2015

DES EXERCICES ET ENCORE DES EXERCICES POUR MIEUX APPRENDRE LA PHYSIQUE

Ensemble d'exercices de physique basé sur la pédagogie par compétences pour les élèves des écoles de l'enseignement secondaire supérieur organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles.

CAF

Centre d'Autoformation et de Formation continuée

La Neuville, 1

4500 TIHANGE

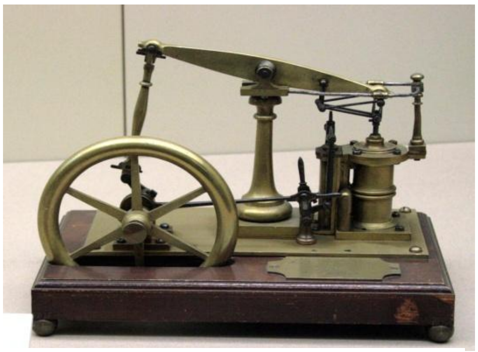
Tél. : 00 32 85 27 13 97 Fax : 00 32 85 27 13 99

http://www.lecaf.be

PHYSIQUE 4e, 5e et 6e ANNÉES

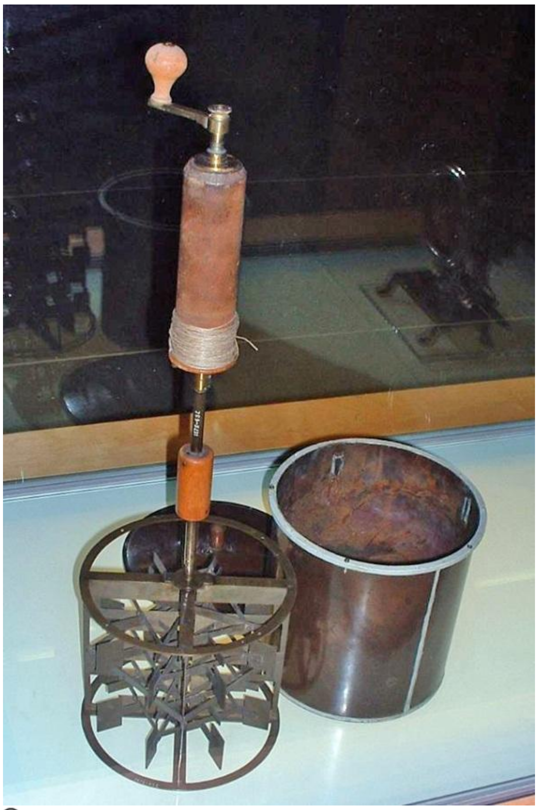
L'énergie dans tous ses états

[1]



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:JamesWattEngine.jpg?uselang=fr

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Labo-Lavoisier-IMG_0501.jpg?uselang=fr



http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Joule%27s_heat_apparatus.JPG#file

---

[1] *Wikimedia. James Watt. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hw-watt.jpg?uselang=fr.*
Wikimedia. Antoine Lavoisier http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Antoine_lavoisier.jpg
Wikimedia. James Prescott Joule. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SS-joule.jpg?uselang=fr.
Wikimedia. James Maxwell. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:James_Clerk_Maxwell.png.
Wikimedia. MaxPlanck. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Max_Planck.png.
Wikimedia. Albert Einstein. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Einstein1921_by_F_Schmutzer_2.jpg

Table des matières

Préface

Cet ensemble de tâches en physique a été rédigé à partir des exercices proposés par les professeurs qui ont participé au groupe de travail :

M. COLLOT Jacques	Athénée royal de Ciney
M. HAUTOT André	Collaborateur scientifique à l'ULg
Mme LEJEUNE Annick	Athénée royal d'Ans
M. MOUSSA Issoufou	Athénée royal de Bastogne-Houffalize
M. WILLEM Georges	Athénée royal Jean Tousseul d'Andenne

Avant-propos

Ce document est le fruit de 9 rencontres, étalées sur 3 ans, de membres d'un groupe de travail du CAF composé de professeurs de physique de l'enseignement organisé par la Fédération Wallonie-Bruxelles et d'un collaborateur scientifique de l'Université de Liège.

Son objectif est simple : offrir aux professeurs de physique un maximum d'exercices "types" basés sur la pédagogie par compétences, permettant aux enseignants de s'entraîner dans l'application de cette pédagogie.

Nous nous sommes inspirés, dans son élaboration, des **outils d'évaluation en physique**[2] mais surtout de l'expérience de professeurs de terrain.

Nous ne commentons pas la pédagogie par compétences dans cette introduction car la littérature foisonne à ce sujet et de nombreuses formations lui sont consacrées[3].

[2] http://www.enseignement.be/index.php?page=24180&navi=1722

[3] Voir catalogue CAF

INTRODUCTION PÉDAGOGIQUE

1. POURQUOI PRÉSENTER CETTE PUBLICATION ?

Depuis la parution du Décret "Mission" en 1997 et la mise au net des outils d'évaluation, les professeurs de physique de la Fédération Wallonie-Bruxelles manquent d'exemples pour utiliser en classe la pédagogie par compétences.

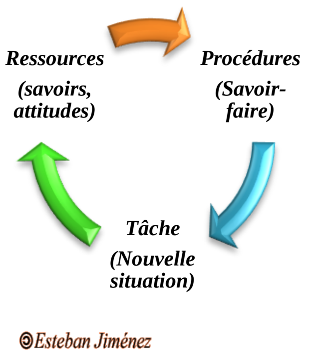
Il est indispensable que les professeurs s'approprient ce type de pédagogie. Il est possible d'y arriver non seulement par la voie des formations, mais aussi en leur proposant des exemples simples et concrets relatifs à ce type de pédagogie.

Il ne s'agit pas uniquement de proposer des tâches toutes faites, la solution ultime pour les enseignants, mais surtout de leur apprendre à les construire.

2. COMMENT CONSTRUIRE UNE TÂCHE ?

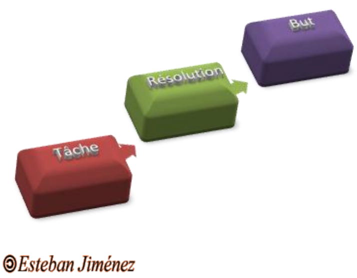
Transformer un simple exercice en tâche n'est pas une mince affaire. Nous nous sommes inspirés des caractéristiques que leur confèrent les auteurs de l'ouvrage ***Les compétences, où en est-on ?*** [4] Selon eux, une tâche doit être

2.1 Complexe



Une tâche complexe n'est pas toujours synonyme de tâche difficile. Une tâche complexe est l'opposé d'une tâche simple. Elle n'est pas simple car elle mobilise différents savoirs, savoir-faire et attitudes. Elle ne sera difficile que si l'élève ne maîtrise pas ces savoirs, savoir-faire et attitudes.

2.2 Finalisée



Une tâche doit toujours proposer à l'élève de terminer quelque chose, d'atteindre un objectif, de résoudre un problème riche en ressources et qui vient de la réalité. Elle ne doit jamais laisser apparaître dans son énoncé des ambiguïtés concernant la finalité du problème.

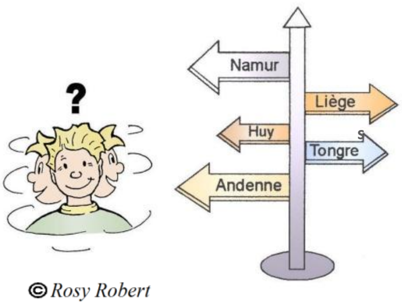
[4] Réf. 9

2.3 INTERACTIVE

©Esteban Jiménez

La tâche doit être une situation non résolue qui relie les concepts et lois physiques à la réalité de l'élève et dont la solution a un sens pratique et utile pour la vie quotidienne ou la connaissance scientifique du monde où nous vivons.

2.4 OUVERTE



© Rosy Robert

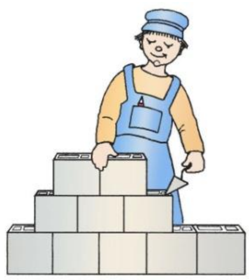
Lorsqu'on dit que la tâche doit être ouverte, ceci signifie que l'énoncé doit avoir une seule consigne. Ceci pour éviter d'indiquer à l'élève le chemin à suivre pour arriver à la réponse. Il appartient à l'élève de trouver le chemin, imaginant, comparant et créant sa propre démarche.

2.5 INÉDITE

© Rosy Robert

Le fait de rédiger une tâche inédite, implique d'imaginer une situation problème pour l'élève qui contienne les ressources déjà maîtrisées pour lui et que le plonge dans une situation jamais vue. Inédite ne signifie pas nouvelles ressources non maîtrisées de la part de l'élève. En résolvant la tâche, l'élève ne doit pas découvrir les ressources mais bien les mobiliser.

2.6 CONSTRUITE



© Rosy Robert

Une tâche construite signifie adapter une situation réelle aux objectifs pédagogiques du programme (c'est-à-dire transformer, en les simplifiant, les situations de la réalité de tous les jours en situations d'apprentissages).

Il est important de préciser que lorsqu'une tâche remplit ces six conditions, elle vise à développer le 4^{e} niveau de compétence (voir page 11). Pour résumer, la consigne d'une tâche doit induire l'élève à la création d'une solution et nullement à la restitution automatique d'un savoir ou d'un savoir-faire. Elle doit, à travers un contexte, un objectif déterminé et différentes modalités, pousser l'élève vers la mobilisation de toutes les ressources acquises, pour atteindre la solution de la situation problème avec une démarche originale et adéquate.

3. LES FICHES

Cette collection d'exercices est présentée sous la forme de fiches pédagogiques : une fiche destinée au professeur et une autre à l'élève.
Les fiches ont la mise en forme suivante :

Fiche n° xx

Document du professeur

Thème : ………………………………………………… **Niveau de compétence : 1-2-3-4**
Famille de tâches n° : ……………………………………………………………
Titre : …………………………………………
Public cible : ………………………………………

Consigne

Réponse

Aide à la résolution

Fiche n° xx

Document de l'élève

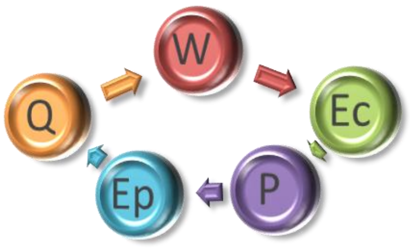
Titre : ....
Public cible : ....
Nom : .... **Date : ...... /…... /......**
Classe : .... **Évaluation : .../20**

Consigne

----

4. EXPLICATION DES TERMES UTILISÉS DANS LES DOCUMENTS

4.1 THÈME



©Esteban Jiménez

Bien que tous les exercices de cette publication fassent référence au thème de l'énergie, chaque fiche propose un sujet spécifique en rapport avec le programme de physique de l'enseignement organisé par la Fédération Wallonie - Bruxelles.

4.2 NIVEAUX

©Esteban Jiménez

Le terme **Niveau** désigne ici le niveau de compétence visé par l'exercice proposé.

Pour mieux comprendre la notion de niveau, donnons une brève explication.
D'une part, le Décret "Mission" définit une **compétence** comme étant
"*L'aptitude à mettre en œuvre un ensemble organisé de savoirs*[5], *de savoir-faire*[6] *et d'attitudes*[7] *permettant d'accomplir un certain nombre de tâches.*"[8] (Voir *schéma 1*)

---

[5] *Avoir à l'esprit, avoir la révélation de l'existence, de la réalité, de l'identité, de la vérité de quelque chose; avoir présent à l'esprit un ensemble de connaissances rationnelles (concepts, idées, notions, images, représentations, affects) acquises par l'étude et par la réflexion et constituant une synthèse ordonnée sur un objet de connaissance).* Réf. 8

[6] *Pratique aisée d'un art, d'une discipline, d'une profession, d'une activité suivie ; habileté manuelle et/ou intellectuelle acquise par l'expérience, par l'apprentissage, dans un domaine déterminé.* Réf. 8

[7] *Manières d'apprendre, d'utiliser ses connaissances, de penser et d'agir.* Réf. 3

- *L'honnêteté intellectuelle*
- *L'ouverture d'esprit et l'esprit critique*
- *La curiosité, s'étonner*
- *Le travail en équipe*

[8] Réf. 1

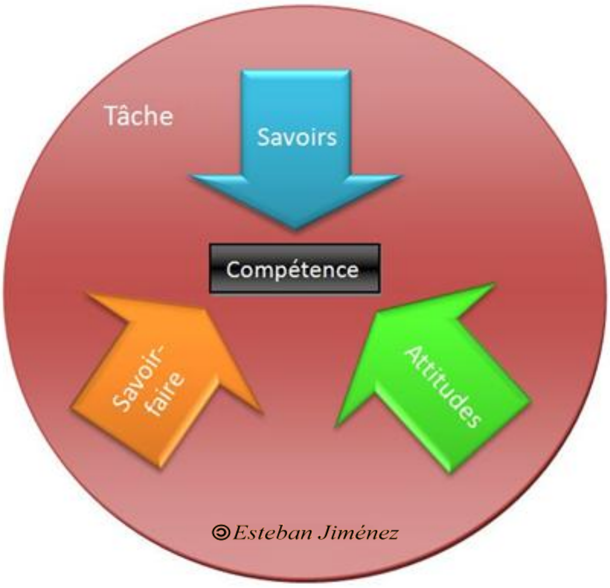


Schéma 1

D'autre part, Bernard Rey[9] explique qu'il existe 2 types de compétences[10]

1- **Les compétences générales** : elles encadrent une action dissociée d'un contenu, savoir ou discipline, de manière telle qu'une compétence générale peut être adoptée pour plusieurs savoirs, contenus ou disciplines distinctes. Par exemple : construire un modèle, maîtriser des savoirs ou bâtir un raisonnement logique…

2- **Les compétences spécifiques** : elles énoncent clairement le savoir ou contenu à aborder, par exemple : expliquer que la masse est une forme d'énergie… Ceci ne veut pas dire qu'une compétence spécifique soit l'exclusivité d'une seule discipline ou matière, par exemple : comparer les ordres de grandeur des énergies mises en jeu dans un phénomène…

Il est important de faire la différence entre **les compétences spécifiques automatisables** ou **procédures de base** et les **compétences spécifiques ouvertes** qui visent plutôt à maîtriser des connaissances. Dans le premier cas l'action est directe, sans excitation et peut être encodé dans le cerveau sans devoir choisir ou éliminer des options, par exemple : mesurer une longueur, largeur ou hauteur, mesurer l'intervalle de temps d'un événement à l'aide d'un chronomètre, déterminer la valeur d'une grandeur à l'aide d'une formule connue préalablement (vitesse, accélération…). Elles sont presque des savoir-faire ; mais qui reste quand même compétence quand on le fait pour la première fois. Par exemple un élève que n'a jamais mesuré une distance doit apprendre à placer la latte, faire coïncider le bord de l'objet avec un des traits de la latte ou bien connaître les unités de

---

9 Bernard Rey : après avoir longtemps enseigné dans le secondaire, Bernard Rey a participé à la formation des enseignants au Québec, en France et en Belgique. Il est professeur honoraire à l'Université Libre de Bruxelles où il a dirigé le Service des Sciences de l'Éducation.
Il est l'auteur de ***Les compétences transversales en question*** (ESF 1996), ***Faire la classe à l'école élémentaire*** (ESF 1998), ***Les relations dans la classe au collège et au lycée*** (ESF 1999).

10 Réf. 10

mesure et ses sous-divisions. Par contre dans les compétences spécifiques ouvertes c'est un niveau supérieur au premier où l'élève doit s'en servir de plusieurs procédures de base pour résoudre la situation problème.[11].

Selon le paragraphe précédent, lorsque Bernard Rey parle de compétences générales, il fait allusion aux compétences communes du référentiel de compétences[12] et lorsqu'il parle des compétences spécifiques, il fait allusion aux compétences disciplinaires.

Finalement, dans le livre intitulé ***Compétences à l'école***, B. Rey et ses collaborateurs octroient 3 degrés, étapes ou niveaux au concept de compétence[13]. En physique, les auteurs de ce document se sont permis d'introduire un 4^{e} niveau, pour faire mieux ressortir la notion de transfert de connaissances.

1. Un premier niveau de compétence ou procédure de base ou automatisme, où l'élève doit savoir exécuter directement une action en réponse à une question préétablie (par exemple, calculer la vitesse finale v d'un corps en chute libre partant du repos, ayant comme données g et h, à partir de l'équation $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (approche énergétique)).
2. Un deuxième niveau de compétence où l'élève doit **savoir choisir** entre plusieurs procédures, quelle est la plus adéquate à la tâche proposée et en suite **de savoir l'exécuter** pour trouver la bonne réponse.(par exemple, calculer la vitesse finale v d'un corps en chute libre partant du repos, ayant comme données g, t et h, à partir de la relation $v = g \cdot t$ (approche cinématique) ou à partir de $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (approche énergétique)).
3. Un troisième niveau de compétence où l'élève doit non seulement, choisir les bonnes procédures, les combiner à bonne échéance et les exécuter pour trouver la solution à la situation problème ou tâche.(par exemple, calculer la durée t de la chute libre d'un corps ayant comme données g et h, en combinant les équations $v = g \cdot t$ (approche cinématique) et $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (approche énergétique)).
4. Un quatrième niveau des compétences qui consistent à **savoir choisir, combiner et transférer** parmi les procédures que l'on connaît, celles qui conviennent à une situation non connue et complexe. (Par exemple, calculer la durée de la chute libre d'un corps sur la Lune ayant comme données g (à la surface de la Lune) et h (par rapport à la surface de la Lune), en adaptant et combinant les équations $v = g \cdot t$ (approche cinématique) et $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ (approche énergétique)).

---

[11] Réf. 9

[12] Réf. 3

[13] Réf. 11

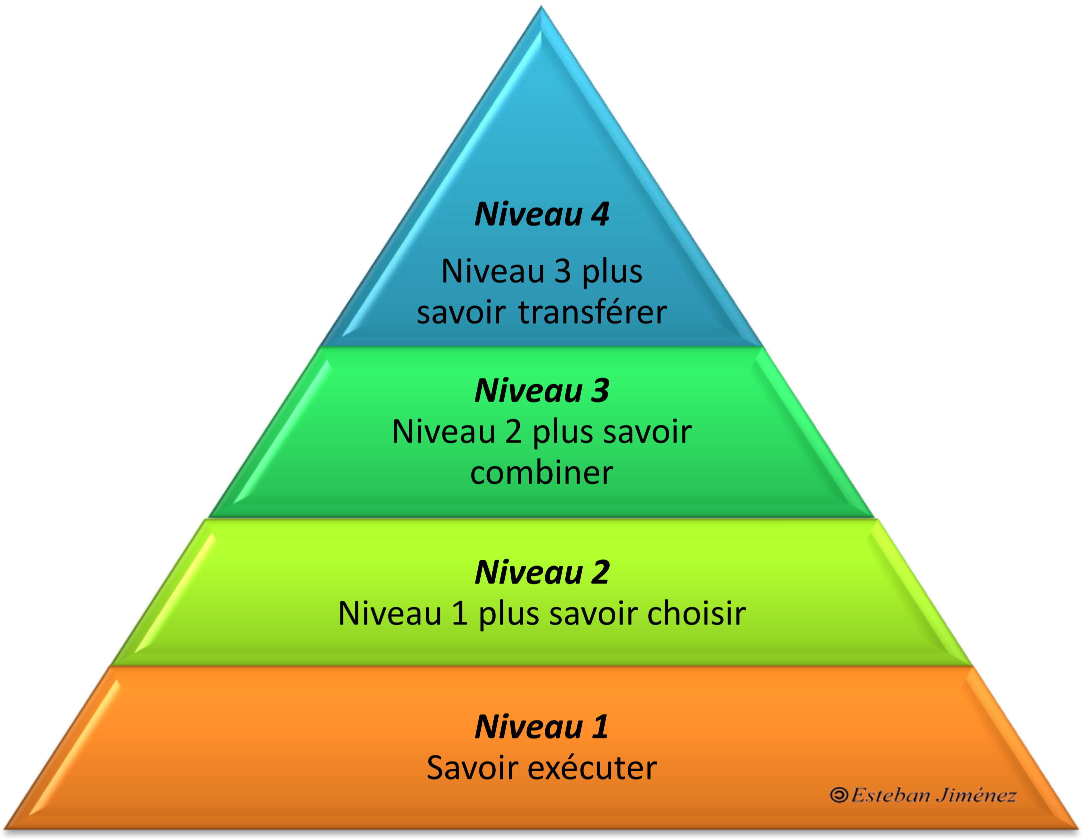


Schéma 2

4.3 LES FAMILLES DE TÂCHES

© Rosy Robert

Le site Internet « enseignement.be »[14] donne les explications nécessaires concernant les familles de tâches en Physique, sciences générales.

« *Dans un souci de structuration, les compétences*[15] *et savoirs définis dans les référentiels ont fait l'objet de regroupements par* familles de tâches.

Ces regroupements de compétences et savoirs *ont été réalisés sur base d'identification de tâches ayant en commun des caractéristiques jugées fondamentales. À partir des* ***familles de tâches***[16] *mises en évidence pour la discipline concernée, des* ***outils d'évaluation***[17] *ont pu être conçus* ».

---

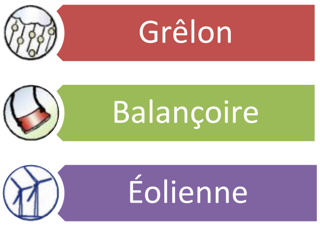
14 Plus exactement http://www.enseignement.be/index.php?page=24180&navi=1730

15 Ici on fait référence aux 9 compétences communes qui apparaissent dans les référentiels

16 Lire le document téléchargeable en format doc : ***Les familles de tâches en sciences générales*** à l'adresse http://www.enseignement.be/index.php?page=24180&navi=1730

17 Voir les outils d'évaluation en physique à l'adresse : http://www.enseignement.be/index.php?page=24180&navi=1730

4.4 Titre



Le titre a été choisi par le rédacteur selon son inspiration.

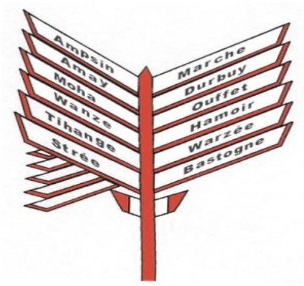
© Rosy Robert

4.5 Public cible

Le public cible, qui apparait uniquement dans le document professeur, précise le degré et l'année auxquels l'exercice s'adresse.

© Rosy Robert

4.6 Consigne



La consigne reprend l'énoncé de l'exercice et les modalités relatives à sa réalisation.

© Rosy Robert

4.7 Réponse

La réponse propose aux professeurs une résolution type montrant la démarche à suivre.

© Rosy Robert

4.8 Aide à la résolution

L'aide à la résolution propose des indices que le professeur pourrait donner progressivement aux élèves afin qu'ils s'orientent d'eux-mêmes vers la réponse finale.

© Rosy Robert

INTRODUCTION DISCIPLINAIRE

1. LA CONSERVATION DE L'ÉNERGIE

Nous avons tous une idée intuitive de ce que représente l'énergie. L'être humain dépense de l'énergie :

- pour entretenir ses fonctions vitales,
- pour soulever une masse m, une valise par exemple,
- pour mettre un objet en mouvement, un ballon ou un avion,
- pour chauffer de l'eau ou une maison,
- pour alimenter un appareil électrique, etc.

Une loi domine toute la physique, connue sous le nom de "Conservation de l'énergie"
"Dans un système isolé, l'énergie peut exister sous diverses formes (mécanique, électrique, thermique, nucléaire…). Chaque forme peut se transformer partiellement ou totalement en une autre, mais au bilan, l'énergie totale garde en permanence la même valeur."

2. LES DEUX FORMES FONDAMENTALES DE L'ÉNERGIE AU NIVEAU ATOMIQUE

Au niveau élémentaire (atomique), il n'existe que deux formes d'énergie, l'énergie de lumière et celle de matière.

2.1 ÉNERGIE DE LUMIÈRE

La lumière est constituée de grains, appelés photons. Chaque photon est caractérisé par sa fréquence ν. La plupart des photons sont invisibles pour l'œil humain qui n'est sensible qu'aux fréquences comprises dans une fenêtre extrêmement étroite : $4{,}0\cdot 10^{14}\ \text{Hz} \le \nu \le 7{,}5\cdot 10^{14}\ \text{Hz}$. En-dessous de cette plage de fréquences, on parle notamment de photons infrarouges (IR) et, au-delà, de photons ultraviolets (UV). Tout photon de fréquence ν possède une énergie $E = h\cdot\nu$ où h est une constante universelle (constante de Planck) dont la valeur est $h = 6{,}626\cdot 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$ ($\text{m}^2\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$).

Il possède aussi une quantité de mouvement $\vec{p}$ de mesure $p = \dfrac{h\cdot\nu}{c} = \dfrac{E}{c}$

2.2 ÉNERGIE DE MATIÈRE

Un électron, un proton, un neutron, un atome, une molécule… de masse *m*, au repos, possèdent un contenu énergétique $E = m \cdot c^2$ où c, la célérité de la lumière dans le vide, est une constante universelle égale à $c = 299\ 792\ 458$ m/s $\simeq 3 \cdot 10^8$ m/s. Si la particule est en mouvement à la vitesse v, elle possède un supplément d'énergie, dite cinétique, dont la valeur est donnée par la relation $E_\mathrm{k} = \dfrac{m \cdot v^2}{2}$.

Elle possède aussi une quantité de mouvement $\vec{p}$ de valeur $p = m \cdot v$.

3. UNITÉS

En quelle unité mesure-t-on l'énergie ? L'unité SI d’énergie est le joule (J). Dans la vie courante, il n'est cependant pas rare que d'autres unités soient utilisées. C'est ainsi que vous devez connaître :

la kilocalorie (kcal) est encore malheureusement très appréciée des thermodynamiciens et des diététiciens. On a la relation $1\ \mathrm{kcal} = 4\ 186$ J. Une kilocalorie est nécessaire pour élever d’un degré Celsius (entre 14,5 °C et 15,5 °C) la température d'un kilogramme d'eau dans les conditions normales de pression (101 325 Pa). Les indications figurant sur les emballages alimentaires sont exprimés en kcal et en kJ ;

le kilowattheure (kWh) est très utilisé par les électriciens. On a $1\ \mathrm{kWh} = 3{,}6$ MJ. Indispensable pour apprendre à lire sa facture d'électricité ;

l'électronvolt (eV) (ou ses multiples keV, MeV, GeV, TeV) est très utilisé en physique atomique et nucléaire. On a $1\ \mathrm{eV} = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J et $1\ \mathrm{MeV} = 1{,}602 \cdot 10^{-13}$ J. À connaître pour lire un ouvrage traitant de physique atomique ou nucléaire.

- *Les professeurs peuvent suggérer à leurs élèves de chercher d'autres exemples qui utilisent ces unités dans la vie de tous les jours.*

4. NOTION DE SYSTÈME ISOLÉ

Dans l'énoncé du principe de conservation de l'énergie, tous les mots ont leur importance.

Qu'est-ce qu'un "***système***" ? Tout ce qui contient des protons, des neutrons, des électrons, des atomes, des molécules, des photons, des neutrinos…

Exemples

- Un moteur, une omelette, une éolienne, une bouteille thermo remplie de liquide …
- Un être vivant est également un système physique avant d'être un système biologique.
- Une pensée n'est pas un système physique.

➢ *Les professeurs peuvent suggérer à leurs élèves de chercher d'autres exemples de systèmes physiques.*

Que signifie "***isolé***" ? Un système est isolé lorsqu'il est parfaitement étanche par rapport au milieu extérieur : il n'échange rien (ni matière ni énergie électromagnétique) avec lui.

Exemples

- Une boîte en or massif contenant de l'air et un morceau de fromage est un système isolé et il importe peu que le fromage se dégrade à l'intérieur de la boîte. Des réactions chimiques altèrent probablement la qualité et l'aspect de ce fromage, mais ce que le principe de conservation de l'énergie nous apprend c'est que le contenu énergétique demeure constant.
- Une bouteille thermo contenant de l'eau bouillante n'est pas un système parfaitement isolé : dès les premières minutes, de l'énergie rayonne de l'intérieur vers l'extérieur de la bouteille. Vous ne voyez pas ce rayonnement parce qu'il se situe dans l'infrarouge, mais une caméra sensible à ce rayonnement le verrait. Le refroidissement se fait aussi par conduction si la bouteille est au contact de l'air ambiant. Là, ce sont les molécules d'eau bouillante qui perdent une partie de leur énergie cinétique lors des collisions avec la paroi. Celles-ci agitent, à leur tour, les molécules constituant l'air ambiant.
- Le système solaire n'est pas isolé non plus : de l'énergie lumineuse et de la matière le quittent en permanence, essentiellement en provenance du Soleil. Très peu de lumière fait le chemin en sens inverse en provenance des étoiles.

➢ *Les professeurs peuvent suggérer à leurs élèves de trouver d'autres exemples de systèmes plus ou moins isolés.*

Qu'est-ce que l'énergie "***totale***" ? Lorsque plusieurs acteurs échangent de l'énergie, seule la somme de toutes les énergies se conserve.

5. COMMENT EXTRAIRE DE L'ÉNERGIE D'UN SYSTÈME ?

Le but de l'extraction d'énergie est de faire œuvre utile : soulever des masses ou chauffer un système, par exemple.

Un kilogramme d'or (mais aussi un kilogramme de beurre) représente une quantité d'énergie colossale, de l'ordre de $9 \cdot 10^{16}\,\mathrm{J}$, de quoi faire fonctionner une centrale de 1 TW pendant un jour (on estime la puissance consommée dans le monde entier à 15 TW) !

Hélas, cette énergie est largement inaccessible car, pour en disposer, il faudrait que la matière se volatilise intégralement, ce qui est impossible : les protons, les neutrons (dans les noyaux atomiques) et les électrons sont stables, heureusement d'ailleurs !

La seule énergie qui nous est accessible n'est qu'une toute petite partie de l'énergie de matière qu'on appelle l'énergie de liaison. Pour des raisons d'ordre de grandeur, on distingue les énergies de liaison chimique et celles de liaison nucléaire.

Qu'est-ce que l'énergie de liaison ? Pour le comprendre, rappelons que

1) tout noyau atomique, ${}^{N+Z}_{Z}\mathrm{X}$ ou ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$ est formé de Z protons et de N neutrons, exemples :

- le noyau d'hydrogène ${}^{1}_{1}\mathrm{H}$ comprend un proton et pas de neutron,
- le noyau d'hélium ${}^{4}_{2}\mathrm{He}$ comprend 2 protons et 2 neutrons ;

2) tout atome est composé d'un noyau (comportant $Z + N = A$ nucléons) et d'un cortège de Z électrons,

3) toute molécule est formée d'atomes.

Dans les trois cas, la masse totale (du noyau, de l'atome ou de la molécule) est plus petite que la somme des masses de ses constituants. Par exemple, connaissant la masse du proton ($m_{{}^{1}_{1}\mathrm{p}} = 1{,}6726 \cdot 10^{-27}$ kg), celle du neutron ($m_{{}^{1}_{0}\mathrm{n}} = 1{,}6749 \cdot 10^{-27}$ kg) et celle du noyau d'hélium (ou particule alpha, $m_{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} = 6{,}6447 \cdot 10^{-27}$ kg), vérifiez que $m_{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} < 2m_{{}^{1}_{1}\mathrm{p}} + 2m_{{}^{1}_{0}\mathrm{n}}$ et que la différence vaut $0{,}0503 \cdot 10^{-27}$ kg.

Cette différence est nécessaire car c'est elle qui garantit la stabilité du noyau d'hélium : il ne peut se briser spontanément en ses constituants. Pour les séparer, il faut apporter de l'énergie de l'extérieur. Cette énergie vaut 28,3 MeV. Cette valeur résulte de l'égalité :

$$m_{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} \cdot c^2 = 2m_{{}^{1}_{1}\mathrm{p}} \cdot c^2 + 2m_{{}^{1}_{0}\mathrm{n}} \cdot c^2 - 28{,}3\ \mathrm{MeV}$$

que l'on peut tout aussi bien lire à l'envers

$$2m_{{}^{1}_{1}\mathrm{p}} \cdot c^2 + 2m_{{}^{1}_{0}\mathrm{n}} \cdot c^2 = m_{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} \cdot c^2 + E_\mathrm{k}\ \left(= 28{,}3\ \mathrm{MeV}\right)$$

Autrement dit, si on arrive à fusionner deux protons et deux neutrons, on fabrique un noyau d'hélium et on récupère une énergie de type cinétique. Si on peut reproduire cette réaction à grande échelle, on peut utiliser cette énergie pour chauffer de l'eau, actionner une turbine, fabriquer de l'électricité...
Cette idée n'est pas une fiction : le Soleil convertit progressivement son hydrogène primitif en hélium.
Le grand réacteur ITER, en construction à Cadarache près de Manosque (France), devrait produire de l’énergie par fusion des noyaux légers, mais il est loin d'être opérationnel.

Les centrales nucléaires actuelles utilisent l’énergie produite par la fission de noyaux lourds, par exemple d'uranium (fissile). Considérons, par exemple, la fission du noyau d'uranium-235 :

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{93}_{36}\mathrm{Kr} + {}^{140}_{56}\mathrm{Ba} + 3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n} + E_\mathrm{k} \quad (= 170\ \mathrm{MeV})$$

Les centrales traditionnelles fonctionnent, elles, par extraction de l’énergie de liaison d'une molécule d'hydrocarbure. Bornons-nous à l'étude de la combustion du carbone pur au contact de l'oxygène de l'air.
La réaction chimique s'écrit : $\mathrm{C} + \mathrm{O_2} \rightarrow \mathrm{CO_2} + E_\mathrm{k} \quad (= 4\ \text{eV/atome de C brûlé})$
Cela correspond à une énergie de combustion égale à 32,8 MJ par kg de carbone. On observe l’énorme différence entre les ordres de grandeurs des énergies de liaison nucléaire et moléculaire.
L'équation précédente, lue à l'envers, signifie que la masse de la molécule de $\mathrm{CO_2}$ est plus petite que la somme des masses de l'atome de carbone et de la molécule d'oxygène.
Toutefois vous pouvez vérifier que la différence est microscopique (combien ?) d'où un rendement beaucoup plus faible par rapport à la masse de combustible.
Dans tous les cas, l'énergie produite est en fait de l'énergie de liaison convertie, dans un premier temps, en énergie de mouvement (cinétique) des produits de la réaction. C'est cette énergie cinétique qu'il faut convertir à son tour en travail utile (ou en chaleur).

- *Les professeurs peuvent suggérer à leurs élèves d’estimer les dépenses énergétiques relatives à toutes sortes de situations de la vie courante (chauffer une casserole d'eau, une maison, un fer à repasser, pratiquer des disciplines sportives : sauter en hauteur, à la perche, courir un 100 mètres, nager un 100 mètres, lancer un poids, etc.).*

C'est le rôle du *physicien* de faire l'inventaire des procédés capables de convertir l'énergie de masse en énergie de mouvement.

C'est le rôle de l'*ingénieur* de dessiner les machines capables de convertir l'énergie de mouvement en travail utile. En pratique, cela s'effectue à partir d'une machine à vapeur perfectionnée qu'on appelle une turbine.

Concrètement, on peut mettre en mouvement :

- des masses (c'est l'étude de la mécanique),
- des charges électriques, ce qui donne naissance à des courants (c'est l'étude de l'électromagnétisme).

6. LE CAS DE LA LUMIÈRE

Envoyer un photon sur un absorbeur en espérant exploiter l'énergie cinétique de son recul est utopique :

$$h\cdot\nu + m\cdot c^2 = m^*\cdot c^2 \qquad \text{(conservation de l'énergie)}$$

$$h\cdot\nu / c = m^*\cdot v \qquad \text{(conservation de la quantité de mouvement)}$$

$$\Rightarrow \frac{m^*\cdot v^2}{2} = \frac{1}{2} h\cdot\nu\cdot\frac{1}{1+\dfrac{m\cdot c^2}{h\cdot\nu}}$$

Un photon visible possède une énergie beaucoup trop faible en regard de celle des systèmes matériels susceptibles de l'absorber : le rapport $m\cdot c^2/(h\cdot\nu)$ est tellement grand en pratique que l'énergie de recul est négligeable.

Plus intéressante est la voie électrique : on peut arracher un électron d'un métal ou d'un semi-conducteur, puis le mettre en mouvement sous l'effet d'une différence de potentiel ; ce sont les effets photoélectriques ou photovoltaïques.

Document du professeur

Fiche n° 1

Document du professeur

Thème : conservation de l'énergie mécanique **Niveau :** 3

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Lancer vertical d'un ballon (1)

Public cible : sciences générales, 2^e degré, 4^e année

Consigne

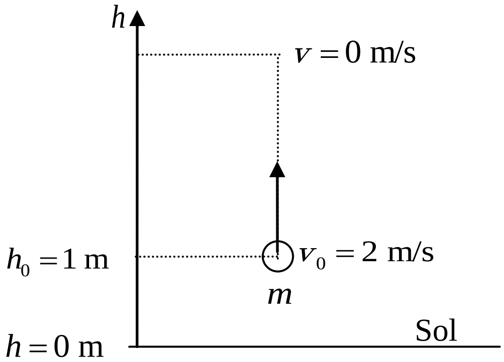
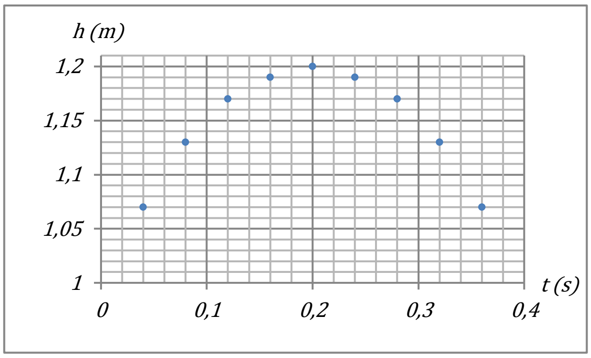
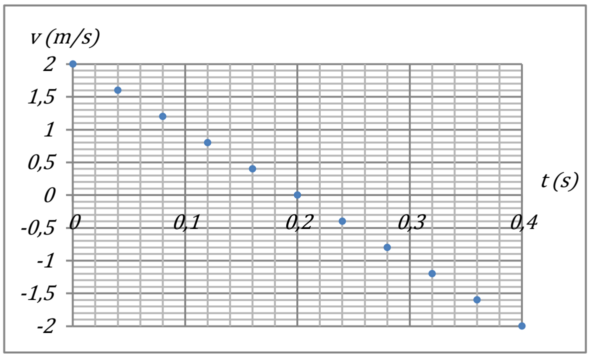


Figure 1.1

A l'instant $t = 0$ s, un enfant lance verticalement vers le haut, d'une hauteur initiale $h_0 = 1$ m, un ballon de masse $m = 0,4$ kg, en lui communiquant une vitesse initiale $v_0 = 2\ m/s$. L'étude du mouvement permet d'obtenir les graphiques suivants :



Graphique 1.2



Graphique 1.3

Complétez le tableau suivant à partir des données correspondant aux points notés sur les graphiques et montrez que l'énergie mécanique totale se conserve $(g = 10\ m/s^2)$:

t (s)											
v (m/s)											
h (m)											
E_k (J)											
E_p (J)											
E_m (J)											

Tableau 1.4

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 1

Document du professeur

Solution

t (s)	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40
v (m/s)	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6	-2,0
h (m)	1,00	1,07	1,13	1,17	1,19	1,20	1,19	1,17	1,13	1,07	1,00
$E_\mathrm{k} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ (J)	0,80	0,51	0,29	0,13	0,03	0,00	0,03	0,13	0,29	0,51	0,80
$E_\mathrm{p} = m \cdot g \cdot h$ (J)	4,00	4,29	4,51	4,67	4,77	4,80	4,77	4,67	4,51	4,29	4,00
$E_\mathrm{m} = \frac{m \cdot v^2}{2} + m \cdot g \cdot h$ (J)	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80	4,80

Tableau 1.5

Observez que la grandeur qui apparait à la dernière ligne reste constamment égale à la valeur 4,80 J.

Aide à la résolution

1. Lecture des coordonnées des points dans les graphiques *h(t)* et *v(t)*, puis retranscription dans le tableau.
2. Quelles sont les formules de l'énergie cinétique, potentielle et mécanique ?

Fiche n° 2

Document du professeur

Thème : conservation de l'énergie mécanique	**Niveau :** 4
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Lancer vertical d'un ballon (2)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

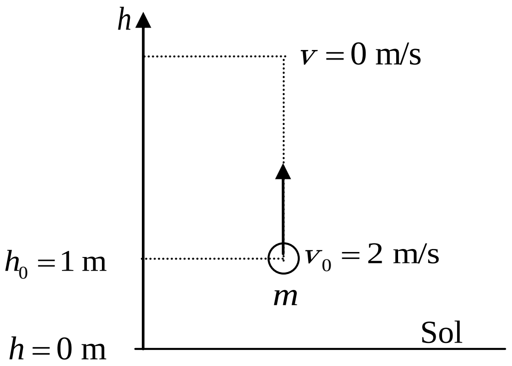
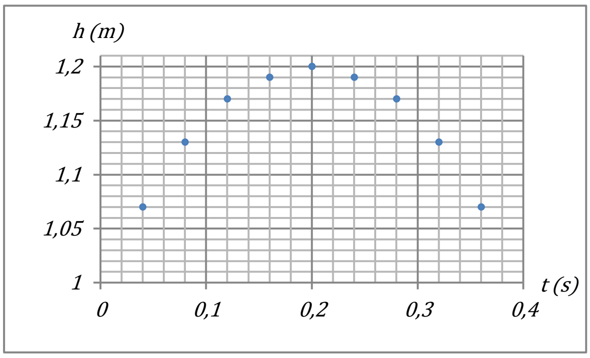
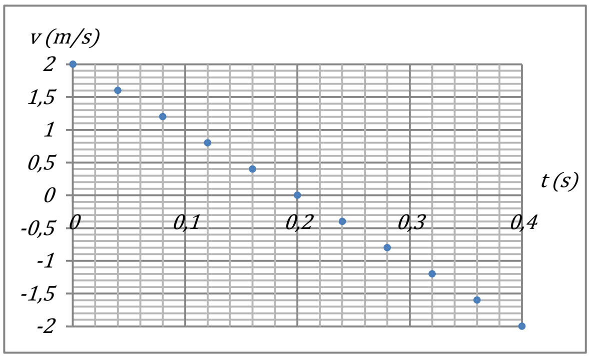


Figure 2.1

A l'instant $t = 0$ s, un enfant lance verticalement vers le haut, d'une hauteur initiale $h_0 = 1$ m, un ballon de masse $m = 0,4$ kg, en lui communiquant une vitesse initiale $v_0 = 2\ m/s$. L'étude du mouvement permet d'obtenir les graphiques suivants :



Graphique 2.2



Graphique 2.3

Complétez le tableau suivant et montrez que d'autres grandeurs que l'énergie sont conservées mais qu'elles dépendent explicitement du temps ($g = 10\ m/s^2$).

t (s)											
v (m/s)											
h (m)											
$v + g \cdot t$ (m/s)											
$h - v \cdot t - \dfrac{g \cdot t^2}{2}$ (m)											

Tableau 2.4

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée

Fiche n° 2

Document du professeur

Solution

t (s)	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40
v (m/s)	2,0	1,6	1,2	0,8	0,4	0,0	-0,4	-0,8	-1,2	-1,6	-2,0
h (m)	1,00	1,07	1,13	1,17	1,19	1,20	1,19	1,17	1,13	1,07	1,00
$v+g\cdot t$ (m/s)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
$h-v\cdot t-\frac{g\cdot t^2}{2}$ (m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tableau 2.5

On constate que les deux dernières lignes affichent constamment la même valeur : les grandeurs dépendantes du temps, $v+g\cdot t$ et $h-v\cdot t-g\cdot t^2/2$, sont conservées.

Explication

Les lois de la cinématique s'écrivent

$$h=h_0+v_0\cdot t-\frac{g\cdot t^2}{2}$$

$$v=v_0-g\cdot t$$

Elles prédisent la position et la vitesse de la balle, à tout instant, quand on connait la position et la vitesse initiales (en $t=0$ s). Si on calcule $v+g\cdot t$ à partir de ces relations, on trouve

$$v+g\cdot t=\left(v_0-g\cdot t\right)+g\cdot t=v_0 \quad (=2\text{ m/s})$$

On a simplement exprimé que le ballon "se souvient" en permanence de la valeur de sa vitesse initiale v_0.

Si on calcule, de même, $h-v\cdot t-g\cdot t^2$ à partir de ces relations, on trouve

$$h-v\cdot t-\frac{g\cdot t^2}{2}=\left(h_0+v_0\cdot t-\frac{g\cdot t^2}{2}\right)-\left(v_0-g\cdot t\right)\cdot t-\frac{g\cdot t^2}{2}=h_0 \quad (=1\text{ m})$$

On a simplement exprimé que le ballon "se souvient" en permanence de la valeur de sa position initiale h_0.

Fiche n° 2

Document du professeur

Au fond, en lisant les lois de la cinématique à l'envers, on observe que les grandeurs suivantes sont conservées, mais qu'elles dépendent du temps

$$v_0 = v + g \cdot t$$

$$h_0 = h - v \cdot t - \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

Eliminant le temps entre ces deux expressions, on trouve

$$v_0 = v + g\,t \Rightarrow t = \frac{v_0 - v}{g} \Rightarrow h_0 = h - v \cdot \frac{v_0 - v}{g} - \frac{1}{2} g \cdot \left[\frac{v_0 - v}{g} \right]^2$$

Simplifiez cette équation, multipliez-la par $m \cdot g$ puis réarrangez les termes

$$\boxed{\frac{1}{2} m \cdot v_0^2 + m \cdot g \cdot h_0 = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h}$$

C'est la conservation de l'énergie ! Pour les systèmes à une dimension, l'énergie apparait comme le seul invariant indépendant du temps, il n'y en n'a pas d'autres. Autrement dit, le système se souvient en permanence de la valeur de son énergie initiale.

Aide à la résolution

1. Application des lois de la cinématique aux grandeurs conservées.
2. Comment élimine-t-on le temps entre deux expressions ?

Fiche n° 3

Document du professeur

Thème : physique moderne	**Niveau :** 4
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Fusion de l'hydrogène	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

Calculez l'énergie rayonnée lors de la réaction-bilan de fusion nucléaire de 4 protons donnant un noyau d'hélium (plus deux positons et deux neutrinos)

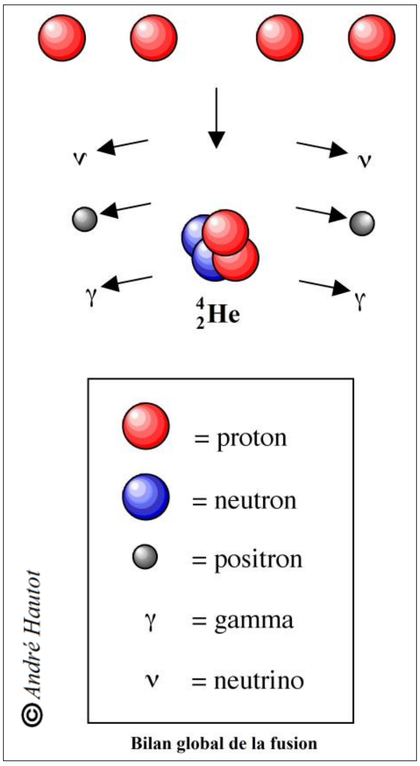


Fig. 3.1

$$4\ {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2\ {}^0_1\text{e} + 2\ {}^0_0\nu_e + E$$

ou

$$4\ {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2\ {}^0_1\text{e} + 2\ {}^0_0\nu_e + E$$

Pour résoudre ce problème, vous avez besoin de connaitre ce qui suit

L'énergie de masse de l'électron : $m_e \cdot c^2 = 0{,}511$ MeV

L'énergie de masse du noyau d'hydrogène :

$m_{^1_1\text{H}} \cdot c^2 = 938{,}272$ MeV

L'énergie de masse du noyau d'hélium :

$m_{^4_2\text{He}} \cdot c^2 = 3727{,}379$ MeV

Il s'agit, dans chaque cas, de l'énergie de matière $\left(E = m \cdot c^2\right)$ des particules en question.

Le MeV est l'unité d'énergie traditionnellement utilisée par les physiciens nucléaires pour qui le joule est une unité trop grande pour leurs travaux.

On a le facteur de conversion suivant : $1\ \text{MeV} = 1{,}602 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$

Vous disposez de 15 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 3

Document du professeur

Solution

1. Démarche pour calculer l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire.
   L'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire est la différence des énergies de masse avant la réaction nucléaire et après la réaction

$$E_{\text{libérée}} = E_{\text{avant}} - E_{\text{après}}$$

2. Calcul de l'énergie avant la réaction :

$$E_{\text{avant}} = 4 \cdot \text{Energie de masse du proton}$$

   selon les données ci-dessus

$$E_{\text{avant}} = 4 \cdot 938,272 \ \text{MeV} = 3753,088 \ \text{MeV}$$

3. Calcul de l'énergie après la réaction :
   après la fusion des 4 noyaux d'hydrogène, on obtient 1 noyau d'hélium et 2 antiélectrons.

$$E_{\text{après}} = \text{Energie de masse du noyau d'hélium} + 2 \cdot \text{Energie de masse de l'antiélectron}$$

$$E_{\text{après}} = (3727,379 + 2 \cdot 0,511) \ \text{MeV}$$
$$E_{\text{après}} = 3728,401 \ \text{MeV}$$

4. Calcul de l'énergie libérée lors de la réaction :

$$E_{\text{libérée}} = (3753,088 - 3728,401) \ \text{MeV}$$
$$E_{\text{libérée}} = 24,687 \ \text{MeV}$$

   or

$$1 \ \text{MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \ \text{J}$$

   On a donc

$$E_{\text{libérée}} = 24,687 \cdot 1,602 \cdot 10^{-13} \ \text{J} = 39,549 \cdot 10^{-13} \ \text{J} \simeq 4,0 \cdot 10^{-12} \ \text{J}$$

   Résumons

$$4 \ {}^{1}_{1}\text{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\text{He} + 2 \ {}^{0}_{1}\text{e} + 2 \ {}^{0}_{0}\nu_{\text{e}} + E$$
$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = \left[4m_{{}^{1}_{1}\text{p}} - m_{{}^{4}_{2}\text{He}} - 2m_{{}^{0}_{1}\text{e}} \right] \cdot c^2$$

$$E_{\text{libérée}} = 24,69 \ \text{MeV} \quad \text{ou} \quad \boxed{E_{\text{libérée}} \simeq 4,0 \cdot 10^{-12} \ \text{J}}$$

Aide à la résolution

1. Démarche pour calculer l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire.
2. Calcul de l'énergie avant la réaction.
3. Calcul de l'énergie après la réaction.
4. Calcul de l'énergie libérée lors de la réaction.

Fiche n° 4

Document du professeur

Thème : physique moderne	**Niveau :** 4
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Perte de masse du Soleil	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

Figure 4.1

On a mesuré la constante (de rayonnement) solaire : $1\,361\ \mathrm{W/m^2} = 1\,361\ \mathrm{J/s \cdot m^2}$.

C'est l'énergie solaire rayonnée qui traverse une surface de $1\ \mathrm{m^2}$ disposée perpendiculairement à la direction du Soleil à une distance moyenne de $1{,}496 \cdot 10^{11}\ \mathrm{m}\ (\simeq 150\ \text{millions de km})$ de celui-ci (soit sur Terre). Cette grandeur est, en réalité, mesurée à l'extérieur de l'atmosphère terrestre pour éviter les phénomènes d'absorption, par exemple en orientant la surface à bord d'un satellite.

Calculez la perte de masse que le Soleil subit toutes les secondes.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 4

Document du professeur

Solution

Combien d'énergie le Soleil rayonne-t-il par seconde ?

La valeur de la constante solaire nous apprend qu'une surface de 1 m^2 disposée face au Soleil, à une distance de $1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$, reçoit une énergie de 1361 J toutes les secondes. La surface sphérique S de rayon $R = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$, centrée sur le Soleil, reçoit donc une énergie S fois plus grande.

$$S = 4\pi R^2 = 4\pi \cdot 2,238 \cdot 10^{22} = 2,812 \cdot 10^{23} \text{ m}^2$$

$$E_{\text{rayonnée}} = 2,812 \cdot 10^{23} \cdot 1361 = 3,827 \cdot 10^{26} \text{ J en 1 s}$$

Perte de masse par seconde

$$\text{Perte massique} = \frac{E_{\text{rayonnée}}}{c^2} = \frac{3,827 \cdot 10^{26}}{8,988 \cdot 10^{16}} = 4,26 \cdot 10^{9} \text{ kg}$$

$$\boxed{\Delta m = -\ 4,26.10^{9} \text{ kg}}$$

Aide à la résolution

1. Comment relier l'énergie interceptée par une surface normale de 1 m^2 à l'énergie totale rayonnée ?
2. Représentation d’une surface sphérique centrée sur le Soleil et passant par la Terre.
3. Comment relier la perte de masse à la perte d'énergie ?

Fiche n° 5

Document du professeur

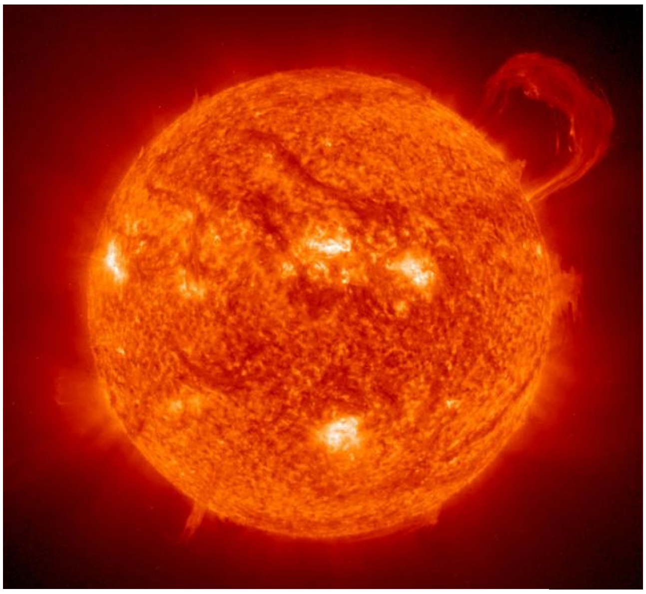
Thème : physique moderne **Niveau :** 2

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Conversion de l'hydrogène en hélium

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne



NASA http://en.wikipedia.org/wiki/File:Red_Hot_Sun.PNG

Figure 5.1

L'âge du Soleil, notre étoile, est de 4,6 milliards d'années. Sa masse vaut actuellement $1{,}989 \cdot 10^{30}$ kg.

Le Soleil rayonne toutes les secondes une énergie égale à $3{,}83 \cdot 10^{26}$ J. Cette énergie provient de la réaction de fusion nucléaire de 4 protons donnant 1 noyau d'hélium :

Le Soleil transforme progressivement son hydrogène primitif en hélium.

Estimez, sur base de ces données, le nombre d'atomes d'hydrogène convertis par seconde.

Pour résoudre ce problème, vous avez besoin des données suivantes :

l'énergie de masse de l'électron : $m_{\mathrm{e}} \cdot c^2 = 0{,}511\ \mathrm{MeV}$

l'énergie de masse du noyau d'hydrogène : $m_{{}^1_1\mathrm{H}} \cdot c^2 = 938{,}272\ \mathrm{MeV}\,1$

l'énergie de masse du noyau d'hélium : $m_{{}^4_2\mathrm{He}} \cdot c^2 = 3727{,}379\ \mathrm{MeV}$

Il s'agit, dans chaque cas, de l'énergie de matière $\left(E = m \cdot c^2\right)$ des particules en question. Le MeV est l'unité d'énergie traditionnellement utilisée par les physiciens nucléaires pour qui le joule est une unité trop grande pour leurs travaux.

On a le facteur de conversion suivant : $1\ \mathrm{MeV} = 1{,}602 \cdot 10^{-13}$ J

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 5

Document du professeur

Solution

a) Calculez l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire

$$4\,{}^{1}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + 2\,{}^{0}_{1}\mathrm{e} + 2\,{}^{0}_{0}\nu + E$$

$$\Rightarrow E_{\text{libérée}} = \left[4 \cdot m_{{}^{1}_{1}\mathrm{p}} - m_{{}^{4}_{2}\mathrm{He}} - 2 \cdot m_{{}^{0}_{1}\mathrm{e}}\right] \cdot c^2$$

$$E_{\text{libérée}} = 24,69\ MeV$$

$$\boxed{E_{\text{libérée}} \simeq 4,00 \cdot 10^{-12}\ \ \mathrm{J}}$$

On considère que cette énergie a été intégralement rayonnée donc on néglige le fait qu'une infime partie de cette énergie a été emportée par les neutrinos.

b) Nombre de fusions par seconde

$$\frac{3,83 \cdot 10^{26}}{4,00 \cdot 10^{-12}} = 9,5 \cdot 10^{37}$$

Nombre de protons qui fusionnent par seconde

$$\boxed{N = 4 \cdot 9,5 \cdot 10^{37} = 3,8 \cdot 10^{38}}$$

Aide à la résolution

1. Calcul de l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire.
2. Relation entre l'énergie libérée par une réaction de fusion nucléaire et l'énergie dissipée par le Soleil en une seconde.

Fiche n° 6

Document du professeur

Thème : énergie cinétique	**Niveau :** 4
Famille de tâches n°2 : résoudre une application concrète	
Titre : Éolienne	
Public cible : sciences générales, 2e degré, 4e année	

Consigne

©Esteban Jiménez

Figure 6.1

Calculez l'énergie maximale produite par seconde (la puissance) par une éolienne dont les pales mesurent $30\ \text{m}$ lorsque souffle un vent de $15\ m/s$.

Tenez compte du fait que $60\ \%$ de l'énergie du vent est, au maximum, réellement interceptée par les pales.

On donne la masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1{,}25\ kg/m^3$.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 6

Document du professeur

Solution

La masse d'air qui traverse l'éolienne en une seconde est emprisonnée dans un cylindre de 30 m de rayon et de hauteur $h = 15 \cdot 1 = 15 \text{ m}$.

Cette masse vaut donc $M = \rho \cdot V = 1{,}25 \cdot \pi \cdot 30^2 \cdot 15 = 50\ 000 \text{ kg}$.

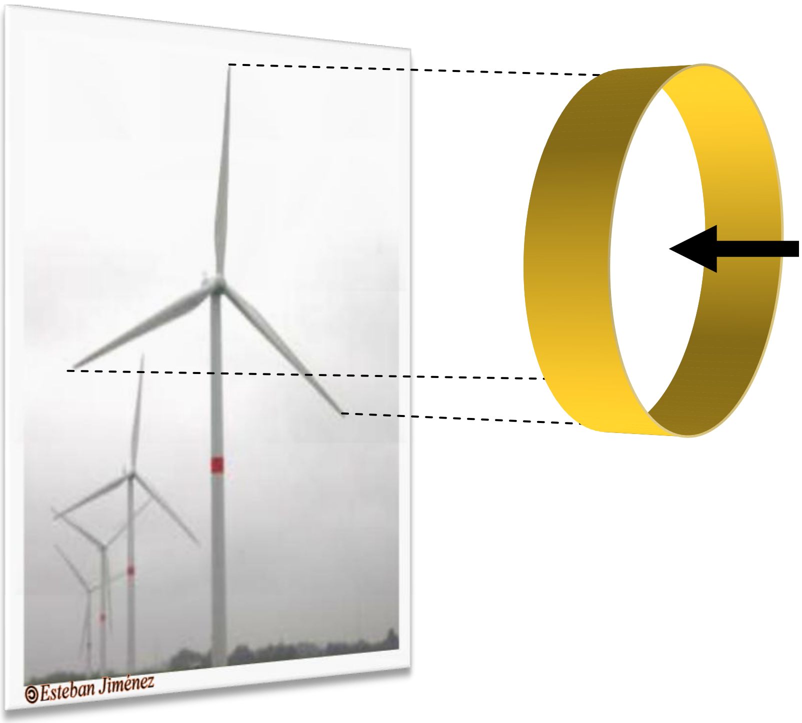


Figure 6.2

L'énergie captée chaque seconde vaut, au maximum, les $60\ \%$ de l'énergie cinétique de cette masse d'air, soit :

$$E = 0{,}60 \cdot \left(\frac{1}{2}\right) \cdot 53000 \cdot 15^2 = 3{,}53 \cdot 10^6 \text{ J}$$

Cela correspond à une puissance de

$$\boxed{P = 3{,}5 \text{ MW}}$$

Aide à la résolution

1. D'où provient l'énergie éolienne ?
2. Comment peut-on calculer la masse d'air interceptée par l'éolienne en une seconde ?

Fiche n° 7

Document du professeur

Thème : conservation et transformation de l'énergie **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Balançoire (1)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

Une balançoire, longue de $l = 2$ m peut osciller librement autour d'un axe horizontal. Un enfant est assis sur le siège et le total représente une masse $m = 40$ kg. Lorsque la balançoire est écartée d'un angle de $60°$ par rapport à la verticale, elle ne remonte qu'à $45°$ après une oscillation.

Calculez la dépense énergétique d'un adulte qui entretient le mouvement d'oscillation, avec l'amplitude 60°, pendant 100 périodes. Pour simplifier les calculs, prenez $g = 10$ m/s^2.

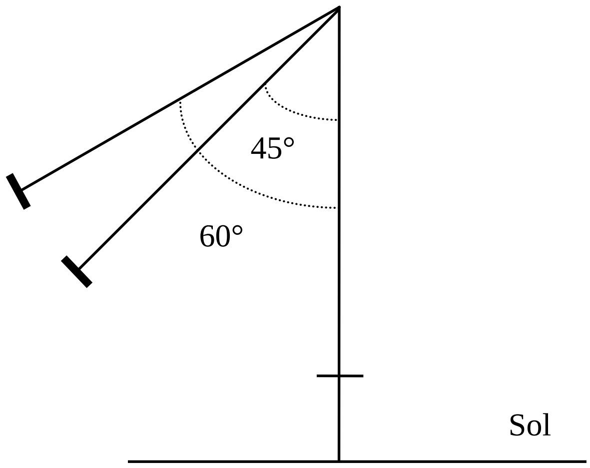


Figure 7.1

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 7

Document du professeur

Solution

Après un aller-retour complet, l'enfant a perdu en altitude

$$\Delta h = l \cdot (\cos 45° - \cos 60°) = 2 \cdot \left(\sqrt{2}/2 - 1/2\right) = 0,4142 \text{ m}$$

La diminution d'énergie potentielle au terme d'un trajet aller-retour vaut donc

$$\Delta E_{\mathrm{p}} = -m \cdot g \cdot \Delta h = -40 \cdot 10 \cdot \left(\sqrt{2} - 1\right) = -166 \text{ J}$$

C'est l'énergie dissipée par frottements lors d'un trajet aller-retour.

C'est aussi l'énergie que l'adulte doit fournir à chaque fois pour entretenir le mouvement.

Après 100 fois, il a donc dépensé

$$\boxed{E = 16,6 \text{ kJ}}$$

Aide à la résolution

1. Pourquoi l'enfant ne remonte-t-il pas à l'angle $60°$ lorsque l'adulte n'intervient pas ?
2. Comment peut-on calculer à quelle hauteur l'enfant remonte à chaque oscillation ?
3. Représentation des différents paramètres sur la figure.
4. Qui compense l'énergie perdue suite aux frottements ?

Fiche n° 8

Document du professeur

Thème : conservation de l'énergie mécanique **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Balançoire (2)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

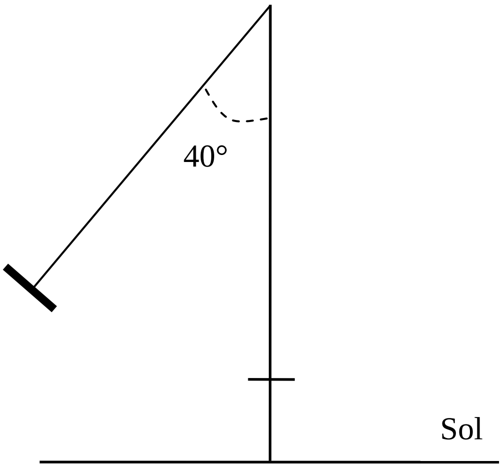


Figure 8.1

Votre cousin vous demande de le pousser sur une balançoire. Les cordes ont une longueur de 3 mètres et votre cousin a une masse de 30 kg. Pour initier le mouvement, vous tirez la balançoire jusqu'à ce que les cordes fassent un angle de $40°$ avec la verticale, puis vous la lâchez. On considère que les frottements et la masse des cordes sont négligeables.

Quelle sera la vitesse maximale atteinte par votre cousin ?

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 8

Document du professeur

Solution

1. Selon les données qui ont été fournies dans la consigne, la façon la plus simple de trouver la vitesse est d'appliquer le principe de conservation de l'énergie.
2. L'énergie mécanique E_{m} est constante tout au long de la trajectoire de la balançoire.
3. La vitesse v et l'énergie cinétique E_{k} sont maximales au point le plus bas de la trajectoire.
4. Si on fixe l'origine de h au point le plus bas de la trajectoire, l'énergie potentielle est nulle en ce point et l'énergie cinétique vaut l'énergie mécanique.
5. Lorsque la balançoire est écartée de $40°$ par rapport à la verticale, la hauteur h et l'énergie potentielle E_{p} sont maximales. L'énergie cinétique E_{k} est nulle, car la vitesse initiale est nulle.
6. Donc l'énergie potentielle initiale aura la même valeur que l'énergie cinétique au point le plus bas de la trajectoire.
7. Donc on peut écrire que

$$\left(E_{\mathrm{p}}\right)_{\mathrm{i}} = \left(E_{\mathrm{k}}\right)_{\mathrm{f}} \qquad (8.1)$$

$$m \cdot g \cdot h = \frac{m \cdot v^2}{2} \qquad (8.2)$$

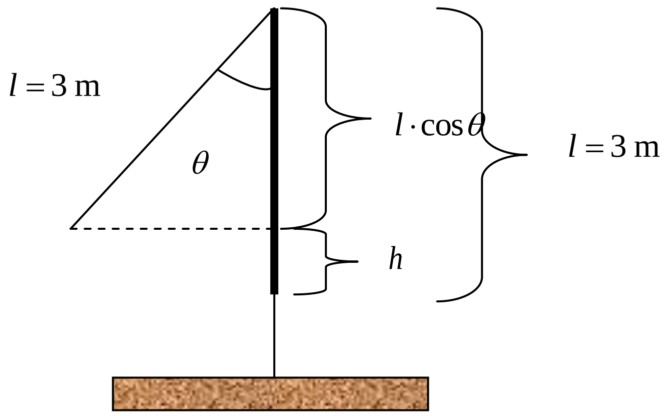


Figure 8.2

Selon la figure 8.2 $$h = l - l \cdot \cos\theta \qquad (8.3)$$

Fiche n° 8

Document du professeur

et si on introduit la valeur de h selon l'équation (8.3) dans (8.2) et, en simplifiant (la masse), nous obtenons que

$$g \cdot l \cdot (1 - \cos\theta) = \frac{v^2}{2}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \cdot (1 - \cos\theta)} \qquad (8.4)$$

En remplaçant les données de la consigne dans l'équation (8.4), nous pouvons trouver la valeur de la vitesse maximale

$$v = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 3 \cdot (1 - \cos 40°)}$$

$$\boxed{v = 3{,}75 \text{ m/s}}$$

Aide à la résolution

1. Représenter sur le schéma la position de départ (P_i) et celle où la vitesse est la plus grande (P_f).
2. Calcul de la différence de hauteur entre la position initiale et la position où la vitesse est maximale.
3. Rappeler l'invariabilité de E_m le long de la trajectoire de la balançoire.
4. Localisation du point de la trajectoire où la vitesse est maximale.
5. Discernement du point de la trajectoire où l'énergie cinétique est maximale.
6. Identification de la valeur de l'énergie potentielle en ce point.
7. Relation en ce point, entre l'énergie cinétique et l'énergie mécanique.
8. Calcul de l'énergie cinétique au début du mouvement, lorsque la balançoire est écartée de $40°$ par rapport à la verticale.
9. Calcul de l'énergie potentielle au début du mouvement.
10. Relation entre l'énergie potentielle initiale et l'énergie cinétique au point le plus bas de la trajectoire.

Fiche n° 9

Document du professeur

Thème : dégradation de l'énergie mécanique **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Trampoline (1)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

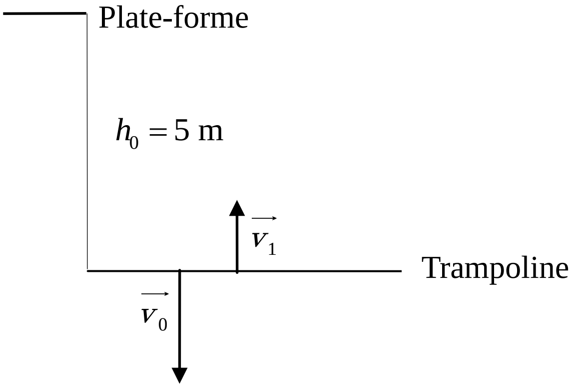


Figure 9.1

Un sauteur de $40\ \text{kg}$ se laisse tomber verticalement, roulé en boule, sur un trampoline, au départ d'une plate-forme située à $h_0 = 5\ \text{m}$ au-dessus du trampoline. Après un rebond, n'ayant dépensé aucune énergie pour se relancer, il ne remonte qu'à l'altitude $h_1 = 3{,}2\ \text{m}$. C'est la conséquence du fait que le choc avec le trampoline n'est pas parfaitement élastique : la valeur de la vitesse avec laquelle le sauteur rebondit n'est qu'une fraction k ($k \in]0{,}1[$) de celle à laquelle il heurte la surface.

On néglige les frottements dus à l'air.

Calculez le coefficient de restitution $k = \dfrac{v_1}{v_0}$.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 9

Document du professeur

Solution

Voyons ce qui se passe lorsque le sauteur passe de $h = 5\ \text{m}$ à $h = 0\ \text{m}$. En appliquant la conservation de l'énergie, on trouve la vitesse avec laquelle il heurte le trampoline

$$\left(\cancel{m}\cdot g\cdot h+\frac{1}{2}\cdot\cancel{m}\cdot v^2\right)_{\text{plate-forme}}=\left(\cancel{m}\cdot g\cdot h+\frac{1}{2}\cdot\cancel{m}\cdot v^2\right)_{\text{trampoline}}\quad\Rightarrow\quad 10\cdot 5+0=0+\frac{v_0^2}{2}$$

$$v_0 = 10\ \text{m/s}$$

Si le sauteur ne remonte qu'à l'altitude $h_1 = 3{,}2\ \text{m}$, son énergie potentielle n'est plus que de $40\cdot 10\cdot 3{,}2 = 1\ 280\ \text{J}$. Autrement dit, son énergie cinétique après le premier rebond n'est plus que de $1\ 280\ \text{J}$. Il y correspond une vitesse v_1 calculable par la relation

$$1280=\frac{1}{2}\cdot 40\cdot v_1^2 \quad\Rightarrow\quad v_1 = 8\ \text{m/s}$$

Le coefficient de restitution vaut donc $k=\dfrac{v_1}{v_0}=\dfrac{8}{10}=0{,}8$

$$\boxed{k = 0{,}8}$$

Aide à la résolution

1. Pourquoi le sauteur ne remonte-t-il pas à l'altitude $h = 5\ \text{m}$?
2. Comment peut-on relier la vitesse avec laquelle le sauteur heurte (ou quitte) le trampoline à son énergie cinétique ou potentielle ?

Fiche n° 10

Document du professeur

Thème : dégradation de l'énergie mécanique **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Trampoline (2)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

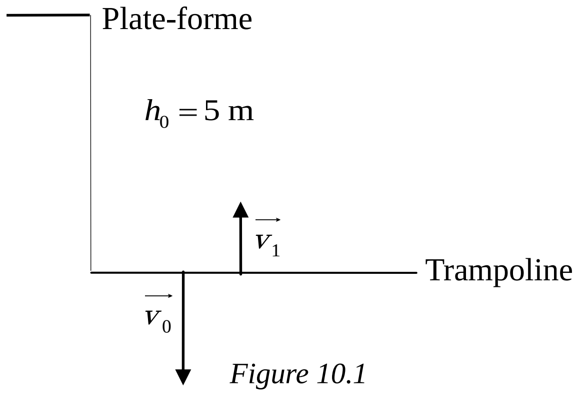


Figure 10.1

Un sauteur de 50 kg se laisse tomber verticalement, roulé en boule, sur un trampoline, au départ d'une plate-forme située à $h_0 = 5$ m au-dessus du trampoline. A chaque contact avec le trampoline, il reste inerte (il ne dépense aucune énergie pour se relancer). Le choc avec le trampoline n'est pas parfaitement élastique, ce qui signifie que la valeur de la vitesse de rebond n'est que la fraction $k = 8/10$ de celle avec laquelle il heurte la surface.

On néglige les frottements dus à l'air.

Calculez l'énergie dissipée Q_i lors de chaque rebond ($i = 1, 2, 3\ldots$). Une formule générale est demandée.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 10

Document du professeur

Solution

On trouve la vitesse avec laquelle le sauteur heurte le trampoline pour la première fois, en appliquant la conservation de l'énergie

$$\left(\cancel{m}\cdot g\cdot h+\frac{1}{2}\cdot\cancel{m}\cdot v^2\right)_{\text{plate-forme}}=\left(\cancel{m}\cdot g\cdot h+\frac{1}{2}\cdot\cancel{m}\cdot v^2\right)_{\text{trampoline}}\quad\Rightarrow\;10\cdot 5+0=0+\frac{v_0^2}{2}$$

$$v_0=10\text{ m/s}$$

Le sauteur rebondit à la vitesse

$$v_1=0{,}8\cdot v_0=8\text{ m/s}$$

L'énergie dissipée lors du premier rebond vaut

$$Q_1=\frac{1}{2}m\cdot v_0^2-\frac{1}{2}m\cdot v_1^2=\frac{1}{2}50\cdot 10^2-\frac{1}{2}50\cdot 8^2=2500-1600=900\text{ J}$$

Il retombe sur le trampoline avec la vitesse de 8 m/s et rebondit avec la vitesse

$$v_2=0{,}8.v_1=0{,}8^2.v_0=6{,}4\;\;m/s$$

On généralise facilement : lors du i^e rebond, la vitesse tombe à

$$v_i=k\cdot v_{i-1}=k^i\cdot v_0=0{,}8^i\cdot 10\;m/s$$

L'énergie dissipée lors du i^e bond vaut

$$Q_i=\frac{1}{2}m\cdot v_{i-1}^2-\frac{1}{2}m\cdot v_i^2=\frac{1}{2}m\cdot\left(v_{i-1}^2-v_i^2\right)=\frac{1}{2}50\cdot 10^2\cdot(0{,}8^{2i-2}-0{,}8^{2i})$$

$$Q_i=900\cdot 0{,}8^{2i-2}\text{ J}\quad\left(i=1,2,3\ldots\right)$$

$$\boxed{Q_i=900\cdot 0{,}8^{2i-2}\text{ J}}$$

Aide à la résolution

1. Comment peut-on calculer l'énergie dissipée à chaque rebond ?
2. Que devient l'énergie mécanique perdue lors de chaque rebond ?
3. Calcul de la valeur de la vitesse après chaque rebond.

Fiche n° 11

Document du professeur

Thème : travail et énergie	**Niveau :** 1
Famille de tâches n° 1 : décrire, expliquer/interpréter un phénomène ou le fonctionnement d'un objet. Prévoir l'évolution d'un phénomène	
Titre : Distance d'arrêt (1)	
Public cible : sciences générales, 2^e degré, 4^e année	

Consigne

©Esteban Jiménez

Figure 11.1

Un véhicule de 1 200 kg roule sur une route rectiligne horizontale à vitesse constante de 90 km/h. Le conducteur débraye et laisse la voiture rouler « en roue libre ». Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ? On considère que les frottements sont nuls.

Vous disposez de 10 minutes.
Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 11

Document du professeur

Solution

La résultante des forces agissant sur le véhicule étant nulle, le travail de la résultante est nul :

$$W_{\vec{F}} = F \cdot d \cdot \cos\theta = 0$$

D'après le théorème de l'énergie cinétique

$$W_{\vec{F}} = \Delta E_{\mathrm{k}}$$

la variation de l'énergie cinétique est donc nulle aussi

$$E_{\mathrm{k}} = \text{constante}$$

comme

$$E_{\mathrm{k}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

et que la masse est constante durant toute la trajectoire de la voiture, sa vitesse reste constante.

$$v = \text{constante}$$

Donc la voiture, en mouvement rectiligne uniforme ne s'arrêtera pas.
On en déduit que

$$\boxed{d \to \infty}$$

Ce qui est vérifiable en appliquant le 1$^{\text{er}}$ principe de Newton ou principe de l'inertie :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow \vec{v} = \overrightarrow{\mathrm{c}^{\mathrm{te}}}$$

Cet exercice est théorique car, en pratique, les frottements ne sont jamais absents.

Aide à la résolution

1. Analyse des forces qui agissent sur la voiture.
2. Application au théorème de l'énergie cinétique.

Fiche n° 12

Document du professeur

Thème : travail et énergie	**Niveau :** 2
Famille de tâches n°2 : résoudre une application concrète	
Titre : Distance d'arrêt (2)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

Figure 12.1

Une automobile de $1\ 200\ \text{kg}$ roule sur une route horizontale à vitesse constante de $90\ km/h$. Le conducteur débraye alors et laisse la voiture rouler « en roue libre ». Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ? On considère que l'ensemble des frottements qui s'appliquent à la voiture représentent, en mesure, $2\ \%$ du poids du véhicule. Prenez $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 12

Document du professeur

Solution

1. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Étant donné que la force de freinage est l'unique force qui agit dans la direction du mouvement (plan horizontal) nous pouvons appliquer le théorème de l'énergie cinétique de la manière suivante :

   le travail de la force de freinage est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture

   $$W_{\mathrm{f_f}} = \Delta E_{\mathrm{k}} \text{ donc } F_{\mathrm{f}} \cdot d \cdot cos\alpha = E_{k_\mathrm{f}} - E_{k_\mathrm{i}}$$

   Dans le membre de gauche, $\alpha = 180°$ car le vecteur force de frottement est opposé au vecteur déplacement et d est la distance recherchée.

   Dans le membre de droite $E_{\mathrm{k_f}} = 0$ car la voiture s'arrête.

   Nous pouvons donc écrire l'équation précédente comme suit :

   $$-F_{\mathrm{f}} \cdot d = -E_{\mathrm{k_i}}$$

   $$\Rightarrow d = \frac{E_{\mathrm{k_i}}}{F_{\mathrm{f}}}$$

2. Identification de la formule pour calculer la force de frottement F_{f}

   $$F_{\mathrm{f}} = \frac{2}{100} \cdot m \cdot g$$

3. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale $E_{\mathrm{k_i}}$

   $$E_{\mathrm{k_i}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{i}}^2$$

4. Utilisation de la formule pour calculer la distance d'arrêt d

   $$d = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{i}}^2}{\frac{2}{100} \cdot m \cdot g} = \frac{100 \cdot v_{\mathrm{i}}^2}{4 \cdot g} = 25 \cdot \frac{v_{\mathrm{i}}^2}{g}$$

5. Calcul de la distance d'arrêt d

   $$d = 25 \cdot \frac{25^2}{10}$$

   $$\boxed{d = 1562{,}5 \text{ m}}$$

Fiche n° 12

Document du professeur

Aide à la résolution

1. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique
   a. Rappel de la formule

   $$W_{\vec{R}} = \Delta E_{k}$$

   b. Analyse des forces parallèles au mouvement.
   c. Application des conditions du problème.
   d. Identification de la formule pour le calcul de la distance d'arrêt d en fonction de E_{k_i} et de F_f
2. Identification de la formule pour calculer la force de frottement F_f.
3. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale E_{k_i}.
4. Indentification de la formule pour calculer la distance d'arrêt d en fonction des données.
5. Calcul de la distance d'arrêt d.

Fiche n° 13

Document du professeur

Thème : travail et énergie **Niveau** : 3

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Distance d'arrêt (3)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6eannée

Consigne

Figure 13.1

Une voiture de $1\,200\ \text{kg}$ roule sur une route horizontale à vitesse constante de $90\ km/s$. Le conducteur débraye au moment où il aborde une côte de 12 % (la route fait un angle de 7° avec l'horizontale ; on peut donc assimiler le sinus de cet angle à sa tangente) et laisse la voiture rouler « en roue libre ».

Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ? On considère que les frottements sont négligeables. Prenez $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 13

Document du professeur

Solution

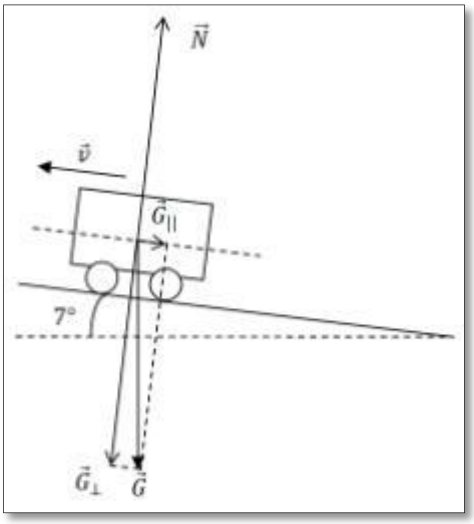


Figure 13.2

1. La *figure 13.2* représente toutes les forces qui agissent sur la voiture.
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Étant donné que la seule force qui agit sur la voiture dans la direction du mouvement est la composante de la pesanteur parallèle au plan incliné, nous pouvons appliquer le théorème de l'énergie cinétique comme suit :

   le travail de la force résultante est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture

$$W_{\vec{F}} = \Delta E_{\mathrm{k}}$$

donc

$$F \cdot d \cdot cos\,\alpha = E_{\mathrm{k_f}} - E_{\mathrm{k_i}} \qquad (13.1)$$

où

$$F = G_{||}$$

Étant donné que le vecteur force résultante est de sens opposé au vecteur déplacement, $\alpha = 180°$ et $\cos 180° = -1$

$E_{\mathrm{k_f}} = 0$ car la voiture s'arrête et d est la distance recherchée.

Nous pouvons donc écrire l'équation *(13.1)* comme suit :

$$-G_{||} \cdot d = -E_{\mathrm{k_i}}$$

donc

$$\boxed{d = \frac{E_{\mathrm{k_i}}}{G_{||}}}$$

Fiche n° 13

Document du professeur

3. Identification de la formule pour calculer la composante de la pesanteur parallèle à la direction du mouvement

$$G_{||} = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

4. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale E_{k_i}

$$E_{k_i} = \frac{1}{2} m \cdot v_i^2$$

5. Indentification de la formule pour calculer la distance d'arrêt d

$$d = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v_i^2}{m \cdot g \cdot \sin\theta}$$

$$d = \frac{v_i^2}{2 \cdot g \cdot \sin\theta}$$

6. Calcul de la distance d'arrêt d

$$d = \frac{25^2}{2 \cdot 10 \cdot \sin 7°} = \frac{625}{20 \cdot 0{,}122} = \frac{625}{2{,}44} = 256 \text{ m}$$

$$\boxed{d = 256 \text{ m}}$$

Aide à la résolution

1. Représentation de toutes les forces qui agissent sur la voiture (*figure 13.2*).
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Le travail de la force résultante est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture.
3. Identification de la formule pour calculer la composante de la pesanteur parallèle à la direction du mouvement.
4. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale E_{k_i}.
5. Indentification de la formule pour calculer la distance d'arrêt d en fonction des données.
6. Calcul de la distance d'arrêt d.

Fiche n° 14

Document du professeur

Thème : travail et énergie	**Niveau :** 4
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Distance d'arrêt (4)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

©Esteban Jiménez

Figure 14.1

Une voiture de $1\,200\ \text{kg}$ roule sur une route horizontale à vitesse constante de $90\ km/h$. Le conducteur débraye au moment où il aborde, en montée, une côte de 12 % (la route fait un angle de $7°$ avec l'horizontale ; on peut donc assimiler le sinus de cet angle à sa tangente) et laisse la voiture rouler « en roue libre ».

Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ?

On considère que l'ensemble des frottements qui s'appliquent à la voiture représentent, en mesure, $2\ \%$ du poids du véhicule. Prenez $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 14

Document du professeur

Solution

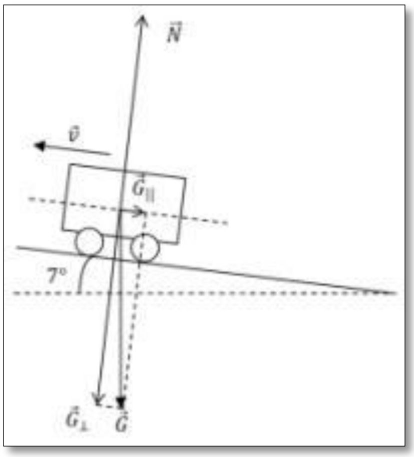


Figure 14.2

1. La *figure 14.2* représente toutes les forces qui agissent sur la voiture.
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Sachant que les forces qui agissent sur la voiture dans la direction du mouvement sont la composante de la pesanteur parallèle au plan incliné et la force de frottement (2% en mesure, du poids du véhicule), appliquons le théorème de l'énergie cinétique.

   Le travail de la force résultante est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture

$$W_{\vec{F}} = \Delta E_{\mathrm{k}}$$

donc

$$F \cdot d \cdot cos\,\alpha = E_{\mathrm{k_f}} - E_{\mathrm{k_i}} \ \ \textit{(14.1)}$$

où

$$F = G_{||} + F_{\mathrm{f}}$$

Étant donné que le vecteur force résultante est de sens opposé au vecteur déplacement, $\alpha = 180°$ et $\cos 180° = -1$

$E_{\mathrm{k_f}} = 0$ car la voiture s'arrête et d est la distance recherchée.

Nous pouvons donc écrire l'équation *(14.1*) comme suit :

$$-(G_{||} + F_{\mathrm{f}}) \cdot d = -E_{\mathrm{k_i}}$$

donc

$$\boxed{d = \frac{E_{\mathrm{k_i}}}{G_{||} + F_{\mathrm{f}}}}$$

Fiche n° 14

Document du professeur

3. Identification de la formule pour calculer la composante de la pesanteur parallèle à la direction du mouvement

$$G_{||} = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

4. Identification de la formule pour calculer la force de frottement F_{f}

$$F_{\mathrm{f}} = \frac{2}{100} \cdot m \cdot g$$

5. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale

$$E_{\mathrm{k_i}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{i}}^2$$

6. Indentification de la formule pour calculer la distance d'arrêt d en fonction des données

$$d = \frac{\frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{i}}^2}{m \cdot g \cdot \sin\theta + \frac{2}{100} \cdot m \cdot g} = \frac{\frac{1}{2} \cdot v_{\mathrm{i}}^2}{g \cdot \left(\sin\theta + \frac{2}{100} \right)}$$

7. Calcul de la distance d'arrêt d

$$d = \frac{50 \cdot 25^2}{10 \cdot (100 \cdot \sin 7° + 2)} = \frac{5 \cdot 25^2}{(100 \cdot 0{,}122 + 2)} = \frac{5 \cdot 25^2}{(12{,}2 + 2)} = \frac{3125}{14{,}2}$$

$$\boxed{d = 220 \text{ m}}$$

Fiche n° 14

Document du professeur

Aide à la résolution

1. Représentation de toutes les forces qui agissent sur la voiture *(figure 14.2)*.
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Le travail de la force résultante est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture

$$W_{\vec{F}} = \Delta E_{\mathrm{k}}$$

$$-(G_{\|} + F_{\mathrm{f}}) \cdot d = -E_{\mathrm{k_i}}$$

$$\boxed{d = \frac{E_{\mathrm{k_i}}}{G_{\|} + F_{\mathrm{f}}}}$$

3. Identification de la formule pour calculer la composante de la pesanteur parallèle à la direction du mouvement

$$G_{\|} = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

4. Identification de la formule pour calculer la force de frottement

$$F_{\mathrm{f}} = \frac{2}{100} \cdot m \cdot g$$

5. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale

$$E_{\mathrm{k_i}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{i}}^2$$

6. Identification de la formule pour calculer la distance d'arrêt d en fonction des données

$$d = \frac{50 \cdot v_{\mathrm{i}}^2}{g \cdot (100 \cdot \sin\theta + 2)}$$

7. Calcul de la distance d'arrêt d.

Fiche n° 15

Document du professeur

Thème : lois de conservation, énergie **Niveau :** 1

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Ration alimentaire

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

Figure 15.1

Tous les animaux, y compris l'homme, consomment de l'énergie interne, même pendant le sommeil.

La dépense énergétique minimale correspondant au simple entretien de la vie d'une personne au repos (mais à l'état éveillé) est appelée métabolisme de base (ou basal).

On a cherché des formules approchées calculant le métabolisme de base (MB) de l'être humain pendant 24 heures (à jeun et au repos dans une chambre thermostatisée). Mifflin et St Jeor ont proposé les formules suivantes :

1) pour les hommes

$$MB = (9{,}99 \cdot m + 6{,}25 \cdot h - 4{,}92 \cdot a + 5) \cdot 4186$$

2) pour les femmes

$$MB = (9{,}99 \cdot m + 6{,}25 \cdot h - 4{,}9 \cdot a - 161) \cdot 4186$$

où m est la masse en kg, h la taille en cm et a l'âge en années. Le métabolisme de base est exprimé en kJ/jour.

Que doit ingérer un homme âgé de 18 ans, de masse 80 kg et mesurant 1,90 m pour assurer son métabolisme de base ? Une calorie vaut 4,186 J.

Aliments et quantités	Valeurs énergétiques
1 chocolat chaud (250 ml)	995 kcal
1 verre de cola (250 ml)	110 kcal
1 milkshake (250 ml)	276 kcal
1 croissant	244 kcal
1 pain au chocolat	281 kcal
Baguette (60 g)	165 kcal
Céréales (60 g)	225 kcal
Petits pois (175 g)	147 kcal
Brocoli (175 g)	61 kcal
Carotte crue (175 g)	41 kcal
Riz (200 g)	260 kcal
Pomme de terre (200 g)	129 kcal
Couscous (200 g)	224 kcal
100 g de frites	283 kcal
1 hamburger	255 kcal
1 Big Mac	500 kcal
1 sandwich	500 kcal
1 croque-monsieur	396 kcal
Nachos au fromage (200 g)	459 kcal
1 barre chocolatée	212 kcal
1 barre au caramel	289 kcal
Pizza au fromage (200 g)	536 kcal
Merlan (120 g)	142 kcal
Truite (180 g)	270 kcal
Cuisse de poulet rôti (200 g)	464 kcal
Pilon de poulet pané frit (120 g)	349 kcal
Côte de bœuf (120 g)	346 kcal

Tableau 15.2

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée

Fiche n° 15

Document du professeur

Solution

1. Calcul du métabolisme de base en kJ/jour.

   Il suffit de remplacer les données dans la formule

   $MB = (9{,}99 \cdot 80 + 6{,}25 \cdot 190 - 4{,}92 \cdot 18 + 5) \cdot 4186 = 7\,966{,}5$ kJ/jour

   soit environ MB=8 000 kJ/jour.

2. Transformation du MB de kJ/jour en kcal/jour.

   Il faut, pour utiliser les données du tableau, convertir cette valeur en kcal.

   On obtient

$$MB = \frac{7\,966{,}5}{4{,}186} = 1\,903 \text{ kcal}$$

$$\boxed{MB = 1{,}90 \text{ Mcal}}$$

3. Constitution d'un menu comportant environ 1,90 Mcal, ce qui peut être apporté par (environ)

2 cuisses de poulet	928	ou	2 croissants	487
Frites (200 g)	566		Carottes crues (175 g)	41
Petits pois (175 g)	147		Riz (200 g)	260
Carottes crues (350 g)	82		1 côte de bœuf (120 g)	346
1 barre chocolatée	212		1 sandwich	500
1 litre d'eau	0		1 milk-shake (250 ml)	276
en kcal	1 935		en kcal	1 910

Aide à la résolution

1. Calcul du métabolisme de base en kJ/jour.
2. Transformation des unités du MB de kJ/jour en kcal/jour.
3. Reconstitution d'un menu comportant environ 1,90 Mcal.

Fiche n° 16

Document du professeur

Thème : lois de conservation, énergie **Niveau :** 2

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Consommation énergétique d'un cycliste

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

Tous les êtres vivants ont besoin d'énergie pour entretenir le processus vital. On va essayer d'appliquer les idées de la thermodynamique au corps humain. On considère une personne effectuant une activité (bicyclette, marche, monter un escalier, ...) nécessitant de produire un travail W pendant une durée Δt.

Cette activité physique est associée à un dégagement de chaleur Q par le corps. Un cycliste de 20 ans de 70 kg roule à bicyclette pendant 4 h. Selon les tableaux ci-dessous et sachant que les pâtes contiennent jusqu'à 71% d'**hydrates de carbone** complexes, calculez la quantité de pâtes nécessaire à cette activité si cette énergie est obtenue uniquement à partir du métabolisme des hydrates de carbone.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Activités	Métabolismes approximatifs par unité de masse pour un homme d'environ 20 ans (J/s.kg)
Endormi	1,1
Assis	1,5
Marchant	4,3
Roulant à bicyclette	7,6
Courant	18,0

Tableau 16.1

Aliments	Contenu énergétique par unité de masse (en kJ/g)
Hydrate de carbone	17,2
Protéine	17,6
Graisse	38,9

Tableau 16.2

Fiche n° 16

Document du professeur

Solution

1. Calcul de l'énergie dépensée par le cycliste.

   D'après le *tableau 16.1*, on constate que le métabolisme par unité de masse d'un cycliste est de $7{,}6\ \mathrm{W/kg}$.

   Un homme de $70\ \mathrm{kg}$ dissipe donc une puissance de $70 \cdot 7{,}6 = 532\ \mathrm{W}$

   Après 4h, l'énergie totale consommée sera de

   $$E = 532 \cdot 4 \cdot 3600 = 7{,}66\ \mathrm{MJ}$$

2. Calcul de la quantité de pâtes que doit consommer le cycliste.

   D'après le *tableau 16.2*, les hydrates de carbone fournissent 17,2 kJ par g.

   Il lui en faut donc $7\,660{,}8 / 17{,}2 = 445{,}4\ \mathrm{g}$

   Cette valeur correspond à $71\ \%$ de la masse de pâtes ingurgitées.

   Il faut donc en consommer

   $$M = 445{,}4 / 0{,}71 = 627\ \mathrm{g}$$

   $$\boxed{M = 627\ \mathrm{g}}$$

Aide à la résolution

1. Calcul de l'énergie dépensée par le cycliste à partir du *tableau 16.1* et la masse du cycliste.
2. Calcul de la quantité de pâtes qui doit être consommée par le cycliste, à partir du *tableau 16.2*, étant donné que les pâtes contiennent $71\ \%$ d'hydrates de carbone.

Fiche n° 17

Document du professeur

Thème : conservation de l'énergie et dégradation de l'énergie mécanique	**Niveau :** 4
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Grêlon	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

©Esteban Jiménez

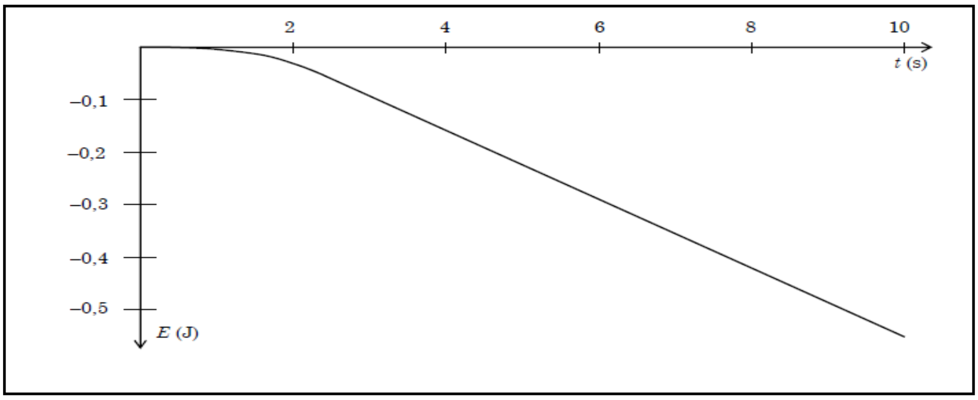
Figure 17.1

La grêle est un phénomène redouté. En quelques minutes, elle peut anéantir des cultures entières de vigne ou de fruits, briser des serres, des vitres, ou endommager des voitures...

Ce type de précipitation se forme durant des orages particulièrement forts lorsque l'air est très humide et que les courants ascendants sont puissants.

Elle prend la forme de billes de glace (*grêlons*) dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à une dizaine de centimètres.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution au cours du temps de l'énergie mécanique totale E d'un petit grêlon de masse $0{,}5\ \mathrm{g}$ qui tombe verticalement dans l'air. Quelle est la vitesse limite du grêlon ? Prenez $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$.



Graphique 17.2

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 17

Document du professeur

Solution

1. Choix de l'intervalle de temps pour calculer la vitesse limite.

   Pour calculer la vitesse limite nous choisissons un tronçon de la courbe où le grêlon se déplace à la vitesse limite et par conséquent constante. Vu la linéarité du tracé nous pouvons choisir les valeurs suivantes

E (J)	t (s)
$-0,20$	$4,5$
$-0,50$	$9,1$

2. Analyse de la dégradation de l'énergie.

   Entre ces deux points le grêlon est sous l'influence de 2 forces : le frottement de l'air qui ralentit sa chute et la force de pesanteur qui l'accélère. Au départ, cette dernière est, en mesure, supérieure à la force de frottement. La force de pesanteur demeure constante tandis que la force de frottement augmente. Lorsqu'elles deviennent égales, la vitesse atteint une valeur limite constante :

$$v_{\text{lim}} = \text{constante car } F_{\text{f}} = P \ (= m \cdot g) \text{ donc } a = 0$$

   Le travail effectué par la force de frottement est égal à

$$W = F_{\text{f}} \cdot \Delta h \quad \text{ou bien } W = m \cdot g \cdot \Delta h$$

   Donc la chaleur dissipée dans l'air est

$$Q = -m \cdot g \cdot \Delta h \qquad (17.1)$$

3. Analyse de la conservation de l'énergie.

   L'énergie mécanique ne se conserve pas, mais l'énergie totale bien.

   Nous pouvons écrire que

$$(E_{\text{m}})_{\text{f}} - (E_{\text{m}})_{\text{i}} = W_{\vec{F}_{\text{f}}} = -Q \qquad (17.2)$$

   Grâce aux équations *(17.1)* et *(17.2)* nous pouvons écrire que

$$(E_{\text{m}})_{\text{f}} - (E_{\text{m}})_{\text{i}} = m \cdot g \cdot \Delta h \qquad (17.3)$$

   où Δh est la variation d'altitude du grêlon entre les deux instants considérés.

   Dès que le grêlon atteint la vitesse limite, il se déplace en M.R.U ; on a l'équation

$$v_{\text{lim}} = \frac{-\Delta h}{\Delta t} \qquad (17.4)$$

Fiche n° 17

Document du professeur

Et en divisant *(17.3)* par Δt, nous pouvons écrire que

$$\frac{\left(E_{\mathrm{m}}\right)_{\mathrm{f}}-\left(E_{\mathrm{m}}\right)_{\mathrm{i}}}{\Delta t}=\frac{m\cdot g\cdot \Delta h}{\Delta t}$$

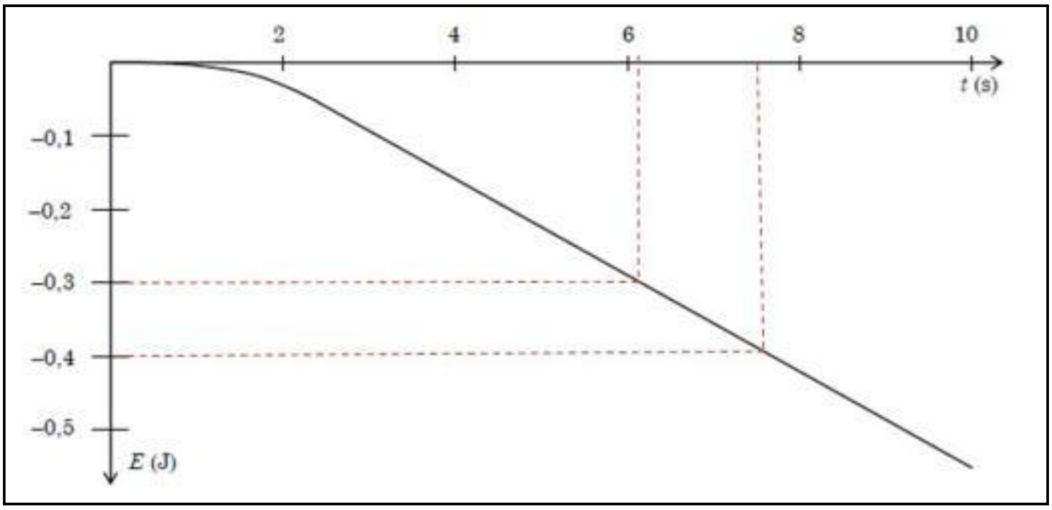
Le terme de gauche représente le coefficient angulaire de la droite donc selon l'équation *(17.4)*, nous pouvons calculer la valeur absolue de la vitesse limite comme suit :

$$v_{\mathrm{lim}}=\frac{-\Delta E/\Delta t}{m\cdot g}$$

$$\frac{\Delta E}{\Delta t}=\frac{-0,5-(-0,2)}{9,1-4,5}=-0,065$$

$$v_{\mathrm{lim}}=\frac{0,065}{m\cdot g}=\frac{0,065}{0,5\cdot 10^{-3}\cdot 10}=13 \text{ m/s}$$

$$\boxed{v_{\mathrm{lim}}=13 \text{ m/s}=47 \text{ km/h}}$$



Graphique 17.3

Aide à la résolution

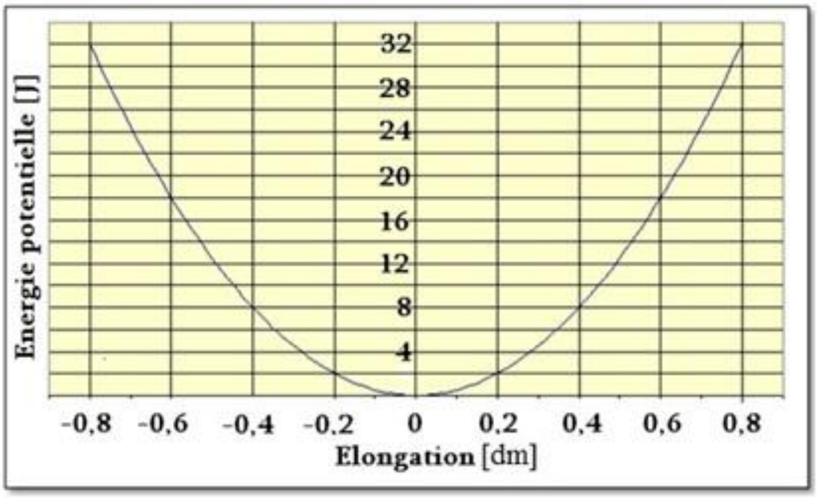
1. Choix de l'intervalle de temps pour calculer la vitesse limite.
2. Analyse de la dégradation de l'énergie.
3. Analyse de la conservation de l'énergie.

Fiche n° 18

Document du professeur

Thème : conservation de l'énergie mécanique en l'absence de frottements	**Niveau :** 3
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Ressort horizontal (1)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne



Graphique 18.1

Une masse ponctuelle de 250 g, accrochée à l'extrémité d'un ressort, oscille sans frottements sur un surface plane horizontale.

L'énergie potentielle élastique du système est représentée sur le graphique 18.1 :

Compléter le tableau 18.2 :

Élongations	$E_p\,(\mathrm{J})$	$E_m\,(\mathrm{J})$	$E_k\,(\mathrm{J})$
$x = -\ 0{,}08$ m			
$x = -\ 0{,}04$ m			
$x = +\ 0{,}00$ m			
$x = +\ 0{,}02$ m			
$x = +\ 0{,}06$ m			

Tableau 18.2

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 18

Document du professeur

Solution

1. Identification de l'énergie mécanique totale du système.

   L'énergie mécanique totale devant se conserver, sa valeur doit être, à tout instant, égale à 32 J.

   À l'élongation maximale ($x = +\ 0{,}08$ m ou $x = -\ 0{,}08$ m), l'énergie potentielle est maximale et l'énergie cinétique est nulle. À la position d'équilibre ($x = 0{,}00$ m), c'est l'inverse.

   À chaque instant l'énergie mécanique totale est la somme de l'énergie potentielle et de l'énergie cinétique.

Élongations	E_p (J)	E_m (J)	E_k (J)
$x = -\ 0{,}08$ m		32	
$x = -\ 0{,}04$ m		32	
$x = +\ 0{,}00$ m		32	
$x = +\ 0{,}02$ m		32	
$x = +\ 0{,}06$ m		32	

Tableau 18.3

2. Identification de l'énergie potentielle élastique.

   On lit également la valeur de l'énergie potentielle sur le graphique.

Élongations	E_p (J)	E_m (J)	E_k (J)
$x = -\ 0{,}08$ m	32	32	
$x = -\ 0{,}04$ m	8	32	
$x = +\ 0{,}00$ m	0	32	
$x = +\ 0{,}02$ m	2	32	
$x = +\ 0{,}06$ m	18	32	

Tableau 18.4

Fiche n° 18

Document du professeur

3. Calcul de l'énergie cinétique de la masse

   Par conséquent, comme

$$E_{\mathrm{m}} = E_{\mathrm{k}} + E_{\mathrm{p}} \quad \text{ou} \quad E_{\mathrm{k}} = E_{\mathrm{m}} - E_{\mathrm{p}}$$

   nous avons les résultats suivants :

Élongations	$E_{\mathrm{p}}(\mathrm{J})$	$E_{\mathrm{m}}(\mathrm{J})$	$E_{\mathrm{k}}(\mathrm{J})$
$x = -\ 0{,}08$ m	32	32	0
$x = -\ 0{,}04$ m	8	32	24
$x = +\ 0{,}00$ m	0	32	32
$x = +\ 0{,}02$ m	2	32	30
$x = +\ 0{,}06$ m	18	32	14

Tableau 18.5

Aide à la résolution

1. Identification de l'énergie mécanique totale du système.
2. Identification de l'énergie potentielle élastique.
3. Calcul de l'énergie cinétique de la masse.

Fiche n° 19

Document du professeur

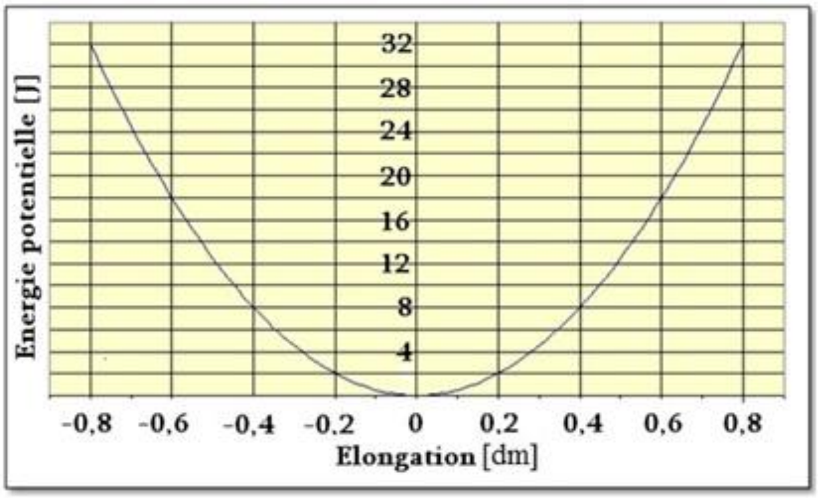
Thème : conservation de l’énergie mécanique en l’absence de frottements	**Niveau :** 3
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Ressort horizontal (2)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

Consigne

Une masse ponctuelle de 250 g, accrochée à l’extrémité d’un ressort, oscille sans frottements sur un surface plane horizontale.

L’énergie potentielle élastique du système est représentée sur le graphique ci-dessous :

Calculer la vitesse en $x = 0,4$ dm.



Graphique 19.1

Vous disposez de 40 minutes, d'une règle graduée et d’une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée

Fiche n° 19

Document du professeur

Solution

1. Identification de l'énergie mécanique totale du système.
2. Par lecture du graphique, on détermine l'énergie mécanique totale.
3. Elle vaut $32\ \text{J}$.
4. Identification de l'énergie potentielle élastique.
5. En $x = 0,4\ \text{dm}$, l'énergie potentielle élastique est de $8\ \text{J}$.
6. Calcul de l'énergie cinétique de la masse.

   Comme

   $$E_{\text{m}} = E_{\text{k}} + E_{\text{p}}$$

   ou encore

   $$E_{\text{k}} = E_{\text{m}} - E_{\text{p}}$$

   donc l'énergie cinétique est de $24\ \text{J}$.
7. Calcul de la vitesse

   comme

   $$E_{\text{k}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{k}}}{m}}$$

   la vitesse vaut

   $$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 24}{0,25}} = 13,86\ \text{m/s}$$

   $$\boxed{v = 13,9\ \text{m/s}}$$

Aide à la résolution

1. Identification de l'énergie mécanique totale du système.
2. Identification de l'énergie potentielle élastique.
3. Calcul de l'énergie cinétique de la masse.
4. Calcul de la vitesse.

Fiche n° 20

Document du professeur

Thème : conservation de l'énergie mécanique en l'absence de frottement **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Ressort horizontal (3)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

On considère un système masse-ressort horizontal. La masse est de 30 g et la raideur du ressort vaut $1{,}4 \text{ N/m}$.

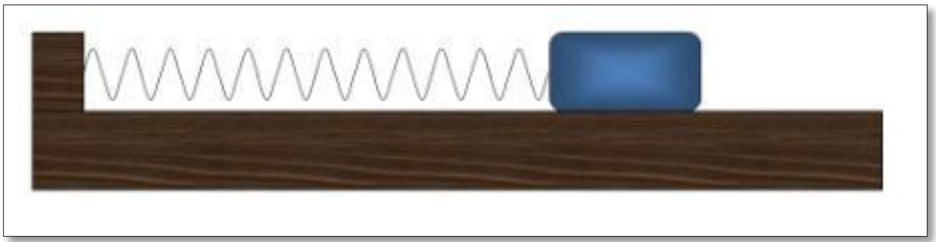


Figure 20.1

On néglige les frottements. On écarte le système de 12 cm de sa position d'équilibre.

Compléter le tableau suivant

Calculer la période d'oscillation				
Calculer l'énergie mécanique totale				
Calculer la vitesse de la masse en				
$x = 12 \text{ cm}$	$x = 8 \text{ cm}$	$x = 0 \text{ cm}$	$x = -8 \text{ cm}$	$x = -12 \text{ cm}$
$v =$	$v =$	$v =$	$v =$	$v =$

Tableau 20.2

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 20

Document du professeur

Solution

1. Calcul de la période

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0,030}{1,4}}$$

$$\boxed{T = 0,92\ \mathrm{s}}$$

2. Calcul de l'énergie mécanique

$$E_\mathrm{m} = \frac{1}{2}k \cdot x_{\max}^2 = \frac{1}{2}1,4 \cdot 0,12^2$$

$$\boxed{E_\mathrm{m} = 0,01008\ \mathrm{J}}$$

3. On peut calculer l'énergie cinétique en tout point par différence

$$E_\mathrm{m} = E_\mathrm{k} + E_\mathrm{p}$$

$$E_\mathrm{k} = E_\mathrm{m} - E_\mathrm{p}$$

où

$$E_\mathrm{p} = \frac{1}{2}k \cdot x^2$$

donc

$$E_\mathrm{k} = E_\mathrm{m} - \frac{1}{2}k \cdot x^2$$

4. Calcul de la vitesse en chaque point

$$E_\mathrm{k} = \frac{1}{2}m \cdot v^2$$

donc

$$\frac{1}{2}m \cdot v^2 = E_\mathrm{m} - \frac{1}{2}k \cdot x^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_\mathrm{m} - k \cdot x^2}{m}}$$

En $x = 8$ cm (et x=-8 cm)

$$v_{(8)} = v_{(-8)} = \sqrt{\frac{2 \cdot (0,01008) - 1,4 \cdot 0,08^2}{0,030}}$$

$$\boxed{v_{(8)} = v_{(-8)} = 0,61 \text{ m/s}}$$

En $x = 0$ cm

$$v_{(0)} = \sqrt{\frac{2 \cdot (0,01008) - 1,4 \cdot 0^2}{0,030}}$$

$$\boxed{v_{(0)} = 0,82 \text{ m/s}}$$

Calculer la période d'oscillation		$T = 0,92$ s		
Calculer l'énergie mécanique totale		$E = 0,01008$ J		
Calculer la vitesse de la masse en				
$x = 12$ cm	$x = 8$ cm	$x = 0$ cm	$x = -8$ cm	$x = -12$ cm
$v = 0$ m/s	$v = 0,61$ m/s	$v = 0,82$ m/s	$v = 0,61$ m/s	$v = 0$ m/s

Tableau 20.2

Aide à la résolution

1. Calcul de la période

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

2. Calcul de l'énergie mécanique

$$E_{\text{m}} = \frac{1}{2}k \cdot x_{\text{max}}^2$$

3. Calcul de l'énergie cinétique en chaque point

$$E_{\text{k}} = E_{\text{m}} - \frac{1}{2}k \cdot x^2$$

4. Calcul de la vitesse en chaque point

$$E_{\text{k}} = \frac{1}{2}m \cdot v^2$$

donc

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{m}} - k \cdot x^2}{m}}$$

Fiche n° 21

Document du professeur

Thème : énergie potentielle élastique et gravifique	**Niveau :** 4
Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète	
Titre : Flipper	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	

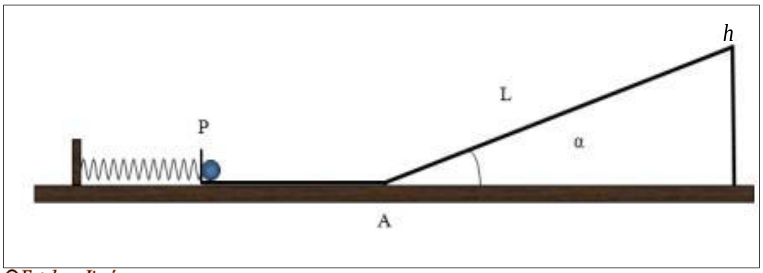
Consigne

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_rebuilt_Terminator_2_pinball_machine.jpg

Figure 21.1

Le flipper est constitué d'un plan horizontal de $40\ \text{cm}$ et d'un plan incliné sous l'angle $\alpha = 20°$ avec l'horizontale et d'une longueur de $80\ \text{cm}$. Une bille de flipper en acier, initialement placée dans son logement cylindrique fixé sur le plateau de flipper, repose contre l'embout d'un ressort dont l'autre extrémité est fixée au fond du logement. Le joueur contracte alors le ressort au maximum et, à un instant $t = 0\ \text{s}$ pris comme origine, il le relâche brusquement.

On néglige complètement le frottement de la bille sur le plateau, de sorte qu'elle ne fait que glisser sans rouler ni frotter. On l'assimilera donc à un point matériel de rayon nul. La masse du ressort est supposée négligeable.



©Esteban Jiménez

Figure 21.2

On prend $g = 10\ \text{m/s}^2$.

La bille est en acier, son diamètre est $\varnothing = 0{,}8\ \text{pouce}\ (1\ \text{pouce} = 25{,}4\ \text{mm})$.

La masse volumique de l'acier est $\rho = 7{,}8 \cdot 10^3\ \text{kg/m}^3$.

Le volume d'une sphère vaut $V = \dfrac{4}{3}\pi \cdot r^3$. La raideur du ressort vaut $k = 35\ \text{N/m}$.

Au sommet du plan incliné, se trouve une cible H à atteindre. Quelle doit être l'allongement minimum du ressort pour que la bille atteigne la cible ?

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 21

Document du professeur

Solution

1. Analyse de la conservation de l'énergie mécanique dans le système ressort-bille-plan incliné.

   On comprime le ressort, on pose la bille contre la butée et on libère le système.

   La bille quitte la butée et on considère qu'elle poursuit son mouvement en glissant sans frottement sur la portion de plan horizontal, puis sur le plan incliné avant d'atteindre la cible H.

   La bille possède une énergie cinétique qui lui vient de l'énergie élastique emmagasinée dans le ressort. En remontant le plan, cette énergie cinétique se transforme progressivement en énergie potentielle de pesanteur jusqu'au moment où elle touche la cible.

$$E_{\mathrm{p_{ressort}}} = E_{\mathrm{k_{bille}}} = E_{\mathrm{p_{bille}}}$$

2. En égalant l'énergie potentielle élastique du ressort et l'énergie potentielle gravifique de la bille au niveau de la cible, on peut déterminer la contraction minimale du ressort

$$\frac{k \cdot x^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{k}} \qquad \textit{(21.1)}$$

   Remarquez que selon les données de la consigne, il nous manque la valeur de la masse m et celle de la hauteur h, nécessaires pour trouver la valeur de x.

3. Calcul de la masse de la bille

$$m = \rho \cdot V = \rho \frac{4}{3}\pi \cdot r^3 = 7{,}8 \cdot 10^3 \cdot \frac{4}{3}\pi \cdot \left(0{,}4 \cdot 25{,}4 \cdot 10^{-3}\right)^3 = 0{,}034 \text{ kg}$$

4. Calcul de la hauteur de la cible

   d'après la *figure (21.2)*, $h = L \cdot \sin\theta = 0{,}8 \cdot \sin 20° = 0{,}2736 \text{ m}$

5. Calcul de la distance minimale x

   selon l'équation *(21.1)*, $x = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 0{,}034 \cdot 10 \cdot 0{,}2736}{35}}$

$$\boxed{x = 0{,}073 \text{ m}}$$

Fiche n° 21

Document du professeur

Aide à la résolution

1. Analyse de la conservation de l'énergie mécanique dans le système ressort-bille-plan incliné.

$$E_{p_{\text{ressort}}} = E_{k_{\text{bille}}} = E_{p_{\text{bille}}}$$

2. Identification de la formule de l'élongation du ressort, à partir des formules de l'énergie potentielle élastique du ressort et de l'énergie potentielle gravifique de la bille.

$$\frac{k \cdot x^2}{2} = m \cdot g \cdot h$$

$$x = \sqrt{\frac{2 \cdot m \cdot g \cdot h}{k}} \qquad (21.2)$$

   Remarquez que selon les données de la consigne, il nous manque la valeur de la masse m et celle de la hauteur h, nécessaires pour trouver la valeur de *x*.

3. Calcul de la masse de la bille

$$m = \rho \cdot V = \rho \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

4. Calcul de la hauteur de la bille

   d'après la *figure 21.2*, $h = L \cdot \sin \theta$

5. Calcul de la distance minimale *x*, grâce à l'équation *(21.2)*.

Fiche n° 22

Document du professeur

Thème : travail et énergie **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Voiture (1)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

Voici le graphique $v(t)$ (vitesse en fonction du temps) d'une voiture de $1\ 350$ kg qui se déplace en ligne droite. On considère que les frottements représentent en mesure $4\ \%$ du poids de la voiture. Calculez le travail du moteur si la voiture se déplace sur une route horizontale pendant 8 s.

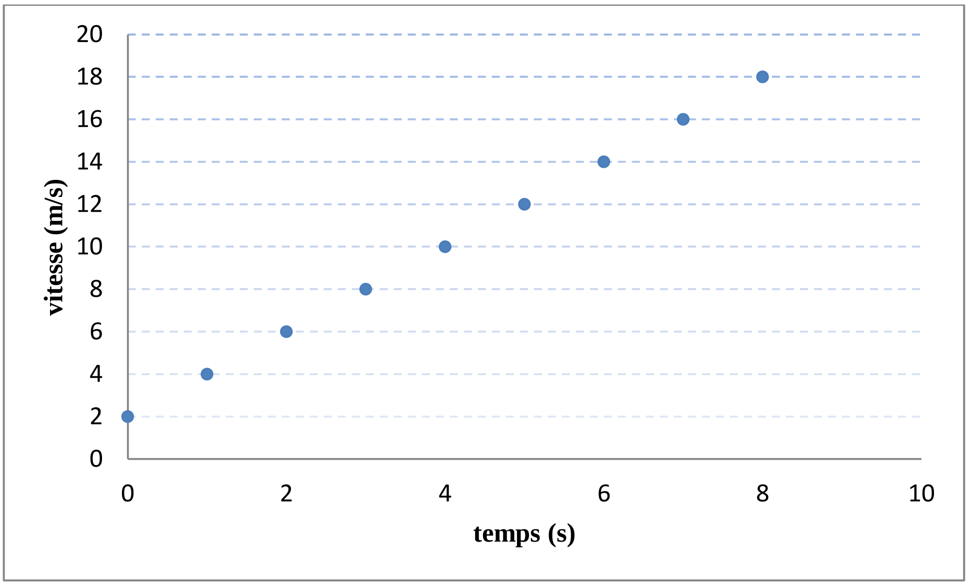


Figure 22.1

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 22

Document du professeur

Solution

1. La *figure 22.2* représente toutes les forces qui agissent sur la voiture.

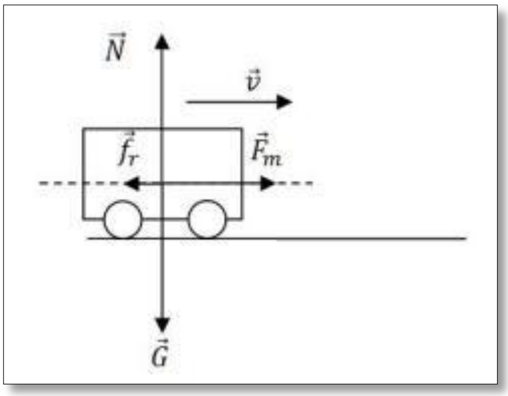


Figure 22.2

2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Les forces qui agissent sur la voiture dans la direction du mouvement sont la force de frottement (4 % de son poids en mesure) et la force du moteur.

   Nous pouvons appliquer le théorème de l'énergie cinétique : le travail de la résultante des forces est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture.

$$W_{\vec{F}} = \Delta E_k$$

   donc

$$W_{\vec{F}_m} + W_{\vec{F}_f} = E_{k_f} - E_{k_i}$$

3. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur

$$\boxed{W_{\vec{F}_m} = E_{k_f} - E_{k_i} - W_{\vec{F}_f} \qquad (22.1)}$$

4. Identification de la formule pour calculer le travail de la force de frottement

$$W_{\vec{F}_f} = F_f \cdot d \cdot \cos 180° = -F_f \cdot d = -\frac{4}{100} \cdot m \cdot g \cdot d$$

5. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale E_k

$$E_{k_i} = \frac{1}{2} m \cdot v_i^2$$

6. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur, en fonction des données fournies

$$W_{\vec{F}_m} = E_{k_f} - E_{k_i} - W_{\vec{F}_f}$$

Fiche n° 22

Document du professeur

$$W_{\vec{F}_m} = \frac{1}{2} m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_i^2 + \frac{4}{100} \cdot m \cdot g \cdot d$$

$$W_{\vec{F}_m} = \frac{1}{2} m \cdot (v_f^2 - v_i^2 + \frac{4}{50} \cdot g \cdot d) \qquad (22.2)$$

Selon l'équation *(22.2)*, nous pouvons calculer le travail en connaissant la valeur de la distance parcourue d car toutes les autres grandeurs sont données dans la consigne.

7. Calculer la distance d

Selon la consigne et le *graphique 22.1*, nous pouvons identifier le mouvement de la voiture à un MRUA, donc nous pouvons écrire qu'à tout moment de la trajectoire

$$d = v_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2$$

et que

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = \frac{18-2}{8} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$d = 2 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 8^2 = 16 + 64 = 80 \text{ m}$$

8. Calcul de la valeur du travail de la force du moteur.

Nous pouvons maintenant remplacer les données dans *(22.2)* pour calculer le travail

$$W_{F_m} = \frac{1}{2} \cdot 1350 \cdot \left(18^2 - 2^2 + \frac{4}{50} \cdot 10 \cdot 80\right) = 675 \cdot (384) = 259\ 200 \text{ J}$$

$$\boxed{W_{\vec{F}_m} = 259{,}2 \text{ kJ}}$$

Aide à la résolution

1. Représentation de toutes les forces qui agissent sur la voiture.
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.
3. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur.
4. Identification de la formule pour calculer le travail de la force de frottement.
5. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique E_k
6. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur en fonction des données fournies.
7. Calculer la distance d.
8. Calcul de la valeur du travail de la force du moteur.

Fiche n° 23

Document du professeur

Thème : travail et énergie **Niveau :** 4

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Voiture (2)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Consigne

Voici le graphique $v(t)$ (vitesse en fonction du temps) d'une voiture de 1 350 kg qui se déplace en ligne droite. On considère que les frottements représentent en mesure 4% du poids de la voiture. Calculez le travail du moteur, si la voiture monte en 8s, une côte rectiligne qui fait un angle de 4° avec l'horizontale. On prend g=10m/s²

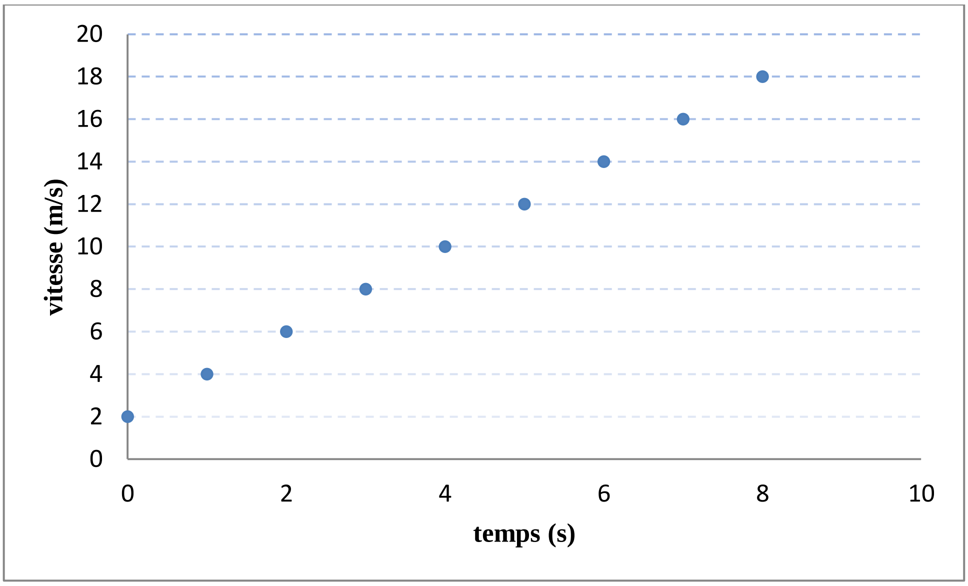


Figure 23.1

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 23

Document du professeur

Solution

1. La *figure 23.2* représente toutes les forces qui agissent sur la voiture.

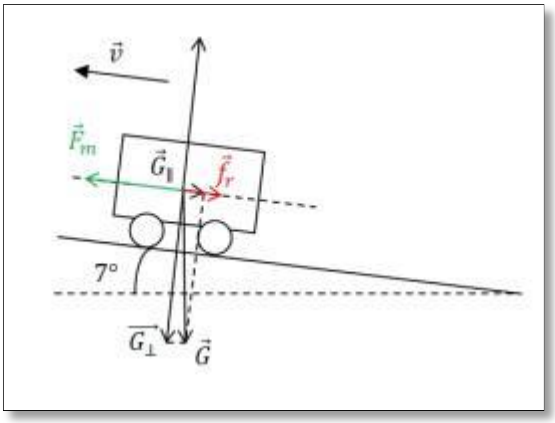


Figure 23.2

2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.

   Les forces qui agissent sur la voiture dans la direction du mouvement sont la force de frottement (4 % de son poids), la composante du poids parallèle au mouvement et la force du moteur.

   Nous pouvons appliquer le théorème de l'énergie cinétique : le travail de la résultante des forces est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture

$$W_{\vec{\mathrm{F}}} = \Delta E_{\mathrm{k}}$$

   donc

$$W_{\vec{F}_{\mathrm{m}}} + W_{\vec{G}_{\parallel}} + W_{\vec{F}_{\mathrm{f}}} = E_{\mathrm{k_f}} - E_{\mathrm{k_i}}$$

3. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur

$$W_{\vec{F}_{\mathrm{m}}} = E_{\mathrm{k_f}} - E_{\mathrm{k_i}} - W_{\vec{G}_{\parallel}} - W_{\vec{F}_{\mathrm{f}}} \qquad (23.1)$$

4. Identification de la formule pour calculer le travail de la force de frottement

$$W_{\vec{F}_{\mathrm{f}}} = F_{\mathrm{f}} \cdot d \cdot \cos 180° = -F_{\mathrm{f}} \cdot d$$

$$W_{\vec{F}_{\mathrm{f}}} = -\frac{4}{100} \cdot m \cdot g \cdot d$$

5. Identification de la formule pour calculer le travail de la composante de la pesanteur parallèle au mouvement

$$W_{G_{\parallel}} = G_{\parallel} \cdot d \cdot \cos\alpha \quad \text{où} \quad \alpha = 180° \ \text{ et } \ \cos 180° = -1$$

Fiche n° 23

Document du professeur

et

$$G_{||} = m \cdot g \cdot \sin\theta$$

donc

$$W_{\vec{G}_{||}} = -m \cdot g \cdot d \cdot \sin\theta$$

6. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale E_k

$$E_{k_i} = \frac{1}{2} m \cdot v_i^{\ 2}$$

7. Indentification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur, en remplaçant les résultats précédents dans *(23.1)*

$$W_{\vec{F}_m} = E_{k_f} - E_{k_i} - W_{\vec{G}_{||}} - W_{\vec{F}_f}$$

$$W_{\vec{F}_m} = \frac{1}{2} m \cdot v_f^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_i^2 + \frac{4}{100} \cdot m \cdot g \cdot d + m \cdot g \cdot d \cdot \sin\theta$$

$$\boxed{W_{\vec{F}_m} = \frac{1}{2} m \cdot \left(v_f^2 - v_i^2 + g \cdot d \cdot \left(\frac{4}{50} + 2 \cdot \sin\theta \right) \right) \qquad (23.2)}$$

Par l'équation *(23.2)* nous pouvons calculer le travail en connaissant la valeur de la distance parcourue d car toutes les autres grandeurs sont données dans la consigne.

8. Calculer la distance *d.*

La *figure 23.1* permet d'assimiler le mouvement de la voiture à un MRUA, donc nous pouvons écrire qu'à tout moment de la trajectoire

$$d = v_i \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot \Delta t^2$$

et que

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} = \frac{18 - 2}{8} = 2 \text{ m/s}^2$$

$$d = 2 \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 8^2 = 16 + 64 = 80 \text{ m}$$

9. Calcul de la valeur du travail de la force du moteur.

Nous pouvons maintenant remplacer les données dans *(23.2)* pour calculer la valeur du travail

$$W_{\vec{F}_m} = \frac{1}{2} \cdot 1350 \cdot \left(18^2 - 2^2 + 10 \cdot 80 \cdot \left(\frac{4}{50} - \sin 4° \right) \right) = 675 \cdot \left(320 + 800 \cdot (0{,}22) \right)$$

$$\boxed{W_{\vec{F}_m} = 335 \text{ kJ}}$$

Aide à la résolution

1. Représentation de toutes les forces qui agissent sur la voiture (*figure 23.2*).
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.
3. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur.
4. Identification de la formule pour calculer le travail de la force de frottement.
5. Identification de la formule pour calculer le travail de la composante de la pesanteur parallèle au mouvement.
6. Identification de la formule pour calculer l'énergie cinétique initiale E_{k}.
7. Identification de la formule pour calculer le travail de la force du moteur, en remplaçant les résultats précédents dans la formule *(23.1)*.
8. Calcul la distance d.
9. Calcul de la valeur du travail de la force du moteur.

Fiche n° 24

Document du professeur

Thème : travail et énergie **Niveau :** 2

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Prévention routière

Public cible : sciences générales, 2e degré, 4e année

Consigne

Voici un document trouvé sur le site

http://www.ffsa.fr/sites/upload/docs/application/pdf/2013-08/apr_risques.pdf/

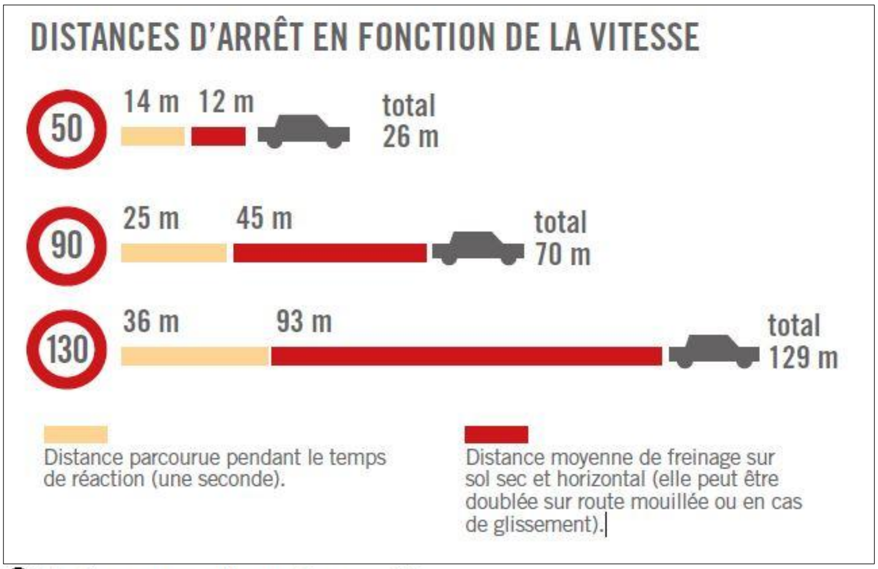


Figure 24.1

Calculer la quantité de chaleur dégagée par le freinage complet et en déduire l'intensité de la force de frottement développée par les freins lorsque la voiture passe de $90\ km/h$ à $0\ km/h$. On suppose que la masse de la voiture est de 1 200 kg.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 24

Document du professeur

Solution

1. La quantité de chaleur dégagée est égale à la variation d'énergie cinétique

$$-Q = \Delta E_\mathrm{k}$$

$$\Delta E_\mathrm{k} = \frac{1}{2} m \cdot v_\mathrm{f}^2 - \frac{1}{2} m v_\mathrm{i}^2$$

$$-Q = \frac{1}{2} 1200 \cdot 0^2 - \frac{1}{2} 1200 \cdot 25^2 = -375000 \text{ J}$$

Etant donné que l'unique force qui agit sur la voiture dans la direction du mouvement est la force de frottement (inconnue), nous pouvons appliquer le théorème de l'énergie cinétique comme suit.

Le travail de la force résultante est égal à la variation de l'énergie cinétique de la voiture

$$W_{\vec{F}_\mathrm{f}} = \Delta E_\mathrm{k} = -Q$$

2. Identification de la formule pour calculer la force de frottement

$$W_{\vec{F}_\mathrm{f}} = F_\mathrm{f} \cdot d \cdot \cos 180°$$

$$-Q = -F_\mathrm{f} \cdot d$$

donc

$$\boxed{F_\mathrm{f} = \frac{Q}{d}}$$

3. Calcul de la force de frottement

$$F_\mathrm{f} = \frac{375000}{45}$$

$$\boxed{F_\mathrm{f} = 8333 \text{ N}}$$

Aide à la résolution

1. Identification des informations pertinentes.
2. Analyse et application du théorème de l'énergie cinétique.
3. Identification de la formule pour calculer la force de frottement.
4. Calcul de la force de frottement.

Fiche n° 25

Document du professeur

Thème : travail et énergie **Niveau :** 3

Famille de tâches n° 2 : résoudre une application concrète

Titre : Wagonnet

Public cible : sciences générales, 2e degré, 4e année

Consigne

Un wagonnet de montagne russe progresse sur un plan incliné. Le graphique ci-dessous représente l'évolution de sa vitesse en fonction du temps. A l'instant $t = 0$ s, le wagonnet se situe à une hauteur de 8 mètres. La masse du wagonnet est de 500 kg. On considère qu'il n'y a pas de frottement. A quelle hauteur est-il à l'instant $t = 4$ s ?

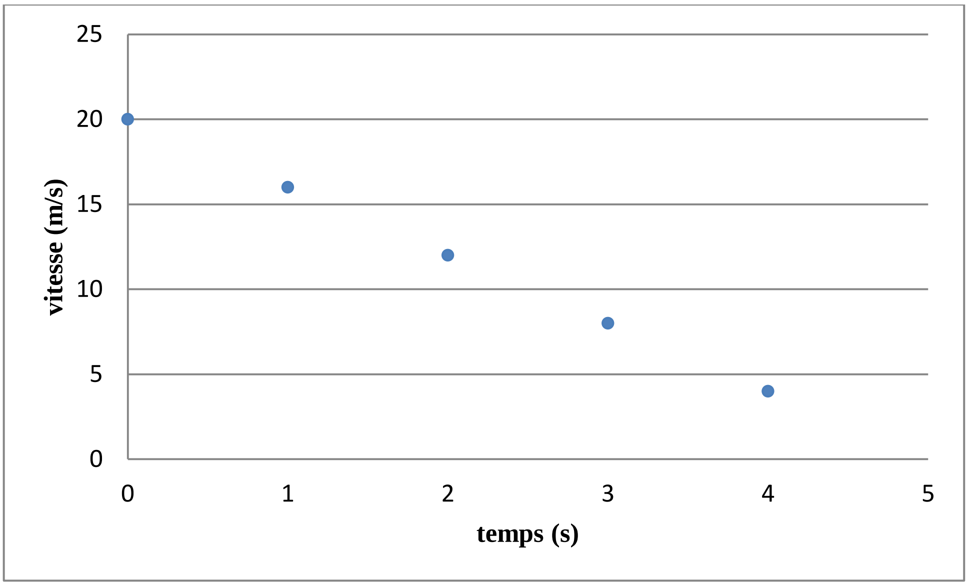


Figure 25.1

Vous disposez de 10 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 25

Document du professeur

Solution

1. En l'absence de frottement on peut considérer que l'énergie mécanique du wagonnet (dans le système wagonnet + Terre) est constante.
2. On a 2 positions A et B.

   En A, $v_{\mathrm{A}} = 20\ \mathrm{m/s}$ (graphique) et $h_{\mathrm{A}} = 8\ \mathrm{m}$ (énoncé)

   En B, $v_{\mathrm{B}} = 4\ \mathrm{m/s}$ (graphique) et on cherche la valeur de la hauteur.
3. On sait que

$$E_{\mathrm{m_A}} = E_{\mathrm{m_B}}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{A}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\mathrm{A}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{B}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\mathrm{B}}$$

On simplifie la masse m et on remplace les données, on obtient

$$\frac{1}{2} \cdot 20^2 + 10 \cdot 8 = \frac{1}{2} \cdot 4^2 + 10 \cdot h_{\mathrm{B}}$$

$$200 + 80 = 8 + 10 \cdot h_{\mathrm{B}}$$

$$h_{\mathrm{B}} = \frac{272}{10}$$

$$\boxed{h_{\mathrm{B}} = 27{,}2\ \mathrm{m}}$$

Aide à la résolution

1. En l'absence de frottement on peut considérer que l'énergie mécanique du wagonnet (dans le système wagonnet + Terre) est constante.
2. Saisir les données en deux points du graphique (A et B) et comparer leur énergie mécanique. On a que

$$E_{\mathrm{m_A}} = E_{\mathrm{m_B}}$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{A}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\mathrm{A}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\mathrm{B}}^2 + m \cdot g \cdot h_{\mathrm{B}}$$

3. Simplifier la masse m et remplacer les données selon le graphique ou l'énoncé.

Document de l'élève

Fiche n° 1

Document de l'élève

Titre : Lancer vertical d'un ballon (1)	
Public cible : sciences générales, 2e degré, 4e année	
Nom :...	**Date :......../........./........**
Classe :.......	**Évaluation :……../20**

Consigne

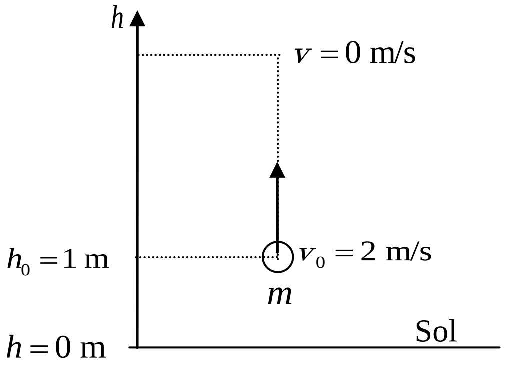
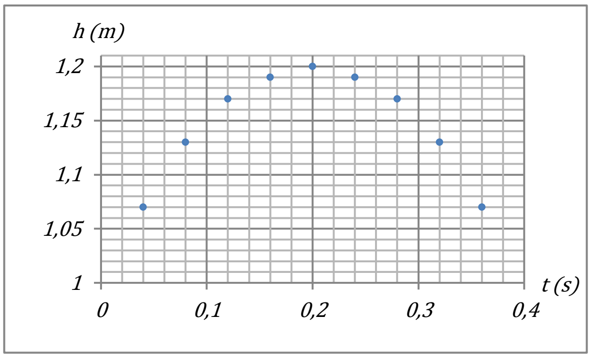
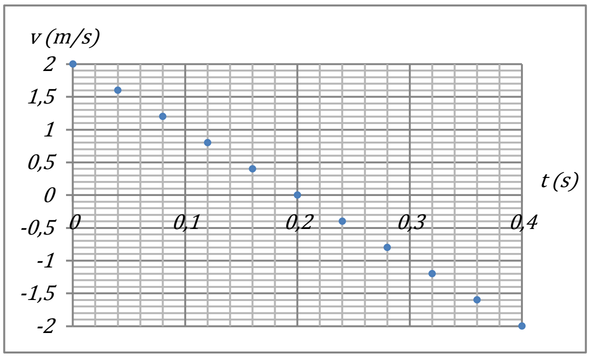


Figure 1.1

A l'instant $t = 0$ s, un enfant lance verticalement vers le haut, d'une hauteur initiale $h_0 = 1$ m, un ballon de masse $m = 0,4$ kg, en lui communiquant une vitesse initiale $v_0 = 2\ m/s$. L'étude du mouvement permet d'obtenir les graphiques suivants :



Graphique 1.2



Graphique 1.3

Complétez le tableau suivant à partir des données correspondant aux points notés sur les graphiques et montrez que l'énergie mécanique totale se conserve $(g = 10\ m/s^2)$:

t (s)											
v (m/s)											
h (m)											
E_k (J)											
E_p (J)											
E_m (J)											

Tableau 1.4

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 2

Document de l'élève

Titre : Lancer vertical d'un ballon (2)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :..	**Date :**......../........./........
Classe :.................	**Évaluation :**……./20

Consigne

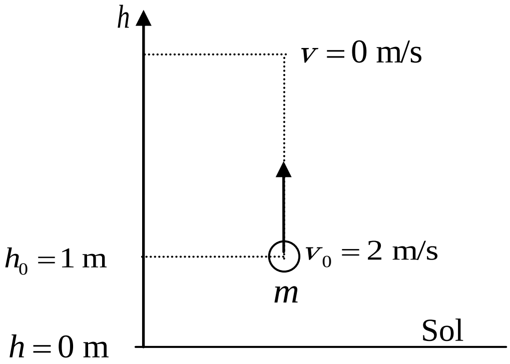
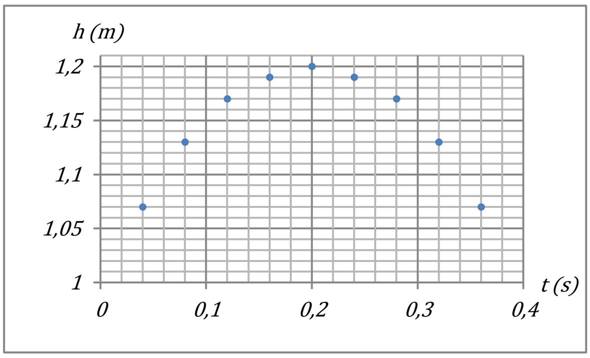
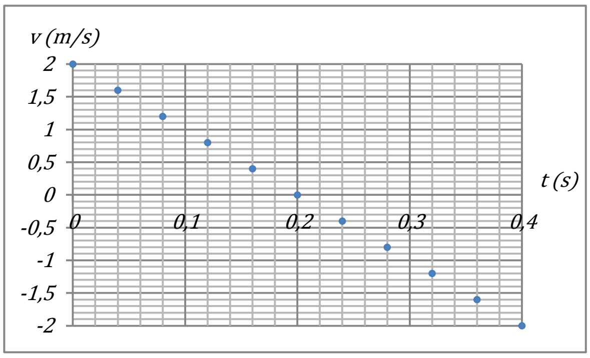


Figure 2.1

A l'instant $t = 0$ s, un enfant lance verticalement vers le haut, d'une hauteur initiale $h_0 = 1$ m, un ballon de masse $m = 0,4$ kg, en lui communiquant une vitesse initiale $v_0 = 2\ m/s$. L'étude du mouvement permet d'obtenir les graphiques suivants :



Graphique 2.2



Graphique 2.3

Complétez le tableau suivant et montrez que d'autres grandeurs que l'énergie sont conservées mais qu'elles dépendent explicitement du temps $(g = 10\ m/s^2)$.

t (s)											
v (m/s)											
h (m)											
$v + g \cdot t$ (m/s)											
$h - v \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}$ (m)											

Tableau 2.4

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée

Fiche n° 3

Document de l'élève

Titre : Fusion de l'hydrogène	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :..	**Date :......../........./........**
Classe :.................	**Évaluation :….…/20**

Consigne

Calculez l'énergie rayonnée lors de la réaction-bilan de fusion nucléaire de 4 protons donnant un noyau d'hélium (plus deux positons et deux neutrinos)

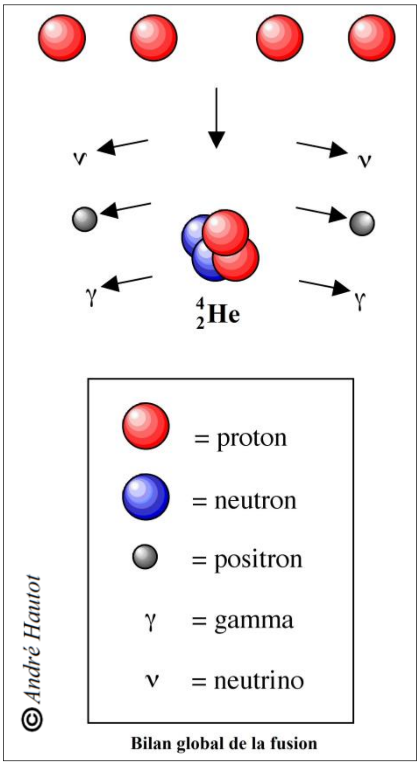


Fig. 3.1

$$4\ {}^1_1\text{p} \to {}^4_2\text{He} + 2\ {}^0_1\text{e} + 2\ {}^0_0\nu_e + E$$

ou

$$4\ {}^1_1\text{H} \to {}^4_2\text{He} + 2\ {}^0_1\text{e} + 2\ {}^0_0\nu_e + E$$

Pour résoudre ce problème, vous avez besoin de connaitre ce qui suit

L'énergie de masse de l'électron : $m_e \cdot c^2 = 0{,}511\ \text{MeV}$

L'énergie de masse du noyau d'hydrogène :

$m_{^1_1\text{H}} \cdot c^2 = 938{,}272\ \text{MeV}$

L'énergie de masse du noyau d'hélium :

$m_{^4_2\text{He}} \cdot c^2 = 3727{,}379\ \text{MeV}$

Il s'agit, dans chaque cas, de l'énergie de matière $\left(E = m \cdot c^2\right)$ des particules en question.

Le MeV est l'unité d'énergie traditionnellement utilisée par les physiciens nucléaires pour qui le joule est une unité trop grande pour leurs travaux.

On a le facteur de conversion suivant : $1\ \text{MeV} = 1{,}602 \cdot 10^{-13}\ \text{J}$

Vous disposez de 15 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 4

Document de l'élève

Titre : Perte de masse du Soleil

Public cible : sciences générales, 3^{e} degré, 6^{e} année

Nom :.. **Date :......../........./........**

Classe :................. **Évaluation :…..../20**

Consigne

NASA http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Blue_Marble.jpg

Figure 4.1

On a mesuré la constante (de rayonnement) solaire : $1\,361\ \mathrm{W/m^2} = 1\,361\ \mathrm{J/s\cdot m^2}$.

C'est l'énergie solaire rayonnée qui traverse une surface de $1\ \mathrm{m^2}$ disposée perpendiculairement à la direction du Soleil à une distance moyenne de $1{,}496\cdot 10^{11}\ \mathrm{m}\ (\simeq 150\ \text{millions de km})$ de celui-ci (soit sur Terre). Cette grandeur est, en réalité, mesurée à l'extérieur de l'atmosphère terrestre pour éviter les phénomènes d'absorption, par exemple en orientant la surface à bord d'un satellite.

Calculez la perte de masse que le Soleil subit toutes les secondes.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 5

Document de l'élève

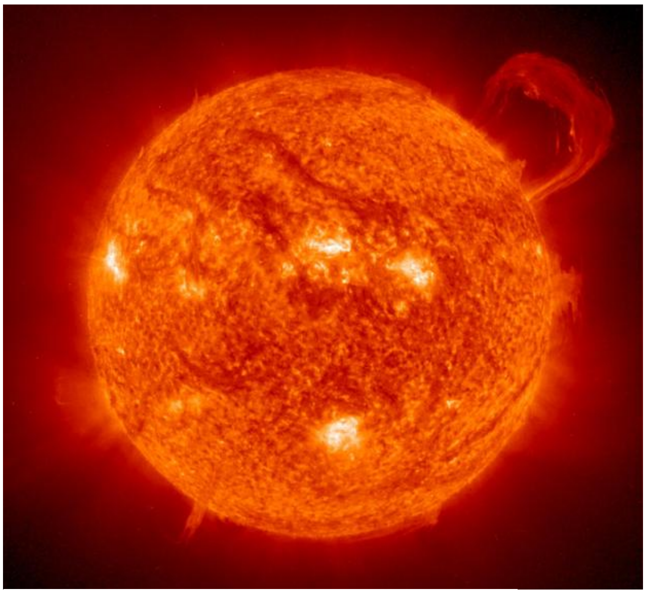
Titre : Conversion de l'hydrogène en hélium

Public cible : sciences générales, 3^e degré, 6^e année

Nom :.. **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**……../20

Consigne



©NASA http://en.wikipedia.org/wiki/File:Red_Hot_Sun.PNG

Figure 5.1

L'âge du Soleil, notre étoile, est de 4,6 milliards d'années. Sa masse vaut actuellement $1{,}989 \cdot 10^{30}$ kg.

Le Soleil rayonne toutes les secondes une énergie égale à $3{,}83 \cdot 10^{26}$ J. Cette énergie provient de la réaction de fusion nucléaire de 4 protons donnant 1 noyau d'hélium :

Le Soleil transforme progressivement son hydrogène primitif en hélium.

Estimez, sur base de ces données, le nombre d'atomes d'hydrogène convertis par seconde.

Pour résoudre ce problème, vous avez besoin des données suivantes :

l'énergie de masse de l'électron : $m_e \cdot c^2 = 0{,}511 \text{ MeV}$

l'énergie de masse du noyau d'hydrogène : $m_{^1_1\text{H}} \cdot c^2 = 938{,}272 \text{ MeV}$ l

l'énergie de masse du noyau d'hélium : $m_{^4_2\text{He}} \cdot c^2 = 3727{,}379 \text{ MeV}$

Il s'agit, dans chaque cas, de l'énergie de matière $\left(E = m \cdot c^2\right)$ des particules en question. Le MeV est l'unité d'énergie traditionnellement utilisée par les physiciens nucléaires pour qui le joule est une unité trop grande pour leurs travaux.

On a le facteur de conversion suivant : $1 \text{ MeV} = 1{,}602 \cdot 10^{-13}$ J

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 6

Document de l’élève

Titre : Éolienne

Public cible : sciences générales, 2^{e} degré, 4^{e} année

Nom :.. **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**…..../20

Consigne

Calculez l'énergie maximale produite par seconde (la puissance) par une éolienne dont les pales mesurent $30\ \text{m}$ lorsque souffle un vent de $15\ m/s$. Tenez compte du fait que $60\ \%$ de l'énergie du vent est, au maximum, réellement interceptée par les pales.

On donne la masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1{,}25\ kg/m^3$.

©Esteban Jiménez

Figure 6.1

Vous disposez de 30 minutes et d’une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 7

Document de l'élève

Titre : Balançoire (1)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :..	**Date :**......../........./........
Classe :.................	**Évaluation :**….…/20

Consigne

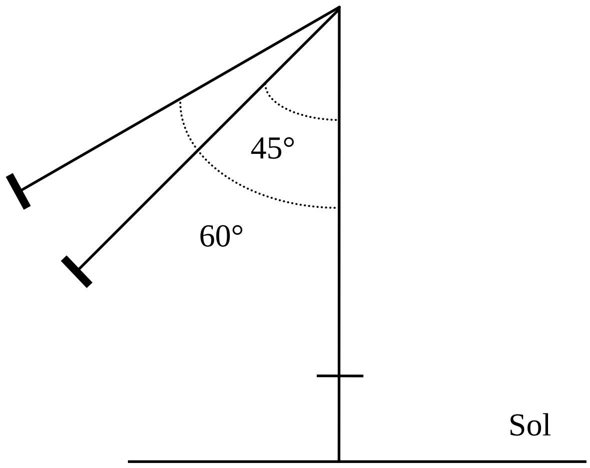


Figure 7.1

Une balançoire, longue de $l = 2$ m peut osciller librement autour d'un axe horizontal. Un enfant est assis sur le siège et le total représente une masse $m = 40$ kg. Lorsque la balançoire est écartée d'un angle de $60°$ par rapport à la verticale, elle ne remonte qu'à $45°$ après une oscillation.

Calculez la dépense énergétique d'un adulte qui entretient le mouvement d'oscillation, avec l'amplitude 60°, pendant 100 périodes. Pour simplifier les calculs, prenez $g = 10$ m/s^2.

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 8

Document de l'élève

Titre : Balançoire (2)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :..	**Date :**......../........./........
Classe :.................	**Évaluation :**…..../20

Consigne

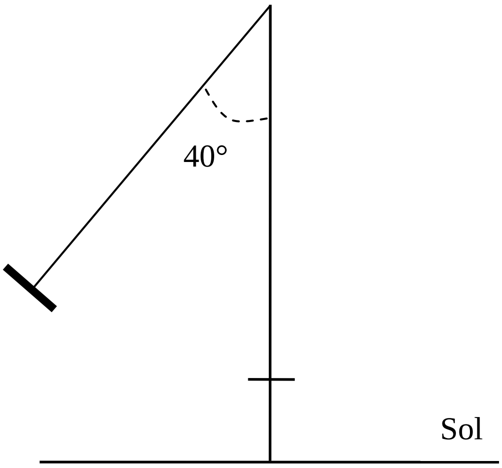


Figure 8.1

Votre cousin vous demande de le pousser sur une balançoire. Les cordes ont une longueur de 3 mètres et votre cousin a une masse de 30 kg. Pour initier le mouvement, vous tirez la balançoire jusqu'à ce que les cordes fassent un angle de $40°$ avec la verticale, puis vous la lâchez. On considère que les frottements et la masse des cordes sont négligeables.

Quelle sera la vitesse maximale atteinte par votre cousin ?

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 9

Document de l'élève

Titre : Trampoline (1)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Nom :... **Date :......../........./........**

Classe :................. **Évaluation :…..../20**

Consigne

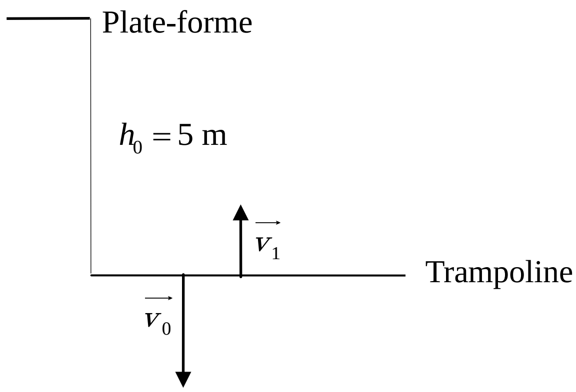


Figure 9.1

Un sauteur de $40\ \text{kg}$ se laisse tomber verticalement, roulé en boule, sur un trampoline, au départ d'une plate-forme située à $h_0 = 5$ m au-dessus du trampoline. Après un rebond, n'ayant dépensé aucune énergie pour se relancer, il ne remonte qu'à l'altitude $h_1 = 3,2$ m. C'est la conséquence du fait que le choc avec le trampoline n'est pas parfaitement élastique : la valeur de la vitesse avec laquelle le sauteur rebondit n'est qu'une fraction k ($k \in]0,1[$) de celle à laquelle il heurte la surface.

On néglige les frottements dus à l'air.

Calculez le coefficient de restitution $k = \frac{v_1}{v_0}$.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 10

Document de l'élève

Titre : Trampoline (2)	
Public cible : sciences générales, 3^e degré, 6^e année	
Nom :...	**Date :......../........./........**
Classe :.................	**Évaluation :……../20**

Consigne

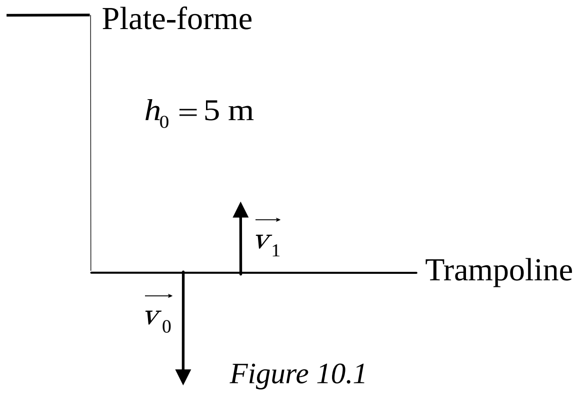


Figure 10.1

Un sauteur de $50\,\text{kg}$ se laisse tomber verticalement, roulé en boule, sur un trampoline, au départ d'une plate-forme située à $h_0 = 5$ m au-dessus du trampoline. A chaque contact avec le trampoline, il reste inerte (il ne dépense aucune énergie pour se relancer). Le choc avec le trampoline n'est pas parfaitement élastique, ce qui signifie que la valeur de la vitesse de rebond n'est que la fraction $k = 8/10$ de celle avec laquelle il heurte la surface.

On néglige les frottements dus à l'air.

Calculez l'énergie dissipée Q_i lors de chaque rebond ($i = 1, 2, 3\ldots$). Une formule générale est demandée.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 11

Document de l'élève

Titre : Distance d'arrêt (1)

Public cible : sciences générales, 2^e degré, 4^e année

Nom :.. **Date :......../........./........**

Classe :................. **Évaluation :…..../20**

Consigne

©Esteban Jiménez

Figure 11.1

Un véhicule de 1 200 kg roule sur une route rectiligne horizontale à vitesse constante de 90 km/h. Le conducteur débraye et laisse la voiture rouler « en roue libre ». Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ? On considère que les frottements sont nuls.

Vous disposez de 10 minutes.
Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 12

Document de l'élève

Titre : Distance d'arrêt (2)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :...	**Date :......../........./........**
Classe :.................	**Évaluation :….../20**

Consigne

Figure 12.1

Une automobile de $1\ 200\ \text{kg}$ roule sur une route horizontale à vitesse constante de $90\ km/h$. Le conducteur débraye alors et laisse la voiture rouler « en roue libre ». Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ? On considère que l'ensemble des frottements qui s'appliquent à la voiture représentent, en mesure, $2\ \%$ du poids du véhicule. Prenez $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 13

Document de l’élève

Titre : Distance d’arrêt (3)

Public cible : sciences générales, 3^{e} degré, 6^{e}année

Nom :.. **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**……../20

Consigne

Figure 13.1

Une voiture de $1\,200\ \text{kg}$ roule sur une route horizontale à vitesse constante de $90\ km/s$. Le conducteur débraye au moment où il aborde une côte de 12 % (la route fait un angle de $7°$ avec l’horizontale ; on peut donc assimiler le sinus de cet angle à sa tangente) et laisse la voiture rouler « en roue libre ».

Quelle distance lui faudra-t-il pour s’arrêter ? On considère que les frottements sont négligeables. Prenez $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Vous disposez de 50 minutes et d’une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 14

Document de l'élève

Titre : Distance d'arrêt (4)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Nom :.. **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**…..../20

Consigne

Figure 14.1

Une voiture de $1\,200\ \text{kg}$ roule sur une route horizontale à vitesse constante de $90\ km/h$. Le conducteur débraye au moment où il aborde, en montée, une côte de 12 % (la route fait un angle de $7°$ avec l'horizontale ; on peut donc assimiler le sinus de cet angle à sa tangente) et laisse la voiture rouler « en roue libre ».

Quelle distance lui faudra-t-il pour s'arrêter ?

On considère que l'ensemble des frottements qui s'appliquent à la voiture représentent, en mesure, $2\ \%$ du poids du véhicule. Prenez $g = 10\ \text{m/s}^2$.

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 15

Document de l'élève

Titre : Ration alimentaire

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Nom :... **Date :......../........./........**

Classe :................. **Évaluation :…..../20**

Consigne

©Esteban Jiménez

Figure 15.1

Tous les animaux, y compris l'homme, consomment de l'énergie interne, même pendant le sommeil.

La dépense énergétique minimale correspondant au simple entretien de la vie d'une personne au repos (mais à l'état éveillé) est appelée métabolisme de base (ou basal).

On a cherché des formules approchées calculant le métabolisme de base (MB) de l'être humain pendant 24 heures (à jeun et au repos dans une chambre thermostatisée).

Mifflin et St Jeor ont proposé les formules suivantes :

1) pour les hommes

$$MB = (9{,}99 \cdot m + 6{,}25 \cdot h - 4{,}92 \cdot a + 5) \cdot 4186$$

2) pour les femmes

$$MB = (9{,}99 \cdot m + 6{,}25 \cdot h - 4{,}9 \cdot a - 161) \cdot 4186$$

où m est la masse en kg, h la taille en cm et a l'âge en années. Le métabolisme de base est exprimé en kJ/jour.

Que doit ingérer un homme âgé de 18 ans, de masse 80 kg et mesurant $1{,}90$ m pour assurer son métabolisme de base ?

Une calorie vaut 4,186 J.

Aliments et quantités	Valeurs énergétiques
1 chocolat chaud (250 ml)	995 kcal
1 verre de cola (250 ml)	110 kcal
1 milkshake (250 ml)	276 kcal
1 croissant	244 kcal
1 pain au chocolat	281 kcal
Baguette (60 g)	165 kcal
Céréales (60 g)	225 kcal
Petits pois (175 g)	147 kcal
Brocoli (175 g)	61 kcal
Carotte crue (175 g)	41 kcal
Riz (200 g)	260 kcal
Pomme de terre (200 g)	129 kcal
Couscous (200 g)	224 kcal
100 g de frites	283 kcal
1 hamburger	255 kcal
1 Big Mac	500 kcal
1 sandwich	500 kcal
1 croque-monsieur	396 kcal
Nachos au fromage (200 g)	459 kcal
1 barre chocolatée	212 kcal
1 barre au caramel	289 kcal
Pizza au fromage (200 g)	536 kcal
Merlan (120 g)	142 kcal
Truite (180 g)	270 kcal
Cuisse de poulet rôti (200 g)	464 kcal
Pilon de poulet pané frit (120 g)	349 kcal
Côte de bœuf (120 g)	346 kcal

Tableau 15.2

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée

Fiche n° 16

Document de l'élève

Titre : Consommation énergétique d'un cycliste	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :...	**Date :......../........./........**
Classe :.................	**Évaluation :…..../20**

Consigne

Tous les êtres vivants ont besoin d'énergie pour entretenir le processus vital. On va essayer d'appliquer les idées de la thermodynamique au corps humain. On considère une personne effectuant une activité (bicyclette, marche, monter un escalier, ...) nécessitant de produire un travail W pendant une durée Δt.

Cette activité physique est associée à un dégagement de chaleur Q par le corps. Un cycliste de 20 ans de 70 kg roule à bicyclette pendant 4 h. Selon les tableaux ci-dessous et sachant que les pâtes contiennent jusqu'à 71% d'**hydrates de carbone** complexes, calculez la quantité de pâtes nécessaire à cette activité si cette énergie est obtenue uniquement à partir du métabolisme des hydrates de carbone.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Activités	Métabolismes approximatifs par unité de masse pour un homme d'environ 20 ans (J/s.kg)
Endormi	1,1
Assis	1,5
Marchant	4,3
Roulant à bicyclette	7,6
Courant	18,0

Tableau 16.1

Aliments	Contenu énergétique par unité de masse (en kJ/g)
Hydrate de carbone	17,2
Protéine	17,6
Graisse	38,9

Tableau 16.2

Fiche n° 17

Document de l'élève

Titre : Grêlon	
Public cible : sciences générales, 3^{e} degré, 6^{e} année	
Nom :..	**Date :......../........./........**
Classe :.................	**Évaluation :…..../20**

Consigne

©Esteban Jiménez

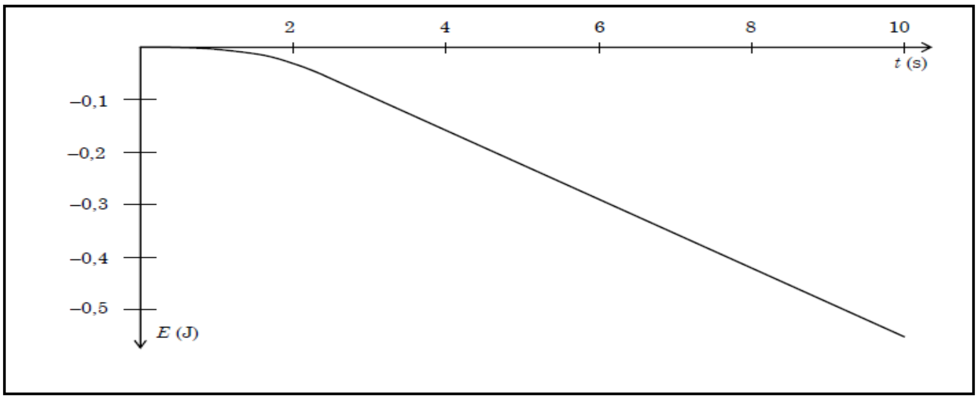
Figure 17.1

La grêle est un phénomène redouté. En quelques minutes, elle peut anéantir des cultures entières de vigne ou de fruits, briser des serres, des vitres, ou endommager des voitures...

Ce type de précipitation se forme durant des orages particulièrement forts lorsque l'air est très humide et que les courants ascendants sont puissants.

Elle prend la forme de billes de glace (*grêlons*) dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à une dizaine de centimètres.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution au cours du temps de l'énergie mécanique totale E d'un petit grêlon de masse $0,5$ g qui tombe verticalement dans l'air. Quelle est la vitesse limite du grêlon ? Prenez $g = 10$ m/s^2.



Graphique 17.2

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 18

Document de l'élève

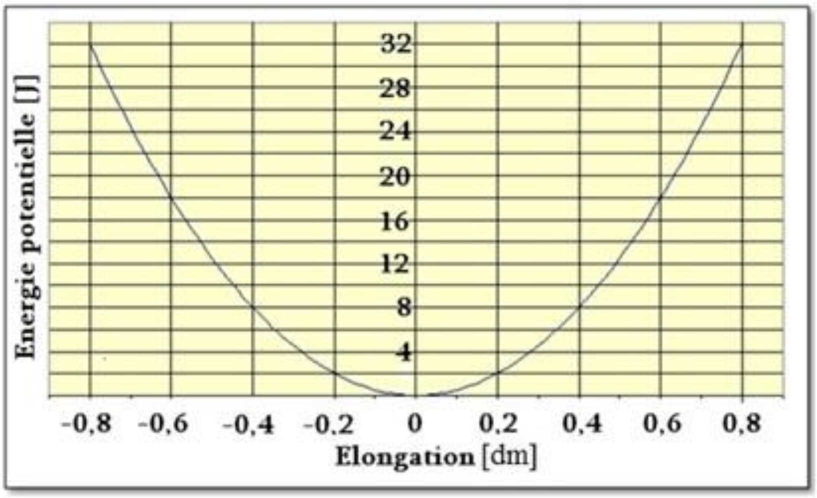
Titre : Ressort horizontal (1)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Nom :.. **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**….../20

Consigne



Graphique 18.1

Une masse ponctuelle de 250 g, accrochée à l'extrémité d'un ressort, oscille sans frottements sur un surface plane horizontale.

L'énergie potentielle élastique du système est représentée sur le graphique 18.1 :

Compléter le tableau 18.2 :

Élongations	$E_p\,(\text{J})$	$E_m\,(\text{J})$	$E_k\,(\text{J})$
$x = -\ 0{,}08$ m			
$x = -\ 0{,}04$ m			
$x = +\ 0{,}00$ m			
$x = +\ 0{,}02$ m			
$x = +\ 0{,}06$ m			

Tableau 18.2

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 19

Document de l'élève

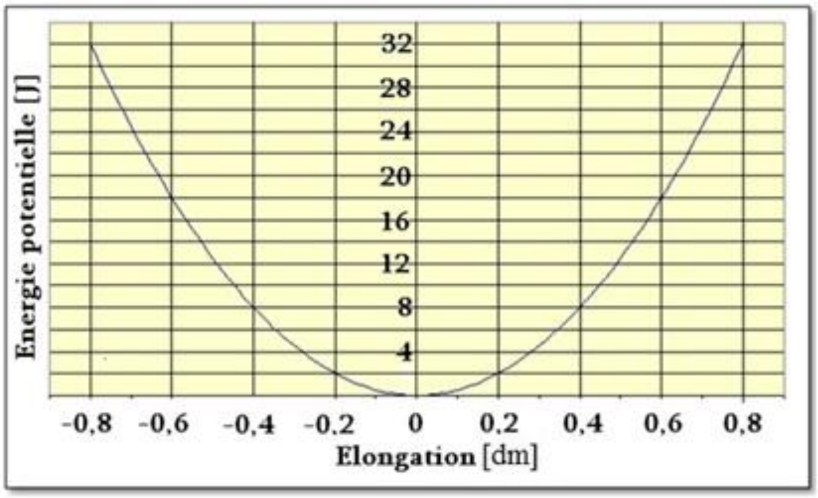
Titre : Ressort horizontal (2)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Nom :.. **Date :......../........./........**

Classe :................. **Évaluation :…..../20**

Consigne



Graphique 19.1

Une masse ponctuelle de 250 g, accrochée à l'extrémité d'un ressort, oscille sans frottements sur un surface plane horizontale.

L'énergie potentielle élastique du système est représentée sur le graphique ci-dessous :

Calculer la vitesse en $x = 0,4$ dm.

Vous disposez de 40 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 20

Document de l'élève

Titre : Ressort horizontal (3)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :...	**Date :**......../........./........
Classe :.................	**Évaluation :**….../20

Consigne

On considère un système masse-ressort horizontal. La masse est de $30\ \text{g}$ et la raideur du ressort vaut $1{,}4\ \text{N/m}$.

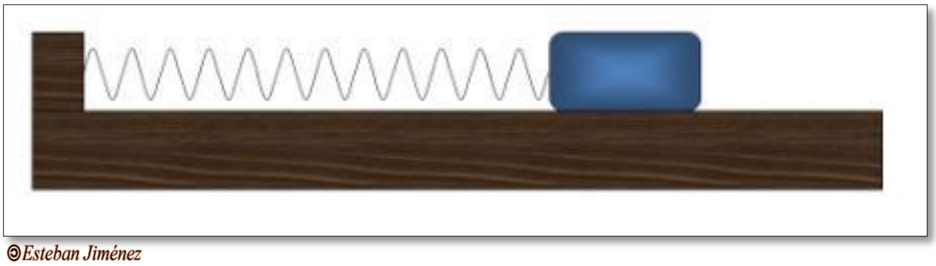


Figure 20.1

On néglige les frottements. On écarte le système de $12\ \text{cm}$ de sa position d'équilibre.

Compléter le tableau suivant

Calculer la période d'oscillation				
Calculer l'énergie mécanique totale				
Calculer la vitesse de la masse en				
$x = 12\ \text{cm}$	$x = 8\ \text{cm}$	$x = 0\ \text{cm}$	$x = -8\ \text{cm}$	$x = -12\ \text{cm}$
$v =$	$v =$	$v =$	$v =$	$v =$

Tableau 20.2

Vous disposez de 30 minutes, d'une règle graduée et d'une calculatrice.

Votre copie doit être soignée et structurée.

Fiche n° 21

Document de l'élève

Titre : Flipper	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :...	**Date :**......../........./........
Classe :.................	**Évaluation :**……./20

Consigne

Figure 21.1

Le flipper est constitué d'un plan horizontal de 40 cm et d'un plan incliné sous l'angle $\alpha = 20°$ avec l'horizontale et d'une longueur de 80 cm. Une bille de flipper en acier, initialement placée dans son logement cylindrique fixé sur le plateau de flipper, repose contre l'embout d'un ressort dont l'autre extrémité est fixée au fond du logement. Le joueur contracte alors le ressort au maximum et, à un instant $t = 0 \text{ s}$ pris comme origine, il le relâche brusquement.

On néglige complètement le frottement de la bille sur le plateau, de sorte qu'elle ne fait que glisser sans rouler ni frotter. On l'assimilera donc à un point matériel de rayon nul. La masse du ressort est supposée négligeable.

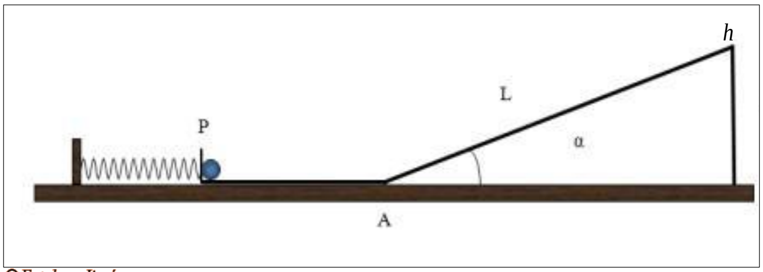


Figure 21.2

On prend $g = 10 \text{ m/s}^2$.

La bille est en acier, son diamètre est $\varnothing = 0{,}8 \text{ pouce} \, (1 \text{ pouce} = 25{,}4 \text{ mm})$.

La masse volumique de l'acier est $\rho = 7{,}8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

Le volume d'une sphère vaut $V = \dfrac{4}{3}\pi \cdot r^3$. La raideur du ressort vaut $k = 35 \text{ N/m}$.

Au sommet du plan incliné, se trouve une cible H à atteindre. Quelle doit être l'allongement minimum du ressort pour que la bille atteigne la cible ?

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 22

Document de l'élève

Titre : Voiture (1)	
Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année	
Nom :...	**Date :**......../........./........
Classe :.................	**Évaluation :**……../20

Consigne

Voici le graphique $v(t)$ (vitesse en fonction du temps) d'une voiture de $1\ 350$ kg qui se déplace en ligne droite. On considère que les frottements représentent en mesure $4\ \%$ du poids de la voiture. Calculez le travail du moteur si la voiture se déplace sur une route horizontale pendant 8 s.

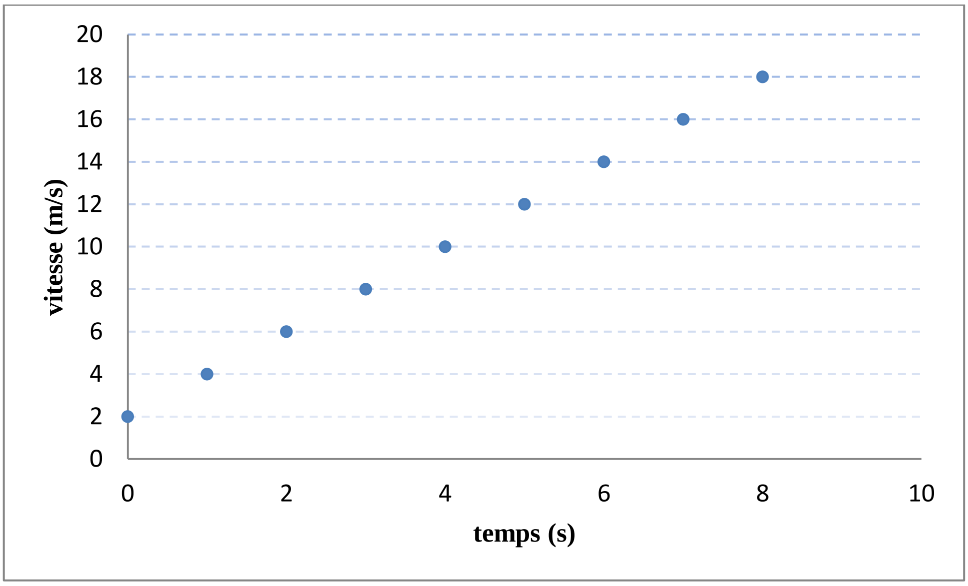


Figure 22.1

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 23

Document de l'élève

Titre : Voiture (2)

Public cible : sciences générales, 3e degré, 6e année

Nom :... **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**……./20

Consigne

Voici le graphique *v*(*t*) (vitesse en fonction du temps) d'une voiture de 1 350 kg qui se déplace en ligne droite. On considère que les frottements représentent en mesure 4% du poids de la voiture. Calculez le travail du moteur, si la voiture monte en 8s, une côte rectiligne qui fait un angle de 4° avec l'horizontale. On prend g=10m/s²

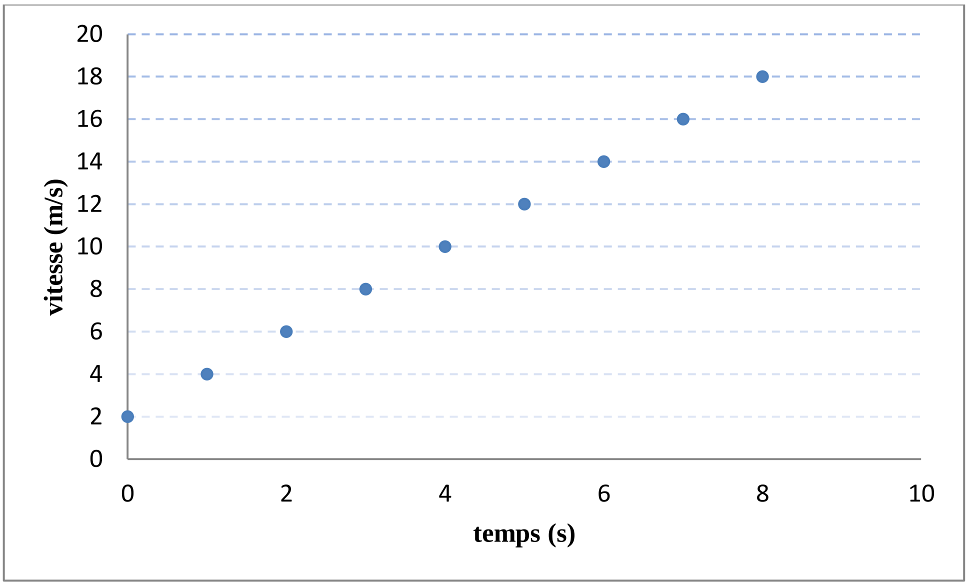


Figure 23.1

Vous disposez de 50 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 24

Document de l'élève

Titre : Prévention routière

Public cible : sciences générales, 2e degré, 4e année

Nom :... **Date :......../........./........**

Classe :................. **Évaluation :……../20**

Consigne

Voici un document trouvé sur le site

http://www.ffsa.fr/sites/upload/docs/application/pdf/2013-08/apr_risques.pdf/

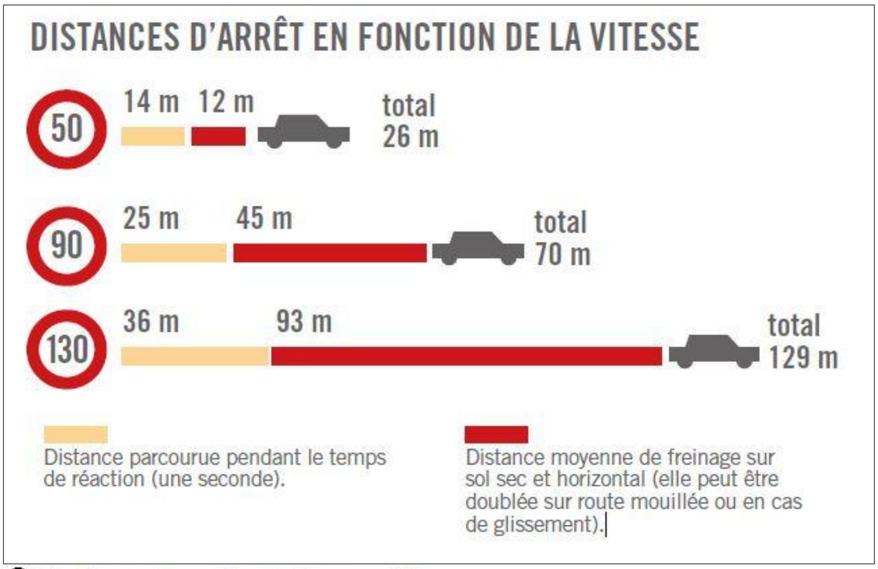


Figure 24.1

Calculer la quantité de chaleur dégagée par le freinage complet et en déduire l'intensité de la force de frottement développée par les freins lorsque la voiture passe de $90\ km/h$ à $0\ km/h$. On suppose que la masse de la voiture est de 1 200 kg.

Vous disposez de 30 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Fiche n° 25

Document de l'élève

Titre : Wagonnet

Public cible : sciences générales, 2e degré, 4e année

Nom :.. **Date :**......../........./........

Classe :................. **Évaluation :**……../20

Consigne

Un wagonnet de montagne russe progresse sur un plan incliné. Le graphique ci-dessous représente l'évolution de sa vitesse en fonction du temps. A l'instant $t = 0$ s, le wagonnet se situe à une hauteur de $8\,\text{mètres}$. La masse du wagonnet est de $500\,\text{kg}$. On considère qu'il n'y a pas de frottement. A quelle hauteur est-il à l'instant $t = 4$ s ?

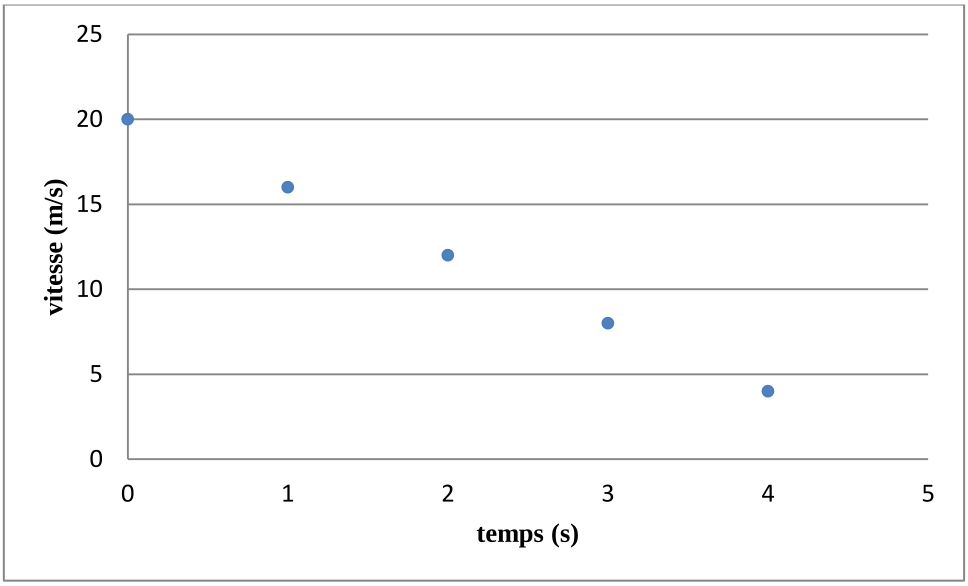


Figure 25.1

Vous disposez de 10 minutes et d'une calculatrice.

Votre copie doit être structurée et soignée.

Tableau récapitulatif

Fiches	Thèmes	Titres	Années	Niveaux	Compétences spécifiques	Savoirs
1	Conservation de l'énergie mécanique	Lancer vertical d'un ballon (1)	4e SG	3	Interpréter les transformations de l'énergie en termes de conservation et de dégradation (Référentiel : Les compétences terminales)	Travail, puissance, énergies cinétique et potentielle, machines simples. (Référentiel : Les compétences terminales) Transformation d'énergie potentielle de gravitation en énergie cinétique. (Programmes)
2	Conservation de l'énergie mécanique	Lancer vertical d'un ballon (2)	6e SG	4	Interpréter les transformations de l'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Référentiel : Les compétences terminales)	Travail, puissance, énergies cinétique et potentielle, machines simples. (Référentiel : Les compétences terminales) Transformation d'énergie potentielle de gravitation en énergie cinétique. (Programmes)
3	Physique moderne	Fusion de l'hydrogène	6e SG	4	Faire le lien entre le défaut de masse et l'énergie de liaison d'un noyau. (Programmes)	Fusion, fission, réaction en chaîne. (Programmes)
4	Physique moderne	Perte de masse du Soleil	6e SG	4	Expliquer que la masse est une forme de l'énergie. (Programmes)	Équivalence masse – énergie. (Programmes)
5	Physique moderne	Conversion de l'hydrogène en hélium	6e SG	2	Faire le lien entre le défaut de masse et l'énergie de liaison d'un noyau. (Programmes)	Fusion, fission, réaction en chaîne. (Programmes)

Fiches	Thèmes	Titres	Années	Niveaux	Compétences spécifiques	Savoirs
6	Énergie cinétique	Eolienne	4e SG	4	Estimer les avantages et les inconvénients des diverses sources d’énergie. (Référentiel : Les compétences terminales)	Sources, formes et transformations d'énergie, rendement. (Référentiel : Les compétences terminales)
7	Conservation et transformation de l’énergie	Balançoire (1)	6e SG	4	Associer la diminution d’amplitude d’une oscillation amortie à la diminution d’énergie mécanique. (Programmes)	Énergie d’un système oscillant. Amortissement. (Programmes)
8	Conservation de l'énergie mécanique	Balançoire (2)	6e SG	4	Dans le cas d’un oscillateur harmonique, montrer que l’accélération est proportionnelle à l’élongation et établir la relation permettant de calculer l’énergie mécanique. Montrer qu’elle est constante. (Programmes)	Énergie d’un système oscillant. (Programmes)
9	Dégradation de l’énergie mécanique	Trampoline (1)	6e SG	4	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)
10	Dégradation de l’énergie mécanique	Trampoline (2)	6e SG	4	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)

Fiches	Thèmes	Titres	Années	Niveaux	Compétences spécifiques	Savoir
11	Travail et énergie	Distance d'arrêt (1)	4e SG	1	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
12	Travail et énergie	Distance d'arrêt (2)	6e SG	2	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
13	Travail et énergie	Distance d'arrêt (3)	6e SG	3	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
14	Travail et énergie	Distance d'arrêt (4)	6e SG	4	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
15	Lois de conservation, énergie	Ration alimentaire	6e SG	1	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d'énergie. (Programmes)

Fiches	Thèmes	Titres	Années	Niveaux	Compétences spécifiques	Savoir
16	Lois de conservation, énergie	Consommation énergétique d'un cycliste	6e SG	2	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)
17	Conservation de l’énergie et dégradation de l’énergie mécanique	Grêlon	6e SG	4	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)
18	Conservation de l’énergie mécanique en l’absence de frottements	Ressort horizontal (1)	6e SG	3	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)
19	Conservation de l’énergie mécanique en l’absence de frottements	Ressort horizontal (2)	6e SG	3	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)
20	Conservation de l’énergie mécanique en l’absence de frottements	Ressort horizontal (3)	6e SG	4	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation (Programmes)	Conservation et transformation d’énergie. (Programmes)

Fiches	Thèmes	Titres	Années	Niveaux	Compétences spécifiques	Savoir
21	Énergie potentielle élastique et gravifique	Flipper	6e SG	4	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Conservation et transformation d'énergie. (Programmes)
22	Travail et énergie	Voiture (1)	6e SG	4	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
23	Travail et énergie	Voiture (2)	6e SG	4	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
24	Travail et énergie	Prévention routière	4e SG	2	Utiliser le théorème de l'énergie cinétique. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)
25	Travail et énergie	Wagonnet	4e SG	3	Interpréter les transformations d'énergie en termes de conservation et de dégradation. (Programmes)	Travail, énergie cinétique, énergie potentielle. (Programmes)

Références

1. *Le Décret Missions - Décret définissant les missions prioritaires de l'enseignement fondamental et de l'enseignement secondaire et organisant les structures propres à les atteindre. Numéro CDA : 21557. 24/07/1997.*
   Moniteur belge : 23/09/1997 p. 24653 Niveau de pouvoir : Communauté française.
   http://www.enseignement.be/index.php?page=23827&do_id=401&do_check
2. *Les Socles de compétences - "Référentiel présentant de manière structurée les compétences de base à exercer jusqu'au terme des huit premières années de l'enseignement obligatoire et celles qui sont à maîtriser à la fin de chacune des étapes de celles-ci parce qu'elles sont considérées comme nécessaires à l'insertion sociale et à la poursuite des études." (Référentiel commun à tous les réseaux de l'enseignement de la Communauté française de Belgique : CFWB, CECP, CPEONS, FELSI, SeGEC).*
3. *Les compétences terminales : "Référentiel présentant de manière structurée les compétences dont la maîtrise à un niveau déterminé est attendue à la fin de l'enseignement secondaire" (Référentiel commun à tous les réseaux de l'enseignement de la Communauté française de Belgique : CFWB, CECP, CPEONS, FELSI, SeGEC).*
4. *Les profils de formation et de qualification. Les profils de qualification décrivent les activités et les compétences exercées par des travailleurs accomplis tels qu'ils se trouvent dans l'entreprise. Les profils de formation présentent de manière structurée les compétences à acquérir en vue de l'obtention d'un certificat de qualification.*
5. *Les profils de formation spécifiques présentent de manière structurée les compétences à acquérir en vue de l'obtention d'un certificat de qualification spécifique ou d'une attestation de compétences acquises. Ils concernent l'enseignement spécialisé de forme 3, l'enseignement spécialisé de forme 4, les septièmes années d'enseignement secondaire de perfectionnement ou de spécialisation et les quatrièmes degrés, l'enseignement secondaire en alternance, ainsi que l'enseignement de promotion sociale (Référentiel commun à tous les réseaux de l'enseignement de la Communauté française de Belgique : CFWB, CECP, CPEONS, FELSI, SeGEC).*
6. *Les outils d'évaluations (Référentiel concernant tous les réseaux de l'enseignement de la Communauté française de Belgique : CFWB, CECP, CPEONS, FELSI, SeGEC).*
7. *Les programmes d'études (Programmes concernant uniquement le pouvoir organisateur : enseignement organisé par la Communauté française Wallonie-Bruxelles ; CFWB).*
8. *Centre National des Ressources Textuelles et Lexicales - http://www.cnrtl.fr.*
9. *« Les compétences : où en est-on ? » - Denyer M., Furnemont J., Poulain R & Vanloubbeeck G. - De Boeck, 2004.*
10. *« Les compétences, oui, mais ce qui compte, c'est de faire apprendre » - Bernard Rey*
    http://www.cafepedagogique.net/Documents/103ElemRey.pdf.
11. *« Compétences à l'école » - Rey B., Carette V., Defrance A. - De Boeck, février 2006.*