Energie mécanique

L'énergie est un concept récent dans l'histoire des sciences, concept qui nécessite de faire la synthèse entre différentes parties de la physique : mécanique, électricité, chaleur, rayonnement. Dans ce chapitre, nous nous focaliserons sur l'énergie mécanique.

L'enseignement de l'énergie en sciences physiques semble en contradiction avec des disciplines comme la géographie, l'économie, les sciences de la vie et de la Terre où la notion d'énergie est abordée en termes de consommation, de dépenses, d'économies, de gaspillage, de dégradation...

En physique, il s'agit plutôt d'une notion abstraite dont l'importance réside dans le fait qu'elle correspond à une grandeur qui se conserve. En effet, l'énergie peut changer de forme, mais elle ne peut être ni créée ni détruite. C'est ce que l'on appelle le principe de conservation de l'énergie.
Précisions que Galilée avait remarqué que « quelque chose » était conservé pendant le cycle d'oscillation d'un pendule : la vitesse du pendule « apparaît » et « disparaît » de manière cyclique, passant par un maximum au centre de l'oscillation et s'annulant momentanément à chaque extrémité. Or, le pendule est plus haut par rapport au sol aux 2 extrémités de l'oscillation qu'au centre : c'est comme si, lors de l'oscillation, la hauteur se transformait en vitesse, qui se transformait de nouveau en hauteur. De nos jours, on analyse cette situation en disant que l'énergie cinétique (liée à la vitesse du corps) se transforme en une énergie potentielle gravitationnelle (liée à la hauteur du corps).
Le mot français « énergie » a été introduit en 1854. Sa définition est la suivante : caractéristique que possède un système s'il est capable de produire du travail. Il est donc nécessaire de définir précisément *le travail*.
En prenant des exemples simples, nous pouvons affirmer qu'une voiture possède une énergie d'autant plus élevée qu'elle roule vite ; cependant, cette énergie est inférieure à celle d'un camion allant à la même vitesse. D'autre part, un ressort, lorsqu'il est comprimé, contient une énergie plus grande que lorsqu'il est détendu. De même, l'énergie d'une pile électrique avant sa mise en service est plus grande que lorsqu'elle est déchargée, situation dans laquelle on dira qu'il n'y a plus d'énergie disponible. Finalement, l'énergie d'une casserole d'eau augmente lorsqu'on la chauffe. L'énergie d'un système physique dépend donc de « l'état » dans lequel il se trouve. Dans les exemples ci-dessus, cet état est caractérisé par la vitesse et la masse du véhicule, la déformation du ressort, la charge de la pile (c'est-à-dire les concentrations chimiques de ses constituants). La propriété la plus marquante de l'énergie est de pouvoir *se transmettre* d'un système à un autre. Une forme de transfert est appelée chaleur, c'est le cas d'un radiateur qui « chauffe » l'air d'une pièce. Elle peut aussi se transformer en changeant de nature. L'énergie emmagasinée dans une pile de lampe de poche se change, lorsqu'on ferme le circuit, en énergie électrique ; celle-ci se convertit à son tour dans l'ampoule en énergie lumineuse et thermique. Le magnétron du four à micro-onde émet une onde à 2,45 GHz absorbée par les aliments (résonance des molécules d'eau des aliments) servant à les chauffer. Fondamentalement, il existe 2 voies pour transférer une énergie d'un système à un autre : le travail (mécanique - mise en rotation d'une éolienne, électrique - circulation d'électrons, chimique,…) et la chaleur (transfert thermique).

$E_{départ}$ \ $E_{arrivée}$	Energie mécanique	Energie électrique	Energie calorifique	Energie chimique	Energie rayonnante
Energie mécanique	levier / chaîne	dynamo / alternateur	pompe à chaleur		Van der Waals
Energie électrique	moteur électrique	transformateur	radiateur électrique	électrolyse	néon
Energie calorifique	machine à vapeur	thermocouple	four / échangeur	raffinerie (cracking)	ampoule
Energie chimique	muscle	pile	brûleur	réactions chimiques	ver luisant
Energie rayonnante	radiomètre	cellule solaire	serre	photographie	laser
Energie nucléaire	bombe A		réacteur nucléaire		soleil

I. Le travail

Définition : **Le travail W** (symbole W, de l'anglais « work ») exercé par une force F sur un objet le long d'un déplacement d parallèle à F, est donné par **:**

$$W = \vec{F} \bullet \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos\theta = F_{//} \cdot d \quad [J]$$ **Travail d'une force F sur une distance d**

où

W est en Joules
F est la force en Newtons
d est le déplacement en mètres
θ est l'angle entre la direction de la force $\vec{F}$ et la direction de $\vec{d}$

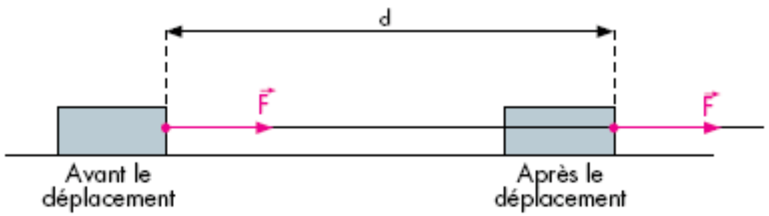
L'unité de travail et d'énergie s'appelle le Joule [J], telle que 1 [J] = 1 [N · m].

Le travail est une quantité scalaire (nombre) qui résulte du produit de deux vecteurs : la force et le déplacement. Il s'agit dans ce cas d'un *produit scalaire*.

Exemple

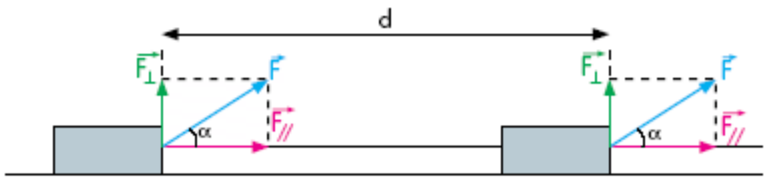
Supposons qu'une personne exerce une force de 2N sur un bloc pour le déplacer d'une distance de 8 m.

1.- la force agit sur l'objet dans la direction du déplacement : $W = F \cdot d = 2\ N \cdot 8\ m = 16\ J$



Nous avons vu plus haut que l'énergie était conservée. Dans cette situation, la personne a dépensé 16 joules qui proviennent des réserves d'énergie chimique de son corps. Si elle veut continuer à « travailler », elle devra tôt ou tard refaire le plein d'énergie en se nourrissant. Par exemple, elle pourrait manger une barre de chocolat qui contient 250 kilocalories d'énergie chimique, ce qui correspond à un million de joules (1 calorie = 4,19 J).

2.- La force agissant sur l'objet n'a pas la même direction. La force utile est la composante parallèle $F_{//}$ à cette direction : W = …………………………..



Cet exemple nous montre que :

1.- si la composante de la force est dans le même sens que le déplacement, alors on a un travail positif. En d'autres termes, une force effectue un travail positif si l'objet est poussé, c.-à-d. que la force contribue à le faire bouger dans le sens du déplacement.

2.- si, au contraire, la force est dans le sens opposé au déplacement, alors on a un travail négatif. Autrement dit, une force effectue un travail négatif si l'objet est retenu, c.-à-d. que la force l'empêche de bouger dans le sens du déplacement.

3.- finalement, si la force est perpendiculaire au déplacement, le travail est nul.

Traitons à présent 2 cas particuliers de force :

I.A Cas particulier n°1 : Travail effectué par une force constante

$\vec{F}$ = constant en norme, sens et direction

Exemple : le champ de gravitation terrestre $\vec{g}$

Développement :

I.B Puissance d'une force

Définition

Un travail peut se faire plus ou moins rapidement.

Une force $\vec{F}$ produit au cours d'un déplacement $\vec{d}$ un travail W. Ce déplacement n'étant pas instantané, il s'effectue pendant une durée Δt. La puissance moyenne de la force **F** est le quotient du travail par le temps mis pour l'effectuer.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \qquad [W]$$

Dans le système international : le travail s'exprime en joule (J), la durée en seconde (s), la puissance s'exprime en watt (W). Comme la vitesse correspond au taux de variation de la position par rapport au temps, on peut dire que la puissance est à l'énergie ce que la vitesse est à la position. Lorsque la position change, il y a une vitesse ; lorsque l'énergie change, il y a une puissance.

***Exemples** :*

homme au repos :	75	[W]
cheval :	400	[W]
1 ch (ou cv : cheval-vapeur) :	735	[W]
moteur d'automobile :	20 à 100	[kW]
locomotive :	4	[MW]
barrage de la Grande Dixence :	2000	[MW]
Nant de Drance (pompage-turbinage)	900	[MW]
centrale nucléaire :	900 à 1200	[MW]

Nous pouvons également établir une autre expression pour la puissance :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \cdot d}{\Delta t} = F \cdot \frac{d}{\Delta t} = F \cdot v$$

Une unité de travail (ou d'énergie) particulière : le kilowattheure

On exprime parfois le travail par le produit de la puissance moyenne en kilowatt par la durée en heure, ce qui correspond à une unité beaucoup plus grande que le joule.

Montre que 1 kWh = 3,6 MJ :

Exercice :

Calcule l'énergie transformée par une ampoule électrique de 60 [W] pendant un temps de 10 heures. Calcule également le prix à payer sachant que 1 kWh coûte environ 15 centimes pour les ménages valaisans.

Application au funiculaire Sierre-Montana :

Données

Temps de course :	12 [min]
Longueur du parcours :	4191 [m]
Dénivellation :	927 [m] (1466 – 539)
Pente moyenne :	23%
Masse d'une voiture :	16'400 [kg]
Charge utile d'une voiture : (120 personnes)	9600 [kg]
Vitesse maximale :	8 [m/s]

** Calcul de la puissance du moteur :*

** Valeur réelle de la puissance du moteur :*

** Conclusion :*

Remarque :
Le travail du poids $m\vec{g}$ sur un chemin et le travail de cette force sur le même chemin parcouru en sens inverse sont opposés
Ex : travail de la force de pesanteur $m\vec{g}$
→ Montée : $W(m\vec{g}) = -mgh$
→ Descente : $W(m\vec{g}) = +mgh$

Conclusion :
Ainsi, sur un parcours fermé, le travail effectué par une force conservative est nul. Autrement dit, une force conservative qui donne une certaine quantité d'énergie (travail positif) à une particule sur une portion d'un parcours fermé lui enlève nécessairement cette quantité d'énergie (travail négatif) sur une autre portion, de manière à ce que le travail total soit nul lorsque la particule revient à son point de départ.

1.C Cas particulier n°2 : Travail effectué par une force de norme constante

$\|\vec{F}\|$ = constant
Exemples :
la force de traction d'un câble, la force de propulsion d'une voiture, la force de frottement,…

Développement :

Propriétés

1.- Le travail de la résultante des forces est égal à la somme des travaux de chacune de ces forces :

$$W(\sum \vec{F}_i) = \sum W(\vec{F}_i) \quad \text{avec i = 1,…,n.}$$

Cette propriété nous permet d'affirmer que lorsqu'un corps ne subit pas d'accélération (vitesse constante), la somme des travaux des forces agissant sur lui vaut 0.

Développement :

Dans le membre de gauche de l'expression apparaît le travail de la résultante des forces qui agit sur l'objet. Dans la situation où plusieurs forces effectuent un travail, on pourrait commencer par additionner toutes les forces afin de trouver la force résultante, puis calculer le travail que cette dernière effectue. Toutefois, comme les forces sont des vecteurs et que les travaux sont des scalaires, il est plus simple de commencer par calculer séparément les travaux effectués par chacune des forces, puis de les additionner afin d'obtenir le travail total (membre de droite de l'équation).

2.- Le travail représente également l'aire sous la courbe de la force exercée en fonction de la position, soit la courbe F(x).

Illustration :

II. L'énergie cinétique

Examinons à présent la grandeur physique qui varie lorsqu'un travail total non nul est effectué sur une particule. Nous allons pour l'instant nous limiter au cas d'une force constante et d'un mouvement de translation rectiligne (1 dim).

Développement :

Définition :
L'énergie cinétique, notée $E_{cin}\,(P)$ d'un objet de masse m, animé d'une vitesse v se trouvant en un point P est définie par la quantité suivante :

$$\mathbf{E_{cin}\,(P)} = \frac{1}{2}mv^2 \ [\mathbf{J}] \qquad \textit{Energie cinétique}$$

II.A Le théorème de la variation d'énergie cinétique

Le travail de la résultante des forces qui s'exercent sur une particule de masse *m* sur une portion de sa trajectoire, est égal à la variation de son énergie cinétique.

$$W(\sum \vec{F}) = E_{cin}(2) - E_{cin}(1)$$

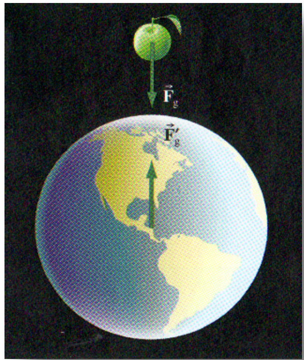
Développement :

Exemple : La distance de freinage d'une voiture
Vous roulez à 25 m/s (90 km/h) sur une route horizontale et vous freinez brusquement en bloquant les roues. Il y a un coefficient de frottement cinétique $\mu = 0{,}8$ entre les pneus et la route. On désire déterminer la distance de freinage, puis reprendre la situation pour une vitesse initiale double de 50 m/s.

Remarques :
1.- Dans le théorème de la variation d'énergie cinétique, on ne parle uniquement que de la résultante des forces et non pas d'une force particulière. Ce théorème est bâti sur la loi fondamentale de la dynamique ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) qui dit que la résultante des forces appliquées sur un corps est égale au produit de sa masse par son accélération. Le théorème n'introduit aucune nouvelle loi. Il n'est qu'une autre formulation de la loi fondamentale. Il représente l'effet de la résultante des forces sur un bout de chemin.

2.- Comparons les 2 notions introduites : le travail et l'énergie cinétique.
La signification du travail de la résultante des forces est comprise dans notre fameux théorème : il est responsable de la variation de l'énergie cinétique du corps. Prenez une boule qui descend le long d'un plan incliné : le travail du poids est positif car il tend à accroître la célérité de la boule. S'il y a frottement, le travail de cette force sera négatif car il tend à freiner la boule. Si la boule est lancée par contre vers le haut, le travail du poids sera négatif. Il y a des forces qui ne travaillent pas : ainsi la force de soutien (ou force normale) exercée par le sol sur la boule ou la force de gravitation dans le cas particulier du mouvement circulaire orbital d'une planète.

III. L'énergie potentielle



Pour soulever une pomme du sol jusqu'à une certaine hauteur, il faut soit la ramasser avec la main, soit la projeter avec une énergie cinétique initiale suffisante. Lorsqu'elle atteint sa nouvelle hauteur, que devient l'énergie cinétique perdue ou le travail effectué par la main ? Lorsque la pomme est lancée en l'air, elle revient à son point de départ avec une vitesse de norme égale à la valeur initiale mais de sens opposé (*c.f cours cinématique*). L'énergie cinétique initiale ou le travail effectué par la main est en quelque sorte emmagasinée puis restituée sous forme d'énergie cinétique. La pomme doit donc avoir, lorsqu'elle se trouve à sa nouvelle hauteur, quelque chose qu'elle n'a pas lorsqu'elle est au sol : sa position lui confère une énergie potentielle. L'énergie potentielle représente donc l'énergie attribuable aux positions relatives de 2 ou de plusieurs corps en interaction.
Dans la figure ci-dessus, les 2 corps en interaction sont la pomme et la Terre. Le travail effectué par un agent extérieur (l'expérimentateur par exemple), pour soulever la pomme est emmagasiné sous forme d'énergie potentielle gravitationnelle. L'énergie potentielle appartient au système « pomme + Terre ». Néanmoins, nous avons tendance à parler de l'énergie potentielle de la pomme comme si elle lui appartenait en propre. Un ressort est également un système qui peut emmagasiner de l'énergie potentielle. Le travail extérieur servant à allonger ou à comprimer le ressort est emmagasiné sous forme d'énergie potentielle élastique, qui est en réalité une énergie potentielle électrique partagée par les atomes.

Définition
Dans un champ de force conservatif, l'énergie potentielle d'un corps situé en un point P, notée $E_{pot}(P)$, est le travail effectué par le champ pour amener ce corps du point P à un point de référence O, choisi arbitrairement.

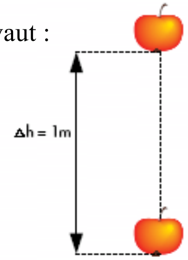
$$E_{pot}(P) = W_{PO}(\vec{F}) \qquad \text{Energie potentielle}$$

Remarques :

1.-L'énergie potentielle est définie comme une fonction du point P. C'est une fonction de l'espace et on pourrait aussi bien l'appeler énergie positionnelle. Il est primordial que le travail de la force de P à O soit univoquement déterminé, autrement dit *indépendant des chemins* : on ne peut définir d'énergie potentielle que dans un *champ* dit *conservatif*, par exemple $\vec{g}$, *le champ d'attraction terrestre.* De même, une force sera dite conservative lorsque le travail effectué ne dépend pas du chemin suivi.

2.- Lorsqu'un corps se déplace près de la surface de la Terre, nous fixons le zéro de l'énergie potentielle à un niveau horizontal quelconque, comme le sol par exemple. Dans le cas d'un ressort, il est courant de placer le zéro de l'énergie potentielle au point où le ressort n'est ni allongé ni comprimé.

Exemple :
a.- L'énergie potentielle d'une pomme de masse m à une hauteur h du sol vaut :



……..

b.- L'énergie potentielle d'un ressort de constante k (énergie emmagasinée dans la structure élastique déformée du ressort) et subissant un allongement ou une compression d'une distance x vaut :

………

3.- L'énergie potentielle gravitationnelle d'un corps de masse m à une distance r du centre de la Terre de masse M a l'expression suivante :

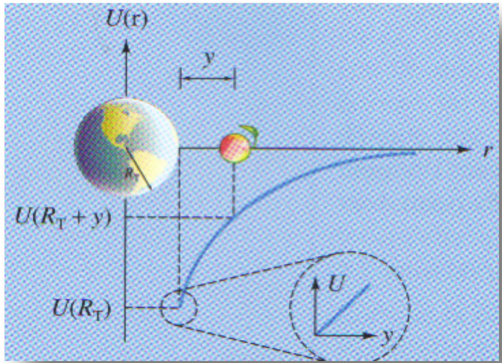
$$E_{pot}(r) = -\frac{GMm}{r}$$

où le point de référence O est choisi par convention à l'infini.

Développement :

On remarque que :

$r \to \infty$: $E_{pot} \to 0$: l'énergie potentielle gravitationnelle vaut 0 à l'infini. Autrement, elle est toujours négative, ce qui signifie qu'un système de particules est toujours lié par la gravité : il faut donner de l'énergie au système pour éloigner les particules d'une très grande distance et revenir à la situation pour laquelle $E_{pot} = 0$. Notons que cette énergie est une fonction croissante de r : un corps placé très loin de la Terre a une énergie potentielle supérieure à un corps placé tout près de l'astre. Ceci reste bien entendu valable pour le champ de pesanteur, cas particulier du champ de gravitation, dont l'énergie potentielle est une fonction croissante de h.



III.A Le théorème de la variation d'énergie potentielle

Si un corps n'est soumis qu'à des forces conservatives F_c, alors le travail de la somme des forces est égal à sa variation d'énergie potentielle :

$$W(\sum \vec{F}_c) = E_{pot}(1) - E_{pot}(2)$$

Développement :

IV. L'énergie mécanique

Lors d'un mouvement quelconque d'un corps, nous pouvons constater que l'énergie potentielle de même que l'énergie cinétique varie. Considérons la somme de ces 2 énergies.

Définition :

L'énergie mécanique, d'un objet en un point P, notée $E_{mec}(P)$, est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

$E_{mec}(P) = E_{cin}(P) + E_{pot}(P)$ Energie mécanique

IV.A Théorème de la conservation de l'énergie mécanique

Si un corps ne subit que des forces conservatives (force de pesanteur,…), son énergie mécanique est conservée

$$E_{mec}(2) = E_{mec}(1)$$

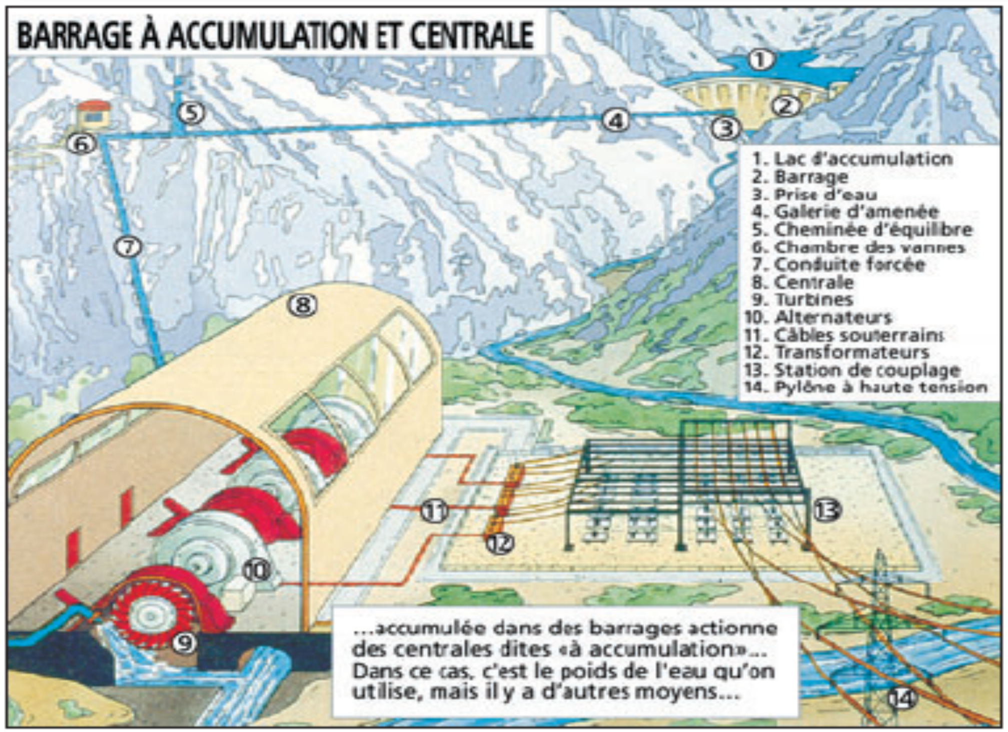
Développement :

Exemple :
Une pomme chute d'une distance de 1 [m]. Quelle est sa vitesse finale ?

IV.B Théorème de la variation de l'énergie mécanique

Le travail des forces non conservatives (force de frottement, de propulsion, de traction,…) agissant sur un corps est égal à la variation de son énergie mécanique.

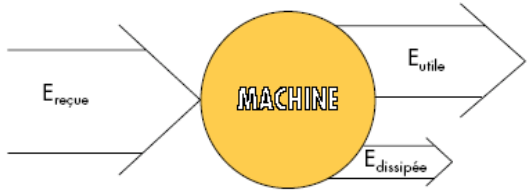
$$W(\sum \vec{F}_{nc}) = E_{mec}(2) - E_{mec}(1)$$



V. Le rendement

Une partie de l'énergie consommée (*énergie reçue*) par un système ou une machine lui permettra de fournir une énergie (*énergie utile*) alors qu'une autre partie sera perdue sous forme de chaleur (*énergie dissipée*).
Le rendement, noté η, est défini par :

$$\eta = \frac{E_{utile}}{E_{consommée}} = \frac{P_{utile} \cdot \Delta t}{P_{consommée} \cdot \Delta t} = \frac{P_{utile}}{P_{consommée}}$$



Remarques :
1.- Comme la puissance P = E/Δt, on peut également définir un rendement comme un rapport de 2 puissances.
2.- Le rendement est toujours inférieur à 100%.

Exemples :

Machine, turbine à vapeur	10 à 30%
Centrale thermique ou nucléaire	35-40%
Centrale hydroélectrique	85%
Moteur d'automobile, réacteur d'avion	20 à 30%
Moteur électrique	75 à 95%
Pile électrique	90%
Installation de chauffage	60 à 80%
Panneau solaire photovoltaïque	18% (jusqu'à 36% pour les cellules à triple jonction EPFL)
Panneau solaire thermique	~ 80%
Lampe à incandescence	5%
Lampe à fluorescence	20%
Muscles	20 à 25%
Bicyclette	90%
Radiateur électrique	100%

Application : énergie

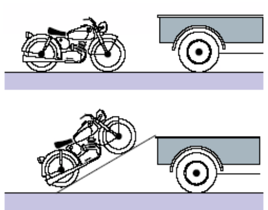
Problèmes

1.- Par son métabolisme, le corps humain utilise approximativement les énergies suivantes pendant 1 heure :

sommeil:	300 kJ ;	rester assis :	400 kJ
travail ménager :	800 kJ	monter un escalier :	3700 kJ
marcher (5 km/h):	900 kJ	creuser un fossé :	1700 kJ
faire du vélo :	1300 kJ	jouer au tennis :	1700 kJ
nager :	1600 kJ	piste vita :	2500 kJ
skier :	2000 kJ	courir rapidement :	2500 kJ

Calcule les puissances correspondant à ces activités.

2.- On veut charger une moto de 150 kg sur le pont d'un camion. Sachant que le pont est à 130 cm au-dessus du sol, quel est le travail minimal nécessaire à cette opération :

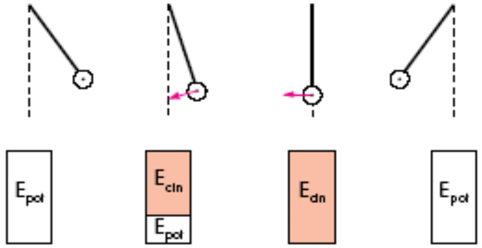


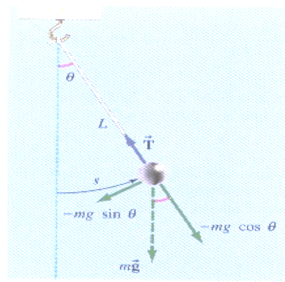
a) en soulevant verticalement la moto ?
b) en roulant la moto le long d'une planche formant un angle de 30 degrés avec l'horizontale ?
c) Une personne ne pouvant exercer une poussée de plus de 600 N peut-elle charger cette moto ?

3.- Un funiculaire relie à vitesse constante 2 stations distantes de 1 km, entre lesquelles il y a une dénivellation de 300 m.
Chaque voiture a une masse de 10 tonnes et subit un frottement de 4000 N.

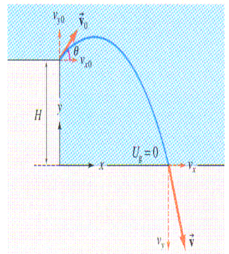
a) Calcule le travail effectué par chacune des forces (poids, force de frottement, force de soutien, force de traction du câble) qui s'exercent sur la voiture montante.
b) Fais de même pour la voiture descendante

4.- Un pendule est constitué d'une balle dont la masse est de 0,2 kg. Celle-ci est accrochée au bout d'une corde dont la longueur L est de 40 cm. On accroche la corde au plafond et on lâche la balle (vitesse initiale nulle) alors que la corde tendue fait un angle $\theta = 70°$ avec la verticale. On désire déterminer les normes de :
a) la vitesse de la balle lorsque la corde passe à la verticale
b) la tension T à cet instant dans la corde.





5.- On lance une bille avec un angle θ avec une vitesse $\vec{v}_o$ à une hauteur H du sol. Détermine la vitesse v_1 de la bille quand elle touche le sol.



6.- Lorsque 2 personnes de 75 kg sont assises dans une automobile de 1000 kg, celle-ci s'abaisse de 2 cm. Calcule la constante de rappel k de chacun des 4 ressorts de la suspension.

7.- Un train démarre en côte. Sa masse est de 200 tonnes. L'inclinaison de la voie est de 1,5° (pente d'environ 2,6%). On observe que sur un parcours de 10 m, sa vitesse passe de 4 m/s à 5 m/s. En supposant les frottements négligeables, calcule la force moyenne exercée par les moteurs.

8.- Un bloc de bois de 2 kg est lancé à la vitesse de 3m/s sur une planche dont l'inclinaison est de 20°. L'objet monte. Il franchit une distance de 60 cm avant de s'arrêter.
Calcule la force de frottement qu'il subit.

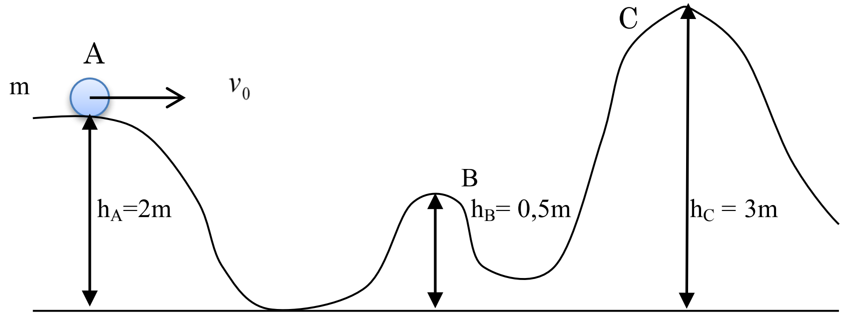
9.- Une skieuse de 60 kg part de l'arrêt au sommet d'une pente de hauteur 60m et descend sans utiliser ses bâtons.

a) Quelle est son énergie potentielle initiale par rapport au bas de la pente ?
b) En négligeant les frottements, calcule sa vitesse théorique au bas de la pente ?
c) En fait, elle atteint le bas avec une vitesse de 25 m/s. Quelle est l'énergie totale perdue par frottements ?

10.- En te servant de la variation de l'énergie cinétique, calcule la distance sur laquelle doit agir une force de module 800 N, en supposant qu'elle soit la seule, pour arrêter
a.- une balle de base-ball de 150 g se déplaçant à 40 m/s ;
b.- une balle de 13 g d'un fusil Remington se déplaçant à 635 m/s ;
c.- une corvette de 1500 kg se déplaçant à 250 km/h ;
d.- un avion Concorde de $1{,}8.10^5$ kg se déplaçant à la vitesse de 2240 km/h.

11.- La vitesse de 12,5 m/s a été atteinte brièvement par le coureur Bob Hayes. Le record de vitesse d'un skieur de descente a été établi à 201 km/h par Franz Weber. On suppose qu'ils ont la même masse de 70 kg.
a.- A la vitesse maximale, quelles sont leurs énergies cinétiques ?
b.- En supposant que Weber est soumis à une force de frottement de 20 N, quelle distance a-t-il besoin de parcourir sur une pente à 45° pour atteindre sa vitesse ?

12.- Calcule la vitesse minimale v_o nécessaire en A pour que la masse m passe par-dessus les 2 bosses en B et en C.
a.- sans frottement
b.- si 30% de l'énergie mécanique totale sur le trajet AB est perdue à cause du frottement



13.- Un remonte-pente tire les skieurs sur une distance de 0,5 km à la vitesse de 1m/s sur une pente de 20°. Les sièges sont distants de 5m et chacun porte un seul skieur. Si tous les sièges sont occupés, quelle est la puissance requise par le moteur du remonte-pente ? On suppose que la masse moyenne d'un skieur est de 70 kg.

14.- Une automotrice de montagne parcourt un chemin montant dont la longueur est de 1km et la pente moyenne de 5%. La masse de l'automotrice est de 20 tonnes.
Si le kWh revient à 8 centimes, quel est le prix de revient d'une montée ? On admet que le rendement global est de 70%.

15.- Quelle est la puissance électrique qu'on peut tirer d'une chute d'eau d'un débit de 800 litres/min et d'une hauteur de 150 m, si le rendement de l'installation est de 60 % ?

16.- Une fusée de masse $2 \cdot 10^5$ kg part du repos au niveau du sol et s'élève verticalement avec une accélération de 4 m/s^2. Quelle est la puissance instantanée des moteurs lorsque v = 50 m/s ? *On néglige la résistance de l'air et les variations de masse de la fusée.*

17.- Pendant la nuit, on pompe de l'eau du lac Léman (alt : 372 m) pour remplir le lac de l'Hongrin (alt : 1232 m). Cette eau produira de l'électricité pendant la journée. Discute la raison de ce procédé.

18.- Les appareils ou processus ci-dessous effectuent des transformations d'énergie. Complète le tableau en mettant chaque appareil ou processus dans la bonne case (ne prendre comme énergie d'arrivée que celle qui est considérée comme utile).

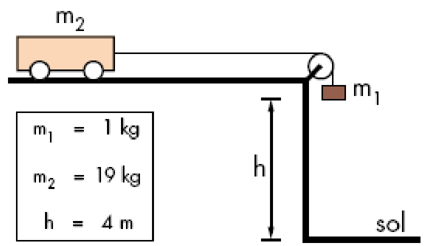
a) grille-pain	b) se frotter les mains	c) boîte à vitesse	d) transformateur
e) échangeur de chaleur	f) muscle	g) ver luisant	h) thermocouple
i) miroir	j) moteur électrique	k) haut-parleur	l) cellule solaire
m) serre	n) électrolyse	o) réaction chimique	p) turbine à vapeur
q) réacteur nucléaire	r) lampe à incandescence		s) bombe atomique
t) flamme du Bec Bunsen	u) pile	v) ressort	w) Soleil
x) tube fluorescent	y) feuille d'arbre	z) dynamo	

Arrivée / Départ	Energie électrique	Energie mécanique	Energie chimique	Energie thermique	Energie rayonnante	Energie nucléaire
Energie électrique						
Energie mécanique						
Energie chimique						
Energie thermique						
Energie rayonnante						
Energie nucléaire						

Exercices supplémentaires

19.- Un cycliste et son vélo ont une masse de 80 kg. La route qu'il gravit a une longueur de 5 km et une dénivellation de 300 m. Les frottements (vent, route) opposent une force de 100 N à son déplacement.
Quelle énergie en kcal aura-t-il dépensée pour atteindre le haut de la pente ?

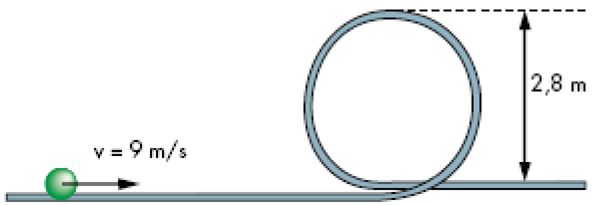
20.- Calculer la vitesse du système lorsque la masse m_1 touche le sol. (On néglige les frottements).



21.- Calculer la vitesse de libération de la Terre à l'aide de la notion d'énergie mécanique (vitesse à donner à un objet depuis la Terre pour qu'il parvienne à l'infini avec une vitesse nulle en ne tenant compte que de l'influence de la Terre sur l'objet).

22.- On lance un corps de 250 g verticalement à la vitesse de 15 km/h depuis un balcon à 12 m au-dessus du sol. Calculer la vitesse à laquelle il arrive au sol :
a) s'il est lancé vers le haut
b) s'il est lancé vers le bas

23.- Une bille de 200 g est animée d'une vitesse de 9 m/s. (On néglige les frottements).
a) Quelle vitesse aura-t-elle en haut de la boucle ?
b) Quelle sera sa vitesse après la boucle ?



24.- Une fusée est lancée à partir de la Terre avec une vitesse dont le module est égal à 85% de la vitesse de libération. Trouvez la distance maximale qu'elle atteindra, à partir du centre de la Terre si elle est lancée verticalement.

25.- Le premier satellite russe, Sputnik 1, de masse 83,5 kg, fut lancé le 4 octobre 1957 et mis sur une orbite pour laquelle les distances du centre de la Terre au périgée et à l'apogée étaient respectivement r_p = 6610 km et r_A= 7330 km. Trouve :
a) L'énergie mécanique du satellite
b) Sa période