PREMIERE SPECIALITE Physique et chimie

CHAPITRE E1
ASPECT ENERGETIQUE DES PHENOMENES MECANIQUES
FICHE EXERCICES

CORRECTION

EXERCICES D'AUTOMATISATION EN AUTONOMIE

EN ROUTE VERS L'AUTONOMIE

Ex 1 – Calculer une énergie cinétique

Une tortue de Horsfield pesant 1,50 kg se déplace à 0,25 km·h^{-1}.
Calculer l'énergie cinétique de la tortue

$E_c = \frac{1}{2} m.v^2$ $\quad V = \frac{0{,}25\times10^3}{3600} = 6{,}9\times10^{-2}\ m.s^{-1}$

$E_c = \frac{1{,}50\times(6{,}9\times10^{-2})^2}{2} = 3{,}6\times10^{-3}\ J$

Ex 2 – Exprimer littéralement une valeur de vitesse

Un système de masse m modélisé par un point M initialement à l'arrêt, est uniquement soumis, lors d'un déplacement d'une position A à une position B, à une force constante dont le travail est exprimé par $W_{AB}(\vec{F})$.
Exprimer, à l'aide du théorème de l'énergie cinétique, la valeur de la vitesse du système lorsqu'il arrive en B en fonction de m et de $W_{AB}(\vec{F})$

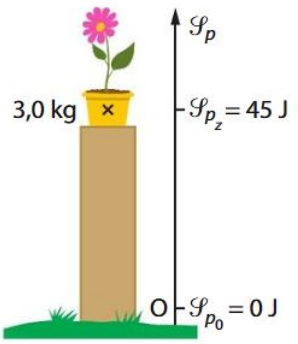
$\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A} = \frac{1}{2} m V_B^2 - \frac{1}{2} m V_A^2 = W_{AB}(\vec{F})$

avec $V_A = 0$ $\quad \frac{1}{2} m V_B^2 = W_{AB}(\vec{F})$

$V_B^2 = \frac{2 \times W_{AB}(\vec{F})}{m}$ $\quad V_B = \sqrt{\frac{2 \times W_{AB}(\vec{F})}{m}}$

Ex 3 – Calculer une altitude

Un pot de fleurs est posé sur un poteau. **Calculer** la hauteur à laquelle se trouve le pot de fleurs
(Donnée : $g = 10\ N.kg^{-1}$)



$E_{p_z} = m.g.z$

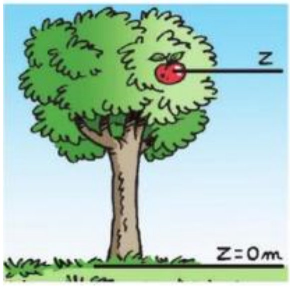
$z = \frac{E_{p_z}}{m.g} = \frac{45}{3{,}0\times10} = 1{,}5\ m$

Ex 4 – Calculer une variation d'énergie potentielle

Un système de masse m = 3,0 kg chute de 10 m. **Calculer** la variation de son énergie potentielle de pesanteur au cours de la chute (Donnée : $g = 10\ N.kg^{-1}$)

$$\Delta \mathcal{E}_{pp} = \mathcal{E}_{pp_B} - \mathcal{E}_{pp_A} = m.g.z_B - m.g.z_A$$
$$= m.g.(z_B - z_A)$$
$$= 3{,}0 \times 10 \times (-10) = -3{,}0 \times 10^2\ J$$

Ex 5 – Exprimer l'énergie mécanique



Un fruit, accroché à un arbre, tombe sur le sol.
On néglige l'action de l'air sur le fruit au cours de la chute.

1. Dans un référentiel terrestre, **exprimer** l'énergie mécanique du fruit :
a. lorsqu'il est encore accroché dans l'arbre ;
b. juste avant qu'il ne touche le sol.

2. **Indiquer** pourquoi on peut considérer que cette énergie est constante lors du mouvement du fruit

1) a) $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{pp} = \underbrace{\frac{1}{2} m v^2}_{=0} + m.g.z = m.g.z$

b) $\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} m v^2 + \underbrace{m.g.z}_{=0} \overset{=0}{=} \frac{1}{2} m v^2$

2) $\mathcal{E}_m = 0$ car le fruit n'est soumis qu'à son poids qui est une force conservative.

Ex 6 – Calculer une valeur de vitesse

Une pierre de masse m, initialement immobile, est lâchée d'une hauteur h. On néglige l'action de l'air sur la pierre au cours de la chute. Dans un référentiel terrestre, **exprimer** littéralement la valeur de la vitesse de la pierre lorsqu'elle atteint le sol

- Dans le référentiel terrestre galiléen, au cours d'une chute libre l'énergie mécanique est constante.

$Em_A = Em_B$ $\quad \underbrace{Ec_A}_{=0} + Epp_A = Ec_B + \underbrace{Epp_B}_{=0}$ $\quad$ car $v_A = 0$ et $z_B = 0$ $\quad \cancel{m}.g.z_A = \frac{1}{2} \cancel{m} v_B^2$

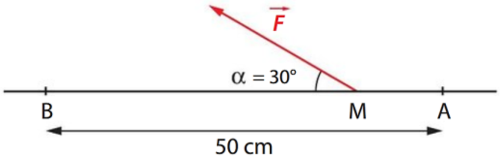
$v_B = \sqrt{2gh}$ $\quad (z_A = h)$

- théorème de l'énergie cinétique le poids étant la seule force

$Ec_B - Ec_A = W_{AB}(\vec{P})$ $\quad \frac{1}{2} \cancel{m} v_B^2 = \cancel{m}.g.h$ $\quad v_B = \sqrt{2g.h}$

Ex 7 – Calculer le travail d'une force

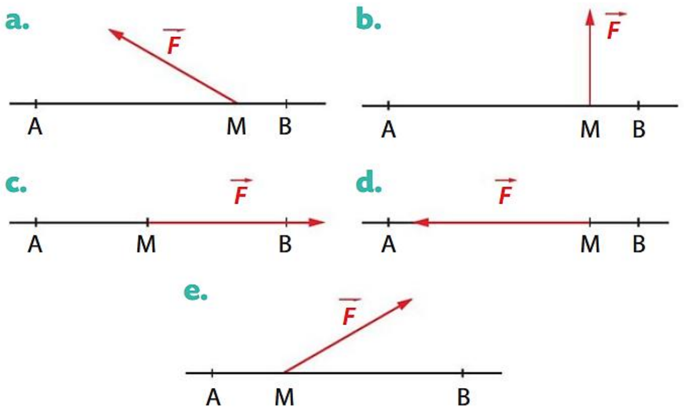
À l'aide du schéma ci-contre, **calculer** le travail de la force constante F dont la valeur est 3,0 N lors d'un déplacement du point d'application M de A à B



$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F} \times \vec{AB}$$
$$= F \times AB \times \cos\alpha$$
$$= 3{,}0 \times 50 \times 10^{-2} \times \cos 30°$$
$$= 1{,}3\ J$$

Ex 8 – Etudier le signe d'un travail

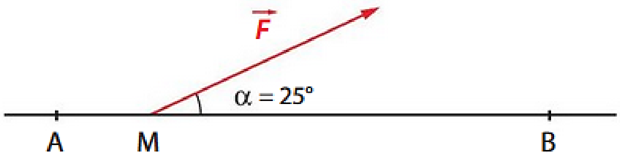
Déterminer, dans chaque situation suivante, le signe du travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force $\vec{F}$ lors du déplacement de A vers B



a) négatif
b) nul
c) positif
d) négatif
e) positif

Ex9 – Calculer une variation d'énergie cinétique

Un point M se déplaçant de A vers B distants de 5,0 m est soumis à une force constante de valeur F = 10N

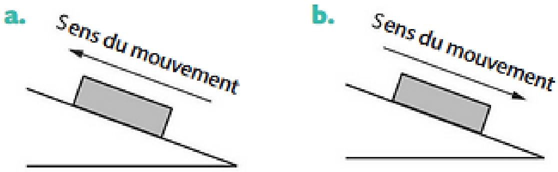


Calculer la variation de son énergie cinétique lors de son déplacement en supposant que les autres forces exercées sur le système ne travaillent pas

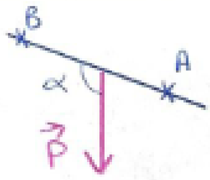
$$\Delta E_c = \Sigma W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F} \times \vec{AB} = F \times AB \times \cos\alpha$$
$$= 10 \times 5{,}0 \times \cos 25°$$
$$= 45\ J$$

Ex 10 – Caractériser le travail d'une force

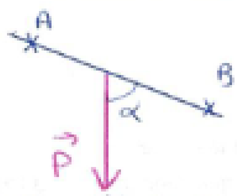
Un solide glisse sur un plan incliné :



1. **<u>Schématiser</u>** les deux situations et **<u>représenter</u>** le poids du solide modélisé par un point.
2. **<u>Préciser</u>**, pour chaque situation, si le travail du poids est positif ou négatif



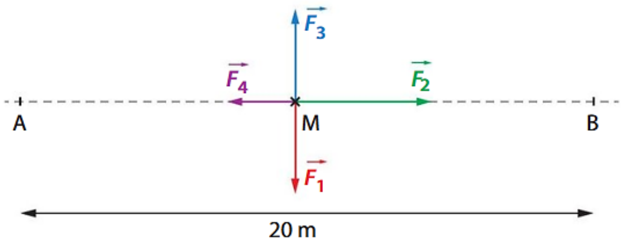
$W_{AB}(\vec{P}) < 0$



$W_{AB}(\vec{P}) > 0$

Ex 11 – Calculer le travail d'une force de frottement

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



1. **<u>Repérer</u>** la force de frottement parmi celles représentées ci-dessus.
2. **<u>Calculer</u>** le travail de la force de frottement lors du déplacement de A à B

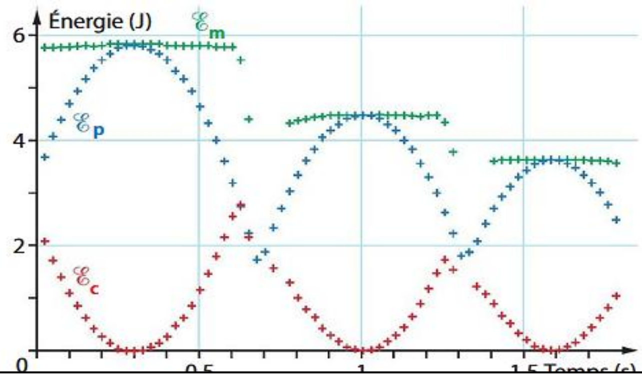
1) $\vec{F_4}$ est la force de frottement, c'est elle qui s'oppose au mouvement

2) $W_{AB}(\vec{F_4}) = \vec{F_4} \cdot \vec{AB} = F_4 \times AB \times \cos 180° = -F_4 \times AB$

or $F_4 = \frac{F_2}{2}$ donc $W_{AB}(\vec{F_4}) = -\frac{300}{2} \times 20 = -3{,}0 \times 10^3$ J

Ex 12 – Etudier l'évolution de l'énergie mécanique

La représentation graphique ci-contre montre l'évolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique d'un ballon qui rebondit. Quelques points aberrants ont été supprimés



1. **<u>Évaluer</u>** la date du premier et du deuxième rebond.
2. **<u>Évaluer</u>** le travail des forces non conservatives au cours du mouvement du ballon entre les dates t_i=0,5s et t_f=1s

1) il y a un rebond quand le ballon touche le sol donc quand Epp minimale

$t_1 = 0{,}67$ s $t_2 = 1{,}3$ s

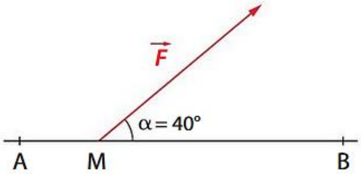
2) $\Delta E_m = \sum W(\vec{f})$

$\Delta E_m = 4{,}5 - 5{,}8 = -1{,}3$ J $\sum W(\vec{f}) = -1{,}3$ J

EXERCICES D'ANALYSE

Ex 13 – Quel travail !

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 $\vec{F}$?

2.a. **Définir** le travail de cette force $\vec{F}$ supposée constante entre la position A et la position B.

b. **Calculer** le travail de la force $\vec{F}$ lors du déplacement $\overrightarrow{AB}$ sachant que sa valeur est $F = 115\ N$

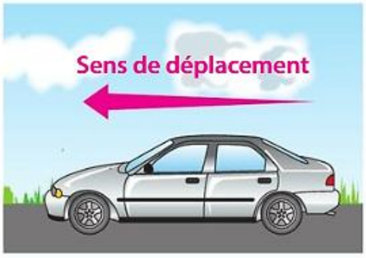
1) $\vec{F}$ représente la force exercée par la perche sur le wakeboarder.

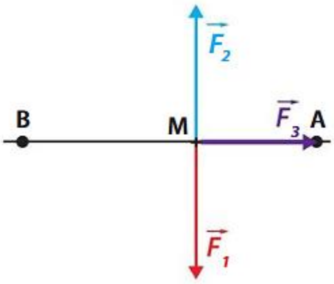
2) a) $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \times AB \times \cos\alpha$

b) $W_{AB}(\vec{F}) = 115 \times 150 \times \cos 40° = 1{,}32 \times 10^4\ J$

Ex 14 – Freinage d'un véhicule

Un véhicule de masse m = 1 000 kg est en mouvement sur une route horizontale et rectiligne à la vitesse de valeur v = 80 km·h^{-1}. Sous l'action exclusive de son système de freinage, le véhicule s'arrête après avoir parcouru une distance AB = 50 m





1. **Identifier** les forces $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$, et $\vec{F_3}$, représentées sur le schéma ci-dessus.
2. **Donner** l'expression du travail de ces forces, considérées constantes lors du freinage entre A et B.
3. Par application du théorème de l'énergie cinétique, **calculer** la valeur de la force responsable du freinage

1) $\vec{F_1}$: poids du véhicule
$\vec{F_2}$: réaction du sol sur le véhicule
$\vec{F_3}$: force de freinage

$v_A = \dfrac{80 \times 1000}{3600} = 22\ m.s^{-1}$

2) $W_{AB}(\vec{F_1}) = 0$ car $\vec{F_1} \perp \overrightarrow{AB}$
$W_{AB}(\vec{F_2}) = 0$ car $\vec{F_2} \perp \overrightarrow{AB}$
$W_{AB}(\vec{F_3}) = \vec{F_3} \cdot \overrightarrow{AB} = F_3 \times AB \times \underbrace{\cos 180°}_{=-1} = -F_3 \times AB$.

3) $\Delta E_c = \underbrace{E_{cB}}_{=0 \text{ car } v_B = 0} - E_{cA} = \sum W_{AB}(\vec{F}) = W_{AB}(\vec{F_3}) = -F_3 \times AB$.

d'où $-\dfrac{1}{2} m v_A^2 = -F_3 \times AB$

$F_3 = \dfrac{m \times v_A^2}{2 \times AB} = \dfrac{1000 \times 22^2}{2 \times 50} = 4{,}8 \times 10^3\ N$

Ex 15 – Tarzan

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.

1. **Schématiser** les forces exercées sur Tarzan.
2. **Exprimer** le travail du poids entre la position de départ et la position d'arrivée.

3.a. **Énoncer** le théorème de l'énergie cinétique.

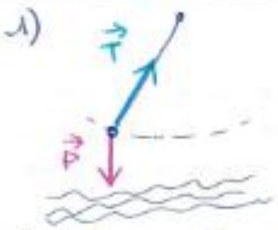
b. L'**appliquer** entre la position de départ et celle d'arrivée, sachant que seul le poids travaille.

c. En **déduire** la valeur de la vitesse de Tarzan lorsqu'il arrive sur l'autre rive.

Données

- *Tarzan est modélisé par un point matériel T, de masse m*
- *L'action de l'air sur Tarzan est négligeable*
- *Altitude du point T sur la rive de départ, mesurée par rapport à la surface de l'eau de la rivière : 15 m*
- *Altitude du point T sur la rive d'arrivée, mesurée par rapport à la surface de l'eau de la rivière : 11 m*
- *g = 9,81 N·kg*$^{-1}$

1)



$\vec{P}$: poids de Tarzan
$\vec{T}$: tension de la liane

2) $W_{DA}(\vec{P}) = m.g.(z_D - z_A)$

3)a) $\Delta Ec = Ec_A - Ec_D = \Sigma_{DA}(\vec{F})$

b) $Ec_A - \underbrace{Ec_D}_{=0 \text{ car } V_D=0} = W_{DA}(\vec{P})$ (en effet $\vec{T}$ est toujours ⊥ au déplacement donc son travail est nul)

c) $\frac{1}{2}\cancel{m}V_A^2 = \cancel{m}\times g\times(z_D - z_A)$ donc $V_A = \sqrt{2g\times(z_D - z_A)} = \sqrt{2\times 9{,}81\times(15-11)}$
$= 8{,}9\ m.s^{-1}$

Ex 16 – Chute libre ?

On a réalisé le pointage vidéo d'une balle de golf en chute, lâchée sans vitesse initiale.
Le traitement des données avec un logiciel adapté a conduit aux mesures suivantes :

Position	Valeur de vitesse ($m\cdot s^{-1}$)	Altitude (cm)
M_4	0,81	17
M_8	1,7	5,3

1.a. Dans l'hypothèse d'une chute libre, à quelle force est soumise la balle lors de sa chute ?

b. **Déterminer** le travail de cette force entre les positions M_4 et M_8.

2. **Calculer** les énergies cinétiques E_{c4} et E_{c8} de la balle aux positions M_4 et M_8.

3. **Comparer** la variation de l'énergie cinétique de la balle, entre les positions M_4 et M_8, au travail de la force qui s'applique sur elle dans l'hypothèse d'une chute libre. **Expliquer** la différence observée

Données :

- *Masse de la balle : m = 46 g*
- *g = 9,81 N·kg*$^{-1}$

1) a) chute libre donc la seule force est le poids

b) $W_{4\to8}(\vec{P}) = mg(z_4 - z_8) = 46\times10^{-3}\times 9{,}81\times(17\times10^{-2} - 5{,}3\times10^{-2}) = 5{,}3\times10^{-2}\ J$

2) $Ec_4 = \frac{1}{2}mV_4^2 = \frac{1}{2}\times 46\times10^{-3}\times 0{,}81^2 = 1{,}5\times10^{-2}\ J$

$Ec_8 = \frac{1}{2}mV_8^2 = \frac{1}{2}\times 46\times10^{-3}\times 1{,}7^2 = 6{,}7\times10^{-2}\ J$

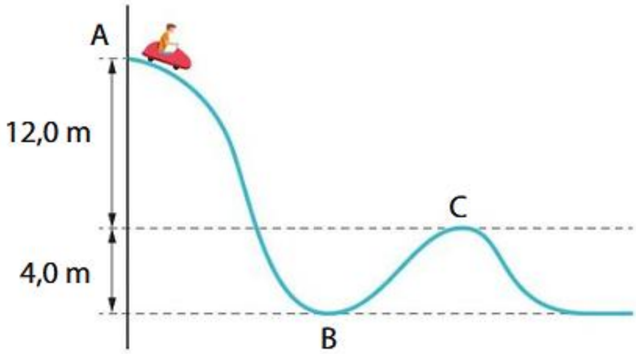
3) $\Delta Ec = Ec_8 - Ec_4 = 5{,}2\times10^{-2}\ J$

En réalité, il y a des frottements de l'air sur la balle et :

$\Delta Ec = W(\vec{P}) + W(\vec{f})$ avec $W(\vec{f}) < 0$ donc ΔEc réel $< W(\vec{P})$

Ex 17 – 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 attraction de montages russes. La commission de sécurité a limité la valeur de la vitesse sur le parcours à 60 km·h⁻¹. On suppose que les frottements et l'action de l'air sont négligeables. Le travail de la force exercée par la piste sur le wagon est nul sur tout le trajet. Le wagon et ses passagers quittent la position A sans vitesse initiale

1. **Justifier** que la valeur maximale de la vitesse du wagon est atteinte dans la position B.
2. **Donner** l'expression littérale de l'énergie mécanique du wagon dans la position A en fonction de son altitude, de la valeur du champ de pesanteur et de sa masse m
3. **Donner** l'expression littérale de l'énergie mécanique du wagon dans la position B en fonction de la valeur de sa vitesse v_B, de son altitude et de sa masse.
4. **Déduire**, des questions précédentes, l'expression littérale de v_B.
5. La limitation imposée par la commission de sécurité est-elle respectée sur l'ensemble du parcours ?

1) La seule force qui travaille est ici le poids qui est une force conservative.
L'énergie mécanique est donc constante.
$E_m = E_c + E_{pp}$ quand E_{pp} est minimale, E_c est maximale
$E_{pp} = m.g.z$ est minimale en B.

2) $Em_A = \underbrace{Ec_A}_{\substack{=0 \\ \text{car } v_A=0}} + Epp_A = m.g.z_A$

3) $Em_B = Ec_B + Epp_B$

$= \frac{1}{2} m v_B^2 + m g z_B$

4) $Em_A = Em_B$
$\cancel{m}.g.z_A = \frac{1}{2}\cancel{m} v_B^2 + \cancel{m}.g.z_B$
$v_B^2 = 2g.(z_A - z_B)$
$v_B = \sqrt{2g(z_A - z_B)}$

5) $v_B = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 16{,}0} = 17{,}7 \text{ m.s}^{-1}$
$= \frac{17{,}7 \times 3600}{10^3} = 63{,}8 \text{ km.h}^{-1} > 60 \text{ km.h}^{-1}$
en réalité, il y a des frottements et v_B doit alors être plus faible

Ex 18– Quel saut !

En 2016, le cascadeur américain Luke AIKINS a sauté de 7 600 mètres de hauteur sans parachute. Un filet de sécurité l'attendait pour le réceptionner à l'issue de ce saut spectaculaire.

1.a. **Établir** l'expression de la variation d'énergie potentielle de pesanteur de Luke AIKINS lors de son saut.
   b. **Calculer** cette variation.
2.a. En **déduire** la variation de son énergie cinétique entre sa position de départ et celle d'arrivée dans l'hypothèse d'une chute libre.
   b. **Calculer** alors la valeur finale de sa vitesse.
3. En réalité, la valeur de la vitesse atteinte par le cascadeur est égale à 55,5 $m \cdot s^{-1}$. **Proposer** une explication

Données :

- *Masse du cascadeur : m = 80,0 kg*
- *Valeur de la vitesse initiale : 0 $m.s^{-1}$*
- *$g = 9{,}81\ N \cdot kg^{-1}$*

1) a) $\Delta E_{pp} = m.g.(z_B - z_A) = 80{,}0 \times 9{,}81 \times (-7600) = -5{,}96 \times 10^6\ J$

b)

2) a) chute libre donc seul le poids s'exerce et l'énergie mécanique est constante

$\Delta E_m = 0 = \Delta E_{pp} + \Delta E_c \Rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_{pp} = 5{,}96 \times 10^6\ J$

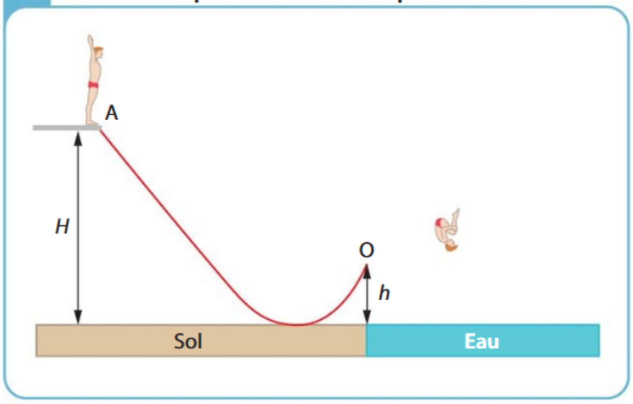
b) $\Delta E_c = E_{c_f} - \underbrace{E_{c_i}}_{=0} = \frac{1}{2} m v_f^2 \Rightarrow v_f = \sqrt{\frac{2 \Delta E_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 5{,}96 \times 10^6}{80{,}0}} = 386\ m.s^{-1}$

3) En réalité, il y a des frottements et l'énergie mécanique diminue

Ex 19 – Water Jump

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

A Profil d'une piste de Water Jump



B Caractéristiques de deux pistes différentes

	Hauteur H	Hauteur h
Piste débutants	$H_1 = 3{,}20$ m	$h_1 = 0{,}90$ m
Piste experts	H_2	$h_2 = 1{,}50$ m

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

Utilisation de la piste pour débutants :

1. **Exprimer** l'énergie mécanique E_{mA} du débutant lorsqu'il s'élance de la position A sans vitesse initiale.
2. Comment évolue son énergie mécanique au cours du mouvement ?
3. **Montrer** que la vitesse atteinte en O a pour valeur $v_O = 6{,}7\ m{\cdot}s^{-1}$.

Utilisation de la piste pour experts :

La personne utilise maintenant la piste experts et part sans vitesse initiale. Un panneau au 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. **Calculer** la hauteur H_2 au départ de la piste experts

1) $Em_A = \underbrace{Ec_A}_{\substack{=0 \\ \text{car } V_A=0}} + Epp_A = m.g.z_A$

2) Em = constante car seul le poids travaille

3) $Em_A = Em_O$

$mg\,z_A = \underbrace{m\,g.z_O}_{Ep_O} + \underbrace{\frac{1}{2} m V_O^2}_{Ec_O}$ avec $z_A = H_1$ et $z_O = h_1$

$\frac{2(\cancel{m}g.H_1 - \cancel{m}.g.h_1)}{\cancel{m}} = V_O^2$

$V_O = \sqrt{2g(H_1 - h_1)}$
$= \sqrt{2\times 9{,}81\times(3{,}20-0{,}90)} = 6{,}7\, m.s^{-1}$

4) $V_O = 2\times 6{,}7 = 13{,}4\, m.s^{-1}$

On reprend l'expression précédente

$\cancel{m}.g.H_2 = \cancel{m}.g.h_2 + \frac{1}{2}\cancel{m}V_O^2 \Rightarrow H_2 = h_2 + \frac{V_O^2}{2g}$
$= 1{,}50 + \frac{13{,}4^2}{2\times 9{,}81} = 10{,}7\ m$

Ex 20 – Les centrales STEP

Les centrales STEP (station de transfert d'énergie par pompage) sont composées de deux bassins situés à des altitudes différentes. Elles permettent de stocker de l'énergie en pompant l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur lorsque la demande électrique est faible. Lorsque la demande électrique augmente, elles restituent de l'électricité sur le réseau en faisant descendre l'eau du bassin supérieur vers le bassin inférieur. Cette opération est appelée turbinage.

A Les bassins d'une centrale STEP

B Données concernant une centrale STEP

- Altitude du bassin inférieur $h_I = 1\,800$ m
- Altitude du bassin supérieur $h_S = 2\,500$ m
- Durée de turbinage $\Delta t = 3$ h
- Rendement de conversion de l'énergie potentielle en énergie électrique : 70 %
- $g = 9{,}81\ N \cdot kg^{-1}$
- Masse volumique de l'eau $\rho = 1{,}0 \times 10^3\ kg \cdot m^{-3}$

1. Dans une centrale STEP, sous quelle forme l'énergie est-elle dans les bassins d'altitude ?
2. La centrale STEP correspondant aux données ci-dessus est en mesure d'exploiter $2{,}0 \times 10^6\ m^3$ d'eau.

En précisant l'altitude de référence choisie, **calculer** l'énergie potentielle de pesanteur de ce système quand il est situé

a. dans le bassin inférieur ;

b. dans le bassin supérieur.

3. La nuit, la centrale STEP pompe l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur.

a. Quelle est la variation d'énergie potentielle de pesanteur du système lors de cette opération ?

b. Pourquoi cette opération s'effectue-t-elle la nuit ?

4. Lors d'un pic de consommation, la centrale STEP « turbine » tout le volume d'eau exploitable du bassin supérieur vers le bassin inférieur.

a. **Calculer** l'énergie électrique produite par la centrale en tenant compte du rendement de conversion de la centrale STEP.

b. En **déduire** la puissance électrique de la centrale.

1) énergie potentielle de pesanteur

2) a) niveau de référence = niveau de la mer

$E_{PP_I} = m . g . h_I = \rho . V . g . h_I = 1{,}0 \times 10^3 \times 2{,}0 \times 10^6 \times 9{,}81 \times 1800$
$= 3{,}5 \times 10^{13}$ J

b) $E_{PP_S} = m . g . h_S = \rho . V . g . h_S = 4{,}9 \times 10^{13}$ J

3) a) $\Delta E_{PP} = E_{PP_S} - E_{PP_I} = 4{,}9 \times 10^{13} - 3{,}5 \times 10^{13} = 1{,}4 \times 10^{13}$ J

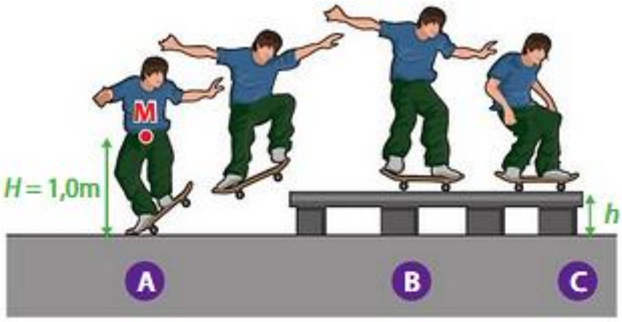
b) l'opération demande une consommation d'électricité, la nuit la population en consomme moins, elle est plus disponible

4) a) $E_{elec} = \Delta E_{PP} \times \frac{70}{100} = 1{,}4 \times 10^{13} \times \frac{70}{100} = 9{,}8 \times 10^{12}$ J

b) $\mathcal{P} = \frac{E_{elec}}{\Delta t} = \frac{9{,}8 \times 10^{12}}{3 \times 3600} = 9{,}1 \times 10^{8}$ W

Ex 21 – Un ollie au skateboard

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.



Le skateur effectue un « ollie » ; il quitte le sol en A. Sa vitesse a pour valeur v_A = 4,20 m·s^{-1} ; il atteint le rail en B avec la vitesse v_B. On néglige les frottements et l'action de l'air sur le parcours AB.

1. **<u>Donner</u>** les expressions de l'énergie mécanique du skateur en A puis en B.
2. Cette énergie mécanique varie-t-elle entre A et B ?

3.a. **<u>Exprimer</u>** la valeur de la vitesse v_B en B en fonction de g, h et v_A.
   b. **<u>Montrer</u>** que v_B = 2,8 m·s^{-1}

Étude énergétique du « grind »

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

4. **<u>Déterminer</u>** la distance BC parcourue par le skateur jusqu'à son arrêt complet sur la barre.

<u>Données :</u>

- *Hauteur du rail h=50 cm*
- *Masse du système m = 80,0 kg*
- *g = 9,81 N·kg^{-1}*

1) $Em_A = Ec_A + Epp_A = \frac{1}{2} m V_A^2 + m.g.H$

$Em_B = Ec_B + Epp_B = \frac{1}{2} m V_B^2 + m.g.(H+h)$

2) Em est constante car on néglige les frottements, seul le poids travaille

3) $Em_A = Em_B$

a) $\frac{1}{2} \cancel{m}.V_A^2 + \cancel{m.g.H} = \frac{1}{2} \cancel{m} V_B^2 + \cancel{m.g.H} + \cancel{m}.g.h$

$V_B = \sqrt{V_A^2 - 2gh}$

b) $V_B = \sqrt{4{,}20^2 - 2 \times 9{,}81 \times 0{,}50} = 2{,}8 \ m.s^{-1}$

4) sur la barre : 2 forces $\vec{P}$ et $\vec{f}$

théorème de l'énergie cinétique :

$\underbrace{Ec_C}_{\substack{=0 \\ \text{car } V_C = 0}} - Ec_B = \underbrace{W_{BC}(\vec{P})}_{\substack{=0 \\ \text{car } \vec{P} \perp BC}} + W_{BC}(\vec{f})$

$-\frac{1}{2}.m.V_B^2 = -f \times BC$

$BC = \frac{m V_B^2}{2f} = \frac{80{,}0 \times 2{,}8^2}{2 \times 30{,}0} = 10{,}5 \ m$

Ex 22 – Bagages en soute

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 α = 15° par rapport à l'horizontale.

Une valise de masse m = 20 kg, est entraînée par ce tapis avec une vitesse de valeur v constante.

1. La valise est soumise à son poids $\vec{P}$, à l'action du tapis modélisée par une force motrice $\vec{F}$ dans le plan du tapis et par une force $\vec{R}$ perpendiculaire au plan du tapis. **Schématiser** ces forces.

2.a. **Montrer** que le travail du poids P lors du déplacement de la position A à la position B est :

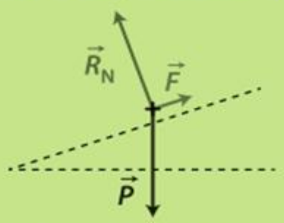
$$W_{AB}(\vec{P}) = -m \times g \times l \times \sin(\alpha)$$

b. **Exprimer** le travail des deux autres forces constantes.

3.a. **Justifier** que l'énergie cinétique reste constante au cours de ce déplacement.

b. **Calculer** la valeur de la force motrice $\vec{F}$ exercée par le tapis sur la valise.

Schématisons les forces s'exerçant sur le bagage



2. a. $W_{A\to B}(\vec{P}) = \vec{P}\cdot\overrightarrow{AB} = m \times g \times (z_A - z_B)$

Or $z_A - z_B = -\ AB \times \sin\alpha$, donc :

$W_{A\to B}(\vec{F}) = -m \times g \times \ell \cdot \sin\alpha$

b. Le travail de la force motrice est :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\overrightarrow{AB} = F \times \ell \times \cos\left(\widehat{\vec{F}\ ;\overrightarrow{AB}}\right) =$$

$$= F \times \ell \times \cos(0^\circ) = F \times \ell$$

Le travail de l'action du support est :

$$W_{A\to B}(\vec{R}) = \vec{R}\cdot\overrightarrow{AB} = R \times AB \times \cos\left(\widehat{\vec{R}\ ;\overrightarrow{AB}}\right)$$

$$= R \times \ell \times \cos(90^\circ) = 0\ \text{J}$$

Ce travail est nul.

3. a. Le mouvement est uniforme entre A et B car la valeur de la vitesse reste constante. Donc l'énergie cinétique reste également constante et la variation d'énergie cinétique est nulle.

b. On utilise le théorème de l'énergie cinétique :

$$\Delta\mathscr{E}_c = W_{A\to B}(\vec{P}) + W_{A\to B}(\vec{F})$$

La variation d'énergie cinétique est nulle. On en déduit :

$$W_{A\to B}(\vec{P}) = -\ W_{A\to B}(\vec{F})$$

donc :

$$m \times g \times \ell \times \sin\alpha = F \times \ell$$

ainsi

$F = m \times g \times \sin\alpha$

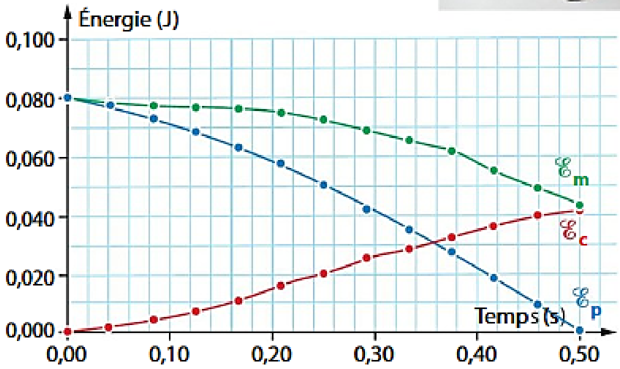
$F = 20\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} \times \sin(15^\circ)$

$F = 5{,}1 \times 10^2\ \text{N}$

EXERCICES D'APPROFONDISSEMENT…. un pas vers la terminale !

Ex 23 – Le badminton

Un volant de badminton est lâché quasiment sans vitesse initiale.
La représentation graphique ci-dessous montre l'évolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du système {volant} assimilé à un point matériel, au cours de sa chute.



1.a. Déterminer la hauteur initiale du système, à l'aide de la photographie.

b. Retrouver par le calcul l'énergie potentielle de pesanteur initiale du système.

2.a. Justifier, à l'aide de la représentation graphique, que le système est soumis à des forces non conservatives qui travaillent.

b. Déterminer graphiquement le travail de ces forces non conservatives entre 0 et 0,50 s.

3.a. Quelle action exercée sur le système est modélisée par les forces non conservatives ?

b. Déterminer la valeur, supposée constante, de l'ensemble de ces forces non conservatives.

Données

- masse du volant : 5,6 g
- valeur du champ de pesanteur $g = 9{,}81\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}}$

1) a) échelle : $\left.\begin{array}{l} 2{,}3\text{ cm} \rightarrow 1{,}00\text{ m} \\ 3{,}4\text{ cm} \rightarrow h \end{array}\right\}$ $h = \dfrac{1{,}00 \times 3{,}4}{2{,}3} = 1{,}5\text{ m}$

b) $\mathscr{E}_{pp} = m \cdot g \cdot h = 5{,}6 \cdot 10^{-3} \times 9{,}81 \times 1{,}5 = 8{,}2 \times 10^{-2}\ \mathrm{J}$
c'est pratiquement ce que l'on peut lire sur le graphique

2) a) Sur le graphique, on constate que l'énergie mécanique $\mathscr{E}_m$ décroît au cours du temps, donc la balle est soumise à des forces non conservatives.

b) à $t = 0$ $\mathscr{E}_{m_0} = 0{,}080\ \mathrm{J}$
à $t = 0{,}5$ s $\mathscr{E}_{m_t} = 0{,}040\ \mathrm{J}$
$\Delta\mathscr{E}_m = \mathscr{E}_{m_t} - \mathscr{E}_{m_0} = 0{,}040 - 0{,}080 = -0{,}040\ \mathrm{J}$
$\Delta\mathscr{E}_m = W(\vec{F}_{\text{non conser}}) = -0{,}040\ \mathrm{J}$

3) a) l'action de l'air qui exerce des forces de frottement

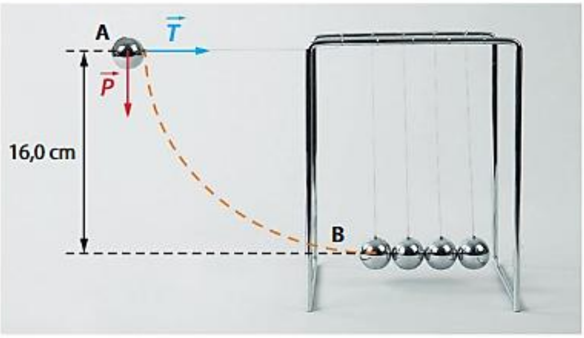
b) $W(\vec{F}) = \vec{F} \times \vec{AB} = -F \times h$

$\vec{F}$ verticale vers le haut
$\vec{AB}$ déplacement vers le bas

$F = -\dfrac{W(\vec{F})}{h} = -\dfrac{-0{,}040}{1{,}5}$
$= 2{,}7 \times 10^{-2}\ \mathrm{N}$

Ex 24 – Le pendule de Newton

La première boule d'un pendule de Newton est positionnée à l'horizontale (photographie) puis lâchée sans vitesse initiale. Les forces exercées sur la boule ont été représentées sur l'image pour mieux visualiser leurs caractéristiques.



On négligera les forces de frottements et l'action de l'air. Dans cette situation, la boule est soumise à son poids $\vec{P}$ et à la tension $\vec{T}$ du fil.

1.a. Énoncer le théorème de l'énergie cinétique.

b. L'appliquer entre la position de départ et celle d'arrivée, pour exprimer la valeur finale de la vitesse de la première boule, en sachant que seul le poids travaille.

c. Calculer la valeur finale de la vitesse de la première boule.

2. On considère que toute l'énergie de la boule est transférée, sans perte, successivement aux autres boules du pendule.
Calculer l'énergie cinétique de la dernière boule lorsqu'elle se met en mouvement.

3. Dans cette hypothèse, jusqu'où la dernière boule monte-t-elle ?

4. En réalité, après quelques allers-retours, les boules s'immobilisent. Proposer une explication.

Données
- masse de chaque boule : 0,100 kg
- valeur du champ de pesanteur $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$

1) a) $\Delta \mathcal{E}_c = \mathcal{E}c_B - \mathcal{E}c_A = \sum W_{AB}(\vec{F})$

b) $\underbrace{\mathcal{E}c_B - \mathcal{E}c_A}_{}$; $\underbrace{\mathcal{E}c_A}_{=0 \text{ car } V_A=0}$; $\mathcal{E}c_B - \mathcal{E}c_A = W_{AB}(\vec{P}) + \underbrace{W_{AB}(\vec{T})}_{=0 \text{ car } \vec{T} \perp \text{ au déplacement}}$

$\frac{1}{2}\cancel{m} V_B^2 = \cancel{m}.g.(z_A - z_B)$

$V_B = \sqrt{2.g.(z_A - z_B)}$

c) $V_B = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 16{,}0 \times 10^{-2}} = 1{,}77 \text{ m.s}^{-1}$

2) Si toute l'énergie cinétique est transférée à la boule 2, puis la boule 3 etc ... la dernière boule a une énergie cinétique de $\mathcal{E}c = \frac{1}{2} m V_B^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}100 \times 1{,}77^2 = 0{,}157 \text{ J}$

3) elle remonte jusqu'à ce que sa vitesse soit nulle.
Dans ce cas toute son énergie cinétique s'est transformée en énergie potentielle de pesanteur. Elle remonte donc à 16,0cm

4) En réalité, il y a des frottements avec l'air et des pertes d'énergie lors des chocs.