



Chapitre C4.

Analyse énergétique de situations mécaniques

Ce chapitre fait suite à la partie traitant de l'énergie mécanique en 1^{ère} S.

On s'intéresse ici à l'analyse des situations de mouvement du point de vue énergétique.

Rappeler deux propriétés fondamentales de l'énergie :

-
-

Activité 1 : réalisation d'un étalon de durée

.....

On dispose du matériel suivant :

- une boîte de masses marquées ;
- une bobine de ficelle
- une potence,
- des tiges et des noix de serrages ;
- une grande règle graduée.

1. Grandeurs d'influence de la période d'un pendule

Intuitivement, vous diriez que :

- a- la période **A** augmente **B** diminue **C** ne change pas si la longueur augmente
 a- la période **A** augmente **B** diminue **C** ne change pas si la masse augmente.

Confirmer ou infirmer vos intuitions en réalisant des expériences variées, que vous décrirez par écrit.

Act.1, partie 2- Obtention d'un étalon de durée :

On admettra que la période ne dépend pas de l'amplitude des oscillations à condition que l'amplitude ne soit pas trop grande (20° maximum).

- Mettre au point une méthode permettant de mesurer sa période au 100^{ème} de seconde près. Décrire cette méthode.
 ► **Donnée** : on estime que l'incertitude sur une durée mesurée au chronomètre vaut : 0,2 s.
- Utiliser le matériel afin de réaliser un pendule qui "bat la seconde" (période d'une seconde). Lorsque vous y êtes parvenu, décrire votre pendule en détails : donner toutes ses caractéristiques et indiquer comment il faut le mettre en mouvement.

Act.1, partie 3- Expression de la période du pendule

On admet qu'en plus des grandeurs mises en évidence dans le première partie, la période du pendule dépend aussi du champ de pesanteur. Proposer une expression de la période du pendule qui soit à la fois homogène et compatible avec les observations de la question précédente.

Donnée : la dimension du champ de pesanteur est : $L \cdot T^{-2}$ et son unité SI est le $m \cdot s^{-2}$.

Act.1, partie 4- Un bon étalon de durée ?

DOCUMENT : notion d'étalon

Objet ou instrument qui matérialise une unité de mesure et sert de référence pour l'étalonnage d'autres objets ou instruments.

Toute mesure suppose la définition d'une valeur de référence, l'étalon, pour la grandeur concernée, qui prend le nom d'unité pour une réalisation particulière. Par exemple, la mesure des longueurs a été longtemps fondée sur un mètre étalon constitué par une barre de platine iridié sur laquelle étaient tracés deux traits, la distance entre ces traits étant par définition l'unité de longueur : le mètre.

source : encyclopédie Larousse

Le pendule que vous avez réalisé n'est pas un bon étalon de durée : proposer au moins deux raisons.

**Activité 2 : analyse énergétique du mouvement d'un pendule**

On dispose de deux vidéos de pendules en train d'osciller. Le pendule est lâché à gauche de l'écran, sans vitesse initiale.

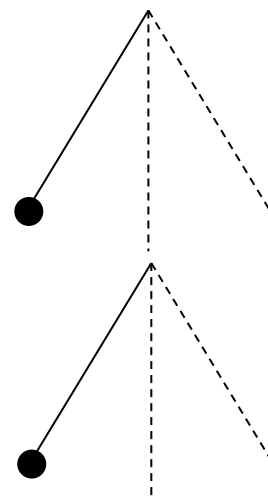
Pendule 1 : longueur du fil cm (entre point fixe et point d'attache de la balle), masse de la balle g

Pendule 2 : longueur du fil cm ; masse de la balle g.

On prendra $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

A- Analyse énergétique de la situation

1. Rappeler l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système.
2. Indiquer sur le schéma ci-contre, là où l'énergie cinétique est maximale (indiquer $E_{c \text{ max}}$) et là où elle est nulle (indiquer $E_c=0$)



3. Indiquer sur le schéma ci-contre, là où l'énergie potentielle de pesanteur est maximale (indiquer $E_{p \text{ max}}$) et là où elle est nulle (indiquer $E_p=0$).

Activité 2- partie B- Acquisition des données

Le pointage des positions successives du centre de la boule est effectué avec le logiciel **Aviméca**.

– Ouvrir le logiciel Aviméca puis le fichier Pendule1.avi ou Pendule 2.avi selon votre groupe.

– Agrandir l'image au maximum grâce à

Étalonnage

Origine du repère et sens des axes : sur l'image 1, cliquer sur le centre de la balle pour fixer l'origine du repère, puis sélectionner un système d'axe adapté au mouvement (axe vertical vers le haut).

Choix de l'échelle

Effectué grâce à la longueur du fil.

Pointage

– Fixer l'origine des dates à l'image 9

– Faire précisément la saisie manuelle des positions successives de la balle à partir de l'image 9 et pendant au moins une période complète du pendule.

Activité 2- partie C- Exploitation des mesures

– transférer les données dans Regressi.

– Dans regressi, afficher le tableau de vos valeurs t , x et y .

– Créer successivement les nouvelles variables suivantes : v_x ; v_y ; v_2 ; E_c ; E_p ; E_m .

$$\text{où } v^2 = v_x^2 + v_y^2$$

– Afficher dans le même repère les trois graphiques $E_c(t)$, $E_p(t)$ et $E_m(t)$.

4. Vérifier vos réponses aux questions 2 et 3.

5. L'énergie mécanique est-elle approximativement constante ?

6. Commenter les changements de forme d'énergie au sein du système au cours du mouvement.

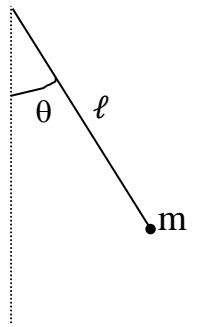
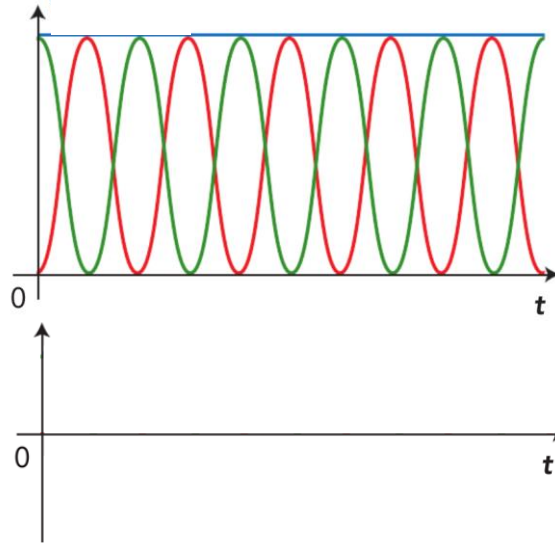
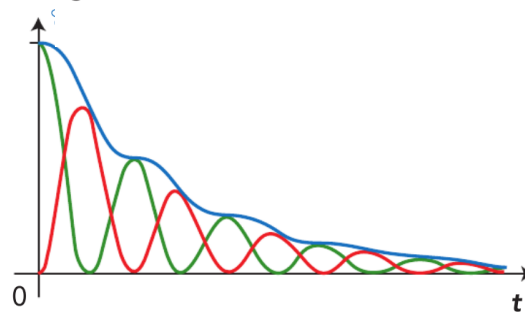
7. Comparaison des deux pendules : pourquoi le pendule 2 est-il plus amorti que le 1 ?

**Activité 2 – analyse des évolutions des différentes formes d'énergie**

Le terme **pendule pesant** regroupe tous les dispositifs qui peuvent osciller autour d'un axe fixe, à la surface de la Terre. On peut repérer la position du pendule par l'angle θ que fait la tige ou le fil avec la verticale.

Le **modèle du pendule simple** peut décrire un pendule pesant à condition que toute la masse du pendule puisse être considérée concentrée en un point, le fil puisse être considéré de masse nulle et inextensible, les frottements puissent être considérés nuls.

On donne les évolutions temporelles des différentes formes d'énergie au cours du temps pour deux dispositifs différents.

**Énergies****Énergies**

1. Indiquer une différence concrète entre les deux dispositifs utilisés.
2. Identifier, grâce à trois couleurs, les trois types d'énergie dont on a représenté l'évolution.
3. Tracer l'évolution de θ au cours du temps dans le repère ci-dessus (pour le premier dispositif).

Activité 3 : comment céder le plus d'énergie au wagon ?

1. Selon vous, faut-il qu'il y ait mouvement pour qu'il y ait travail ?

oui non

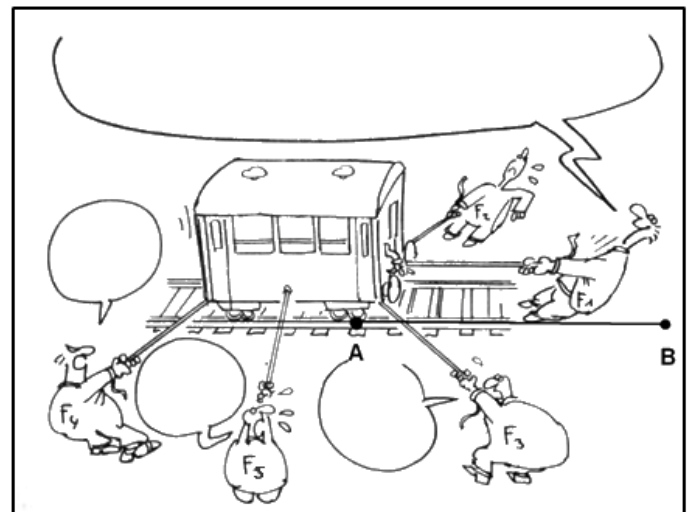
2. Cinq personnes (notées de F_1 à F_5) tentent de déplacer un wagon vers la droite ; le wagon va effectivement de A à B.

On entend les phrases suivantes :

- « Je résiste ! »
- « Je contribue comme je peux... »
- « C'est moi le meilleur ! »
- « Je ne sers à rien ! »

- a. Attribuer à chacun des personnages la phrase qu'il prononce.
- b. Du point de vue courant, peut-on dire que les cinq personnages dépensent de l'énergie ?
- c. Du point de vue de la physique, quel est le personnage qui donne le plus d'énergie au wagon ?
- d. L'énergie cédée au wagon par chacun des personnages représentés est appelée *un travail*. Si l'on note \vec{F} la force exercée par un personnage sur le wagon et α l'angle entre cette force et le déplacement du wagon, quelle(s) expression(s), parmi celle(s) proposée(s) ci-dessous, vous semble(nt) valide(s) ?

- 1) $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB$
- 2) $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos(\alpha)$
- 3) $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \sin(\alpha)$
- 4) $W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \tan(\alpha)$
- 5) $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB}$



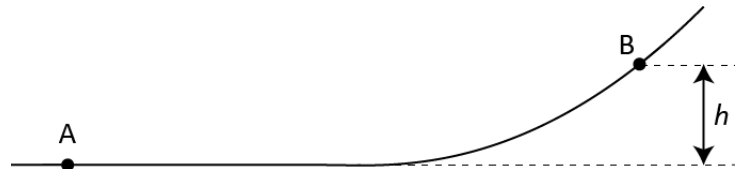
**Activité 4 : le « jeu de force »**

Le « jeu de force », installé dans certaines fêtes de villages, consiste à lancer sur un rail courbé et incliné vers le haut un chariot lesté afin qu'il atteigne l'altitude la plus élevée possible. Si le chariot touche l'extrémité du rail, une cloche annonce que le lanceur a gagné.



On envisage un lancer raté, le chariot n'ayant pas déclenché la cloche. On modélise ainsi la situation :

- le chariot lesté a une masse de valeur $m = 30 \text{ kg}$, on le représente par un point ;
- il quitte la main du lanceur en A avec une vitesse $v_A = 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
- il atteint le point B, où il rebrousse chemin ;
- il revient en A avec une vitesse v_A' ;
- le profil du rail est le suivant :

**Si aucun frottement ne s'exerce sur le charriot...**

On envisage dans cette partie le cas (théorique) où aucune force de frottement ne s'exerce sur le chariot. La réaction du rail (force exercée par le rail sur le chariot) est alors en permanence perpendiculaire à la trajectoire.

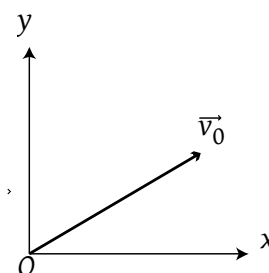
1. Dans cette hypothèse, avec quelle vitesse v_A' le chariot revient-il au point A après avoir effectué un aller-retour ? Répondre intuitivement, sans faire de calcul.
2. Que vaut le travail de la réaction du rail ? Justifier en utilisant la direction de cette réaction.
3. Calculer le travail du poids du chariot sur la portion $A \rightarrow B$, puis sur la portion $B \rightarrow A$.
4. En exploitant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la réponse précédente permet de justifier la réponse donnée à la question 1.
5. Restons dans le registre de la fête foraine : représenter le profil du trajet d'un manège le long duquel le travail du poids serait également nul.
6. Qu'ont en commun tous les trajets le long desquels le travail du poids est nul ?

Activité 4 suite - Étude plus réaliste

7. La vitesse du chariot, lorsqu'il revient en A, vaut en réalité $v_A' = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Comment peut-on l'interpréter ? Utiliser la notion de travail pour répondre.
8. Intuitivement, existe-t-il un trajet le long duquel le travail de la force de frottement serait nul ?
9. Justifier la réponse précédente en indiquant le signe du travail de la force de frottement sur la portion $A \rightarrow B$, puis sur la portion $B \rightarrow A$.
10. Une force dont le travail ne dépend pas du chemin suivi par le système est appelée « force conservative ». Parmi le poids et la force de frottement, laquelle est conservative ?

**Activité 5 : Le cas de la chute libre et retour sur le pendule**

On étudie un système en **chute libre** dans le champ de pesanteur uniforme avec une vitesse initiale non nulle (mouvement parabolique). Pour repérer la position du centre d'inertie du système, on utilise un repère (ci-contre) dont l'origine est la position initiale. On suppose que le point d'arrivée A est à la même altitude que le point de départ O.



1. Donner l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur du système dans ce cas.
2. Remplir le tableau suivant.

	Instant initial (mettre <i>nulle</i> ou <i>maximale</i>)	Pendant la montée (mettre \nearrow , \searrow ou \rightarrow)	Au sommet de la trajectoire (mettre <i>nulle</i> , <i>minimale</i> ou <i>maximale</i>)	Pendant la descente (mettre \nearrow , \searrow ou \rightarrow)	Instant final (y=0) (mettre <i>nulle</i> , <i>minimale</i> ou <i>maximale</i>)
Altitude					
Vitesse					
Énergie cinétique E_c					
Énergie potentielle de pesanteur E_p					
Énergie mécanique $E_m = E_c + E_p$	X		X		X

1. Donner l'expression de la variation de l'énergie potentielle ΔE_p entre deux points A et B et comparer à l'expression du travail du poids entre A et B.
2. En analysant l'évolution de l'énergie mécanique, justifier alors qu'on ait choisi le terme « conservatif » pour désigner une force dont le travail ne dépend pas du chemin suivi.
3. Si les frottements n'étaient pas négligeables quelles seraient les variations d'énergie qui changeraient (par rapport à la situation sans frottement) : ΔE_p ΔE_c ΔE_m
4. Justifier alors que les forces de frottements soient qualifiées de forces non conservatives.

Activité 5 - suite retour sur le pendule

Le pendule pesant étudié lors de l'activité 2 est soumis à trois forces : le poids, la tension du fil et la force de frottement exercée par l'air.

1. Indiquer comment on peut justifier que le travail de la tension du fil est nul (ce que l'on admettra).
2. En utilisant le théorème de l'énergie mécanique, indiquer pour chaque force si son travail sur un déplacement donné correspond à un transfert ou à changement de forme d'énergie.

Pour aller plus loin... Estimer la valeur du travail de la force de frottement sur la durée analysée pour le pendule le plus amorti.

Activité 6 : Mesure du temps et définition de la seconde (à faire à la maison)

Faire l'étude documentaire pages 188 et 189 sauf la question 2.