complet de la rame :



Le but de cet exercice est d'utiliser les notions énergétiques introduites dans ce chapitre pour calculer la distance de freinage de ce train.

1. Calculer la valeur de l'énergie cinétique du TGV lorsqu'il roule en « vitesse de croisière ».
2. Que vaut son énergie Ec_B lorsqu'il est à l'arrêt ?
3. Le travail de la force $\vec{F}$ responsable du freinage est-il moteur ou résistant ? Justifier de deux manières :
   – en comparant le sens de $\vec{F}$ à celui du vecteur-déplacement $\overrightarrow{AB}$;
   – en étudiant le signe de la variation de l'énergie cinétique du TGV.
4. Exprimer le travail de la force $\vec{F}$ sur le trajet $\overrightarrow{AB}$ en fonction de la valeur de F et de la valeur de la distance AB.
5. Écrire l'expression du théorème de l'énergie cinétique et en déduire la valeur de la distance de freinage AB.
6. 320 km/h est la vitesse « commerciale » du TGV mais celui-ci peut aller beaucoup plus vite : son record est environ le double de cette valeur !
   Si le TGV enclenche la procédure de freinage d'urgence en roulant à 640 km/h, que vaut sa distance de freinage ?
   NB : il n'est pas utile de reprendre toutes les étapes précédentes pour répondre.

EXERCICE 6 : chutes « libres »

1. Un objet tombe sans vitesse initiale depuis une altitude notée h. Si l'on considère son mouvement comme une chute libre, exploiter le théorème de l'énergie mécanique pour montrer que la vitesse qu'il atteint en fin de chute vaut :

$$v = \sqrt{2gh}$$

Le 14 octobre 2012, Felix Baumgartner a réalisé un saut historique en battant deux records : celui de la plus haute altitude atteinte par un homme en ballon soit 39,0 km et le record de vitesse en chute libre soit 1341,9 km/h : il a atteint cette vitesse à 27,5 km du sol terrestre.

2. Schématiser la situation en représentant le point de départ A, le point B où sa vitesse maximale est atteinte, la distance h et un repère judicieusement choisi.
3. Felix Baumgartner était-il en chute libre au sens de la physique ? Comparer la vitesse qu'il a réellement atteinte à celle calculée théoriquement à l'aide de la relation précédente pour répondre.
4. Exploiter le théorème de l'énergie mécanique pour calculer le travail de la force de frottement exercée sur Felix Baumgartner pendant sa chute.
5. Calculer la valeur moyenne de cette force de frottement.

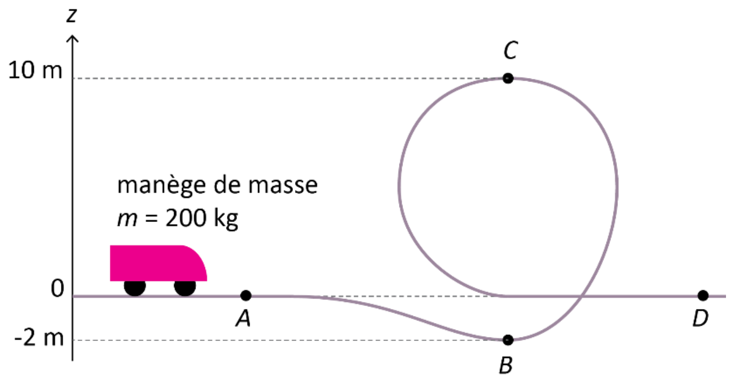
Données :

– Masse totale de Felix Baumgartner et de son équipement : $m = 120\ \mathrm{kg}$;
– Intensité du champ de pesanteur entre 28 et 39 km d'altitude : $g = 9{,}72\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$

EXERCICE 7 : étude énergétique d'un manège terrifiant

Cet exercice est aussi proposé en version ***interactive*** *et traitable en ligne*

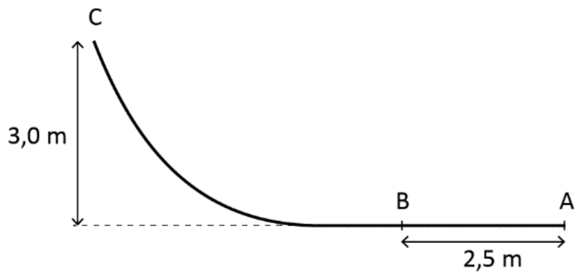
Un "grand huit" est constitué d'un véhicule qui roule sur un rail et effectue un looping. On donne ci-contre le profil du looping étudié et quelques données concernant ce manège (pour alléger le texte on emploiera le mot « manège » pour désigner le système {manège + passager} :



1. Le travail du poids du véhicule est moteur :
   - ☐ sur le trajet AB ;
   - ☐ sur le trajet BC ;
   - ☐ sur le trajet CD ;
   - ☐ sur le trajet AD.
2. Dans l'hypothèse où aucune force de frottement ne s'exerce sur le manège, quelle(s) relation(s) concernant sa vitesse sont correctes ?
   - ☐ $v_A = v_B$
   - ☐ $v_A > v_B$
   - ☐ $v_A > v_C$
   - ☐ $v_A = v_D$
3. On note Em l'énergie mécanique du véhicule. Dans l'hypothèse où aucune force de frottement ne s'exerce sur le manège :
   - ☐ $Em_B > Em_A$
   - ☐ $Em_C < Em_A$
   - ☐ $Em_A = Em_B = Em_C = Em_D$
4. L'altitude du point A est l'origine de l'axe (Oz), donc à cette altitude l'énergie potentielle de pesanteur est nulle. Au point C, le manège stocke :
   - ○ de l'énergie cinétique uniquement ;
   - ○ de l'énergie potentielle de pesanteur uniquement ;
   - ○ de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur.
5. Au point D, le manège stocke :
   - ○ de l'énergie cinétique uniquement ;
   - ○ de l'énergie potentielle de pesanteur uniquement ;
   - ○ de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle de pesanteur.
6. Le concepteur de ce manège souhaite que sa vitesse, lorsqu'il atteint le point C, ait une valeur v_C = 5,0 m/s. Dans l'hypothèse où aucune force de frottement ne s'exerce, que doit valoir sa vitesse au point A ?
   - ○ 9 m/s
   - ○ 12 m/s
   - ○ 15 m/s
   - ○ 18 m/s
   - ○ 21 m/s
7. Le manège atteint le point A avec une vitesse de valeur v_A = 15 m/s. On ne néglige plus la force de frottement : son travail entre A et D, vaut -7,5 kJ. Avec quelle vitesse le manège atteint-il le point D ?
   - ○ 9 m/s
   - ○ 12 m/s
   - ○ 14 m/s
   - ○ 15 m/s
   - ○ 18 m/s

EXERCICE 8 : le jeu de force

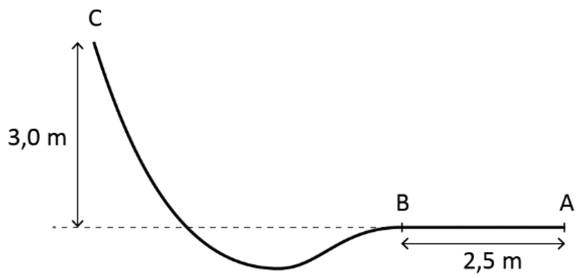
Le jeu de force est un classique des fêtes de villages : un chariot roulant de masse 25 kg environ est lié à un rail dont le profil est le suivant :



Entre les points A et B, le lanceur pousse le charriot, il doit obligatoirement le lâcher en B. Le chariot roule ensuite librement sur le rail. Plus le chariot atteint le point C avec une vitesse élevée, plus le lanceur marque de points. Si le chariot n'atteint pas le point C… le lanceur se ridiculise !
On admet, pour l'étude qui suit, que tout frottement est négligeable.

1. Exploiter le théorème de l'énergie mécanique pour exprimer puis calculer la valeur minimale v_{Bmin} de la vitesse que le charriot doit avoir au point B pour que le lanceur échappe au ridicule. On commencera par reproduire le schéma ci-dessus et le munir d'un repère judicieusement choisi.

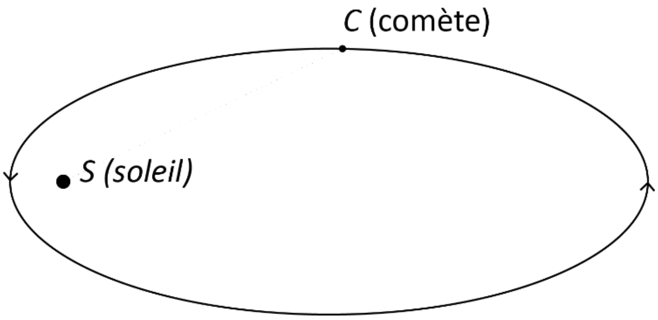
2. Si l'on suppose que le lanceur exerce une force de valeur constante sur le chariot entre les positions A et B, que soit valoir cette force pour que la vitesse calculée à la question précédente soit atteinte ? Utiliser le théorème de l'énergie mécanique pour répondre (ou le théorème de l'énergie cinétique, ils s'expriment ici de la même manière).
3. Si le rail est déformé et possède le profil ci-dessous, que vaut la force à appliquer sur le chariot pour qu'il atteigne le point C ?



4. Rocky, persuadé d'être une force de la nature, veut prouver sa valeur à ses amis. Il exerce plus de 350N sur le chariot… pourtant, déclenchant l'hilarité du public, celui-ci rebrousse chemin lamentablement sans avoir atteint le point C : comment peut-on qualitativement expliquer cet échec ?

EXERCICE 9 : la comète de Halley

La comète de Halley est un astéroïde venu des confins du système solaire et dont l’orbite est une ellipse très excentrique :



Tout comme on associe l’énergie potentielle de pesanteur au poids d’un objet, on peut définir une énergie potentielle gravitationnelle, associée à la force de gravitation. On montre que l’énergie potentielle gravitationnelle de la comète a pour expression :

$$E_{pgrav} = -G\frac{m_C M_S}{SC}$$

m_C étant la masse de la comète et M_S la masse du Soleil.

1. Exploiter le théorème de l’énergie mécanique pour indiquer, sans faire de calcul numérique :
   – la position à laquelle la comète a la vitesse la plus élevée
   – la position à laquelle elle a la vitesse la plus faible.
2. Lors de son dernier passage au périhélie (position la plus proche du Soleil) le 9 février 1986, la comète de Halley a atteint la vitesse maximale de $54{,}508\ \mathrm{km}\cdot\mathrm{s}^{-1}$. Quelle est sa vitesse à l’aphélie (position la plus éloignée du Soleil) ? Exploiter les données ci-après pour répondre.

DONNÉES :

- Comète de Halley :
  – Période : 75 ans
- Distance Comète – Soleil :
  – au périhélie : $8{,}7844 \times 10^{7}\ \mathrm{km}$
  – à l’aphélie : $5{,}2853 \times 10^{9}\ \mathrm{km}$
- Masse du Soleil : $M_S = 1{,}989 \times 10^{30}\ \mathrm{kg}$