

Chapitre 10 : Oscillateurs et mesure du temps

Par

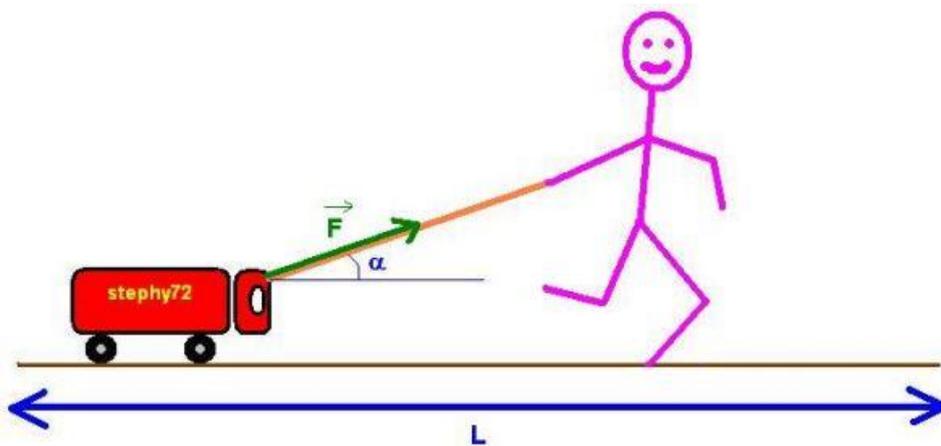
+2BN
TRAVAIL ET ENERGIE
MECANIQUE

I. LE TRAVAIL D'UNE FORCE

PREMIERE APPROCHE

Le travail d'une force est une grandeur physique qui comptabilise l'impact d'une force sur le déplacement d'un système physique. Il se note W et se mesure en Joules noté J .

EXEMPLE



Le bonhomme exerce une force \vec{F} sur le camion formant un angle α avec l'horizontale.

1. Décrivez ce que va être le déplacement de l'objet.
2. A votre avis, la force \vec{F} favorise-t-elle le déplacement du camion ?
3. Voyez-vous d'autres forces qui s'exercent sur le camion mais qui seraient au contraire défavorables au déplacement ?
4. Selon vous, existe-t-il une ou plusieurs forces qui n'ont aucun impact sur le déplacement du camion.

REMARQUE

Comme vous venez de le remarquer, il n'est pas si évident de répondre avec l'intuition quant à l'impact de l'influence d'une force sur un déplacement. C'est la raison pour laquelle nous allons maintenant construire mathématiquement cette grandeur, le travail, afin de pouvoir répondre algébriquement aux questions précédentes.

DEFINITION

Le travail W d'une force supposée constante \vec{F} sur un déplacement de vecteur \vec{AB} est donné par le **produit scalaire** entre ces deux vecteurs :

$$W_{\vec{AB}}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = \|\vec{F}\| \times \|\vec{AB}\| \times \cos(\vec{F}; \vec{AB})$$

Conséquences immédiates :

- Si W est strictement positif alors le travail de la force \vec{F} est **moteur** dans le déplacement \vec{AB} , c'est-à-dire que la force « aide » le système à se mouvoir de A vers B
- Si W est strictement négatif alors le travail de la force \vec{F} est **résistant** dans le déplacement \vec{AB} , c'est-à-dire que la force « s'oppose » au déplacement du système de A vers B.
- Si W est nul alors la force \vec{F} n'as pas d'influence sur le déplacement du système de A vers B.

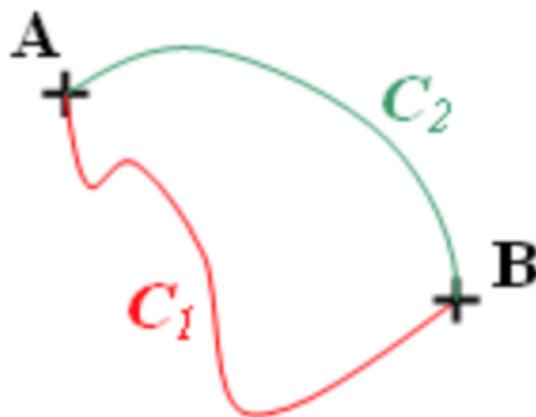
DEFINITION

On appelle force conservative une force dont le travail ne dépend du chemin suivi. C'est-à-dire que quelque soit le chemin emprunté pour aller de A vers B, le travail de la force sera le même.

Exemples de forces conservative : Le poids, la force d'interaction gravitationnelle, la force électrostatique.

On dit qu'une force est non conservative lorsque le travail de cette force dépend du chemin suivi entre A et B.

Exemples de forces non conservatives : les forces de frottements, forces de pressions.



QUELQUES ÉLÉMENTS DE PREUVES

En réalité, dans l'expression du travail d'une force, nous avons précisé « force constante ». C'est ce critère qui permet de distinguer force conservative et force non conservative. En effet, le poids aura toujours la même expression $\vec{P} = m\vec{g}$ quelque soit le chemin emprunté, donc l'expression du poids ne changeant pas le travail restera le même quelque soit le chemin emprunté.

En revanche, prenons par exemple les forces de frottement. Même si la valeur de la force de frottement reste constante, sa direction change suivant le chemin emprunté. Ainsi, les forces de frottement ne sont pas constantes, elles changent suivant le chemin suivi. Ainsi, selon le chemin que le système emprunte, le travail sera différent. C'est la raison pour laquelle les forces de frottement sont non conservatives.

II. ENERGIE MECANIQUE

1. DEFINITION

L'énergie mécanique d'un système est donnée par la relation suivante :

$$E_m = E_c + E_{pp}$$

On précise que :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$
$$E_{pp} = mgz$$

THEOREME DE L'ENERGIE MECANIQUE

D'abord, un cas particulier du théorème :

UN SYSTEME N'EST SOUMIS QU'A DES FORCES CONSERVATIVES
DANS UN DEPLACEMENT $\Leftrightarrow \Delta E_m = 0$

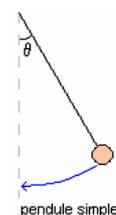
Généralisation du théorème :

$$\Delta E_m = W(\vec{F}_{non\ conservative})$$

III. OSCILLATEURS ET MESURE DU TEMPS

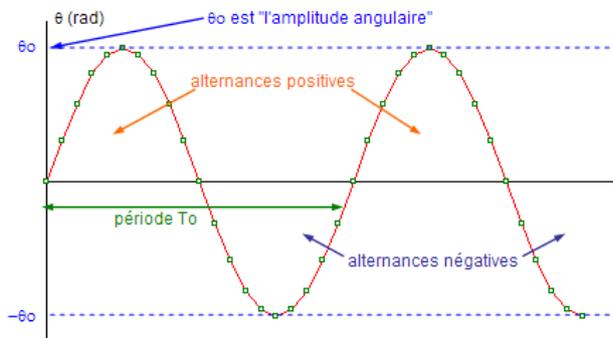
1. DEFINITION

On appelle un pendule simple un système mécanique constitué d'un fil inextensible attaché à un point O à l'extrémité duquel est fixée une masse.



2. OSCILLATION LIBRE D'UN PENDULE SIMPLE

L'évolution de l'angle θ d'un pendule idéal non amorti en fonction du temps est la suivante :



Définition : On appelle période T_0 d'un oscillateur non amorti la durée qui s'écoule entre deux passages successifs de l'oscillateur par des positions identiques avec des vecteurs vitesses identiques.

Remarque : si l'amplitude angulaire est inférieure à 10° , l'expérience montre que la période T_0 ne dépend pas de l'amplitude angulaire θ . On dit qu'il y a **isochronisme des petites oscillations**.

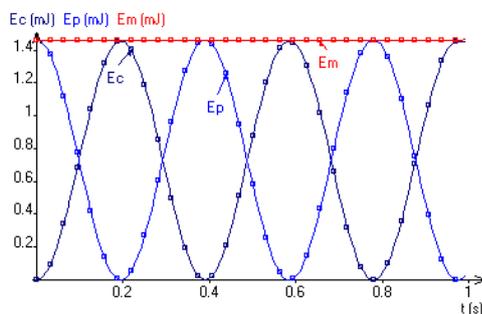
L'expérience montre que la période d'un pendule simple a pour expression :

$$T = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{L}{g}}$$

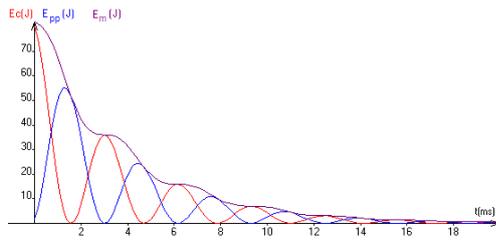
- T est la période du pendule en seconde.
- L est la longueur du fil en m .
- g est l'intensité de la pesanteur terrestre en $m \cdot s^{-2}$

3. TRANSFERTS D'ENERGIE

Au cours des oscillations du pendule, lorsque l'énergie cinétique est maximale, l'énergie potentielle de pesanteur est minimale et la réciproque est vraie. On peut donc dire qu'il y a conservation de l'énergie mécanique :



Lorsque le pendule est soumis à des frottements, l'amplitude des oscillations diminue car il y a dissipation de l'énergie cinétique dans les frottements :



IV. LA MESURE DU TEMPS

La méthode de mesure du temps repose sur l'étude des mouvements périodiques. En revanche, nous ne pouvons pas mesurer le temps à l'aide des oscillateurs mécaniques car on arrive pas à reproduire exactement les mêmes oscillateurs.

Une horloge atomique est une horloge qui utilise la pérennité et l'immuabilité de la fréquence du rayonnement électromagnétique émis par un électron lors du passage d'un niveau d'énergie à un autre.

A l'heure d'aujourd'hui, on mesure le temps avec l'atome de césium 133 :

Une seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.