

# LP6 : ASPECTS ÉNERGÉTIQUES DE PHÉNOMÈNES PHYSIQUES

## Introduction pédagogique

### Bibliographie :

1. Belin 1ère
2. Bordas 1ère spécialité
3. Le livre scolaire 1ère spécialité

**Niveau :** 1ère spécialité

### Prérequis :

1. Force : unité, poids 2nd
2. Vecteurs et produit scalaire 1ère

### Objectifs :

1. Savoir étudier un mouvement par une approche énergétique
2. Savoir déterminer si un système est soumis à des forces non conservatives

### Difficultés :

1. L'énergie est une notion source de confusion : on fera attention à bien distinguer les notions d'énergie et de travail

### Expérience :

1. Pendule simple ou pesant

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Énergie cinétique</b>	<b>2</b>
2.1	Définition . . . . .	2
2.2	Travail d'une force . . . . .	2
2.3	Théorème de l'énergie cinétique . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Énergie potentielle</b>	<b>3</b>
3.1	Forces conservative . . . . .	3
3.2	Expression de l'énergie potentielle . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Énergie mécanique</b>	<b>4</b>
4.1	Théorème de l'énergie mécanique . . . . .	5
4.2	Application . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>6</b>

## 1 Introduction

L'énergie est une notion que vous avez sûrement déjà entendue mais il est difficile de lui attribuer une définition qui ne soit pas source de confusion. Aujourd'hui on va essayer de lever une partie du voile autour de cette notion et de voir quel sens on peut lui attribuer en physique. Les objectifs de ce cours sont double :

- Formaliser la notion d'énergie en physique
- Comprendre comment utiliser l'énergie pour étudier des mouvements.

## 2 Énergie cinétique

### 2.1 Définition

**Énergie cinétique** : énergie d'un corps de masse  $m$  en mouvement à la vitesse  $v$ . Elle s'exprime :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

L'énergie cinétique s'exprime en Joules qui correspondent à des  $\text{kg} \cdot \text{m}^2\text{s}^{-2}$ .  
Calcul de l'énergie cinétique :

1. 1 homme de 70 kg qui court à 30 km/h
2. Une voiture qui roule à 30 km/h et à 100 km/h

Ainsi, plus un objet possède une vitesse élevée, plus son énergie cinétique sera élevée.

Mais l'énergie cinétique prend également en compte la masse de l'objet : une voiture a une énergie cinétique plus élevée qu'un homme qui va à la même vitesse. L'énergie cinétique permet alors d'avoir une mesure quantitative du mouvement d'un objet.

La question que l'on peut se poser est alors de comment faire varier l'énergie cinétique d'un objet, afin de l'accélérer ou de le freiner. Pour cela, il est nécessaire d'appliquer une **force** sur cet objet.

### 2.2 Travail d'une force

En effet, une force peut modifier un mouvement mais comment quantifier son effet ? Pour cela, on introduit une nouvelle notion : le **travail** noté  $W$ .

Pour un objet soumis à une force  $\vec{F}$ , le travail de la force sur le trajet du point A à B s'écrit :

$$\begin{aligned} W_{A \rightarrow B}(\vec{F}) &= \vec{F} \cdot \vec{AB} \\ &= AB \times F \times \cos(\alpha) \end{aligned}$$

$W$  s'exprime en  $\text{kg} \cdot \text{m}^2\text{s}^{-2}$ . Le travail d'une force a donc la dimension d'une énergie. On l'exprimera en Joule.

Le signe de  $W$  permet de donner qualitativement l'effet de la force sur le mouvement. Si  $W > 0$  le mouvement est accéléré, si  $W < 0$  le mouvement est ralenti.

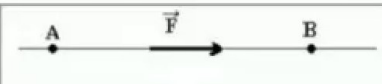
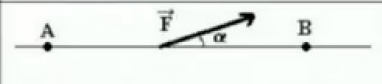
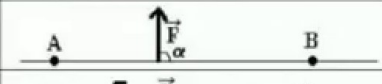
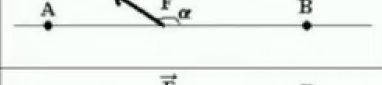

$\alpha = 0$		$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB > 0$
$0 < \alpha < 90^\circ$		$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos\alpha > 0$
$\alpha = 90^\circ$		$W_{AB}(\vec{F}) = 0$
$90^\circ < \alpha < 180^\circ$		$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos\alpha < 0$
$\alpha = 180^\circ$		$W_{AB}(\vec{F}) = -F \cdot AB < 0$

FIGURE 1 – source : [https://www.youtube.com/watch?v=KD\\_E9Rf8T0](https://www.youtube.com/watch?v=KD_E9Rf8T0)

Le signe du travail permet d'avoir une information qualitative sur l'effet de la force sur un mouvement, mais il permet également de prédire quantitativement cet effet.

### 2.3 Théorème de l'énergie cinétique

Le théorème de l'énergie cinétique permet de relier la variation de l'énergie cinétique d'un objet aux travaux des forces qui s'appliquent sur l'objet.

**Théorème de l'énergie cinétique :**

$$\Delta E_c = \sum_{\text{forces}} W(\vec{F})$$

*Sur le pendule :*

Ainsi, quand le pendule est dans la phase montante, le travail du poids est négatif, la vitesse de la masse diminue. Quand le pendule est dans la phase descendante le travail du poids est positif, la vitesse de l'objet augmente.

La notion de travail dépend du chemin  $\overline{AB}$  suivi par l'objet. Nous allons voir que pour certaines forces, nous allons pouvoir introduire une nouvelle énergie appelée énergie potentielle.

## 3 Énergie potentielle

### 3.1 Forces conservative

Soit un objet se déplaçant du point A au point B.

Une force qui s'applique sur l'objet est dite **conservative** si son travail ne dépend pas du chemin suivi entre A et B mais uniquement de la position de ces points. Par exemple le poids est une force conservative.

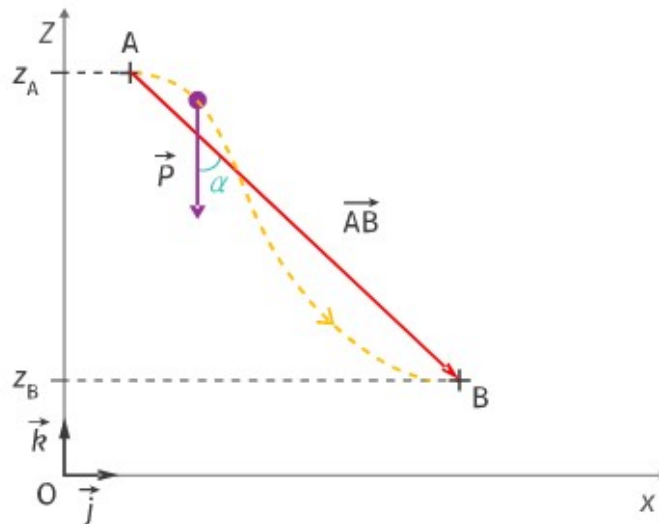


FIGURE 2 – source : le livre scolaire : 1ère spécialité

En revanche, les forces de frottement, qui sont toujours opposées au vecteur vitesse, fournissent un travail qui dépend du chemin suivi. On qualifie ces forces de **non conservative**.

A une force conservative, on peut associer une énergie potentielle.

### 3.2 Expression de l'énergie potentielle

L'énergie potentielle associée à une force conservative vérifie la relation, pour un objet allant d'un point A à un point B :

$$Ep(B) - Ep(A) = -W_{A \rightarrow B}(F)$$

Comme  $W$  ne dépend pas du chemin suivi, la variation d'énergie potentielle ne dépend que de la position du point de départ et du point d'arrivée.

On remarque qu'on ne peut calculer que des variations d'énergie potentielle, cette énergie est toujours définie à une constante près.

Par exemple pour le poids, l'énergie potentielle de pesanteur s'écrit :

$$Ep = mgz + C$$

On considérera généralement que l'énergie potentielle est nulle quand l'objet est infiniment loin, en prenant ainsi  $C=0$

On a ainsi 2 types d'énergie, l'énergie cinétique et l'énergie potentielle qui sont intrinsèquement reliés aux travaux des forces subies par le système. Nous allons maintenant voir comment synthétiser ces 2 énergies en une seule : l'énergie mécanique.

## 4 Énergie mécanique

**Définition :**

$$E_m = E_c + E_p$$

#### 4.1 Théorème de l'énergie mécanique

$$\begin{aligned} \Delta E_m &= \Delta E_c + \Delta E_p \\ &= \sum_{\text{forces}} W(\mathbf{F}) + \sum_{\text{forces conservatives}} -W(\mathbf{F}) \\ &= \sum_{\text{forces non-conservative}} W(\mathbf{F}) \end{aligned}$$

Il s'agit de **théorème de l'énergie mécanique**.

Ainsi, pour un système soumis uniquement à des forces conservatives **l'énergie mécanique se conserve**. D'où le fait que l'on parle de force conservative !

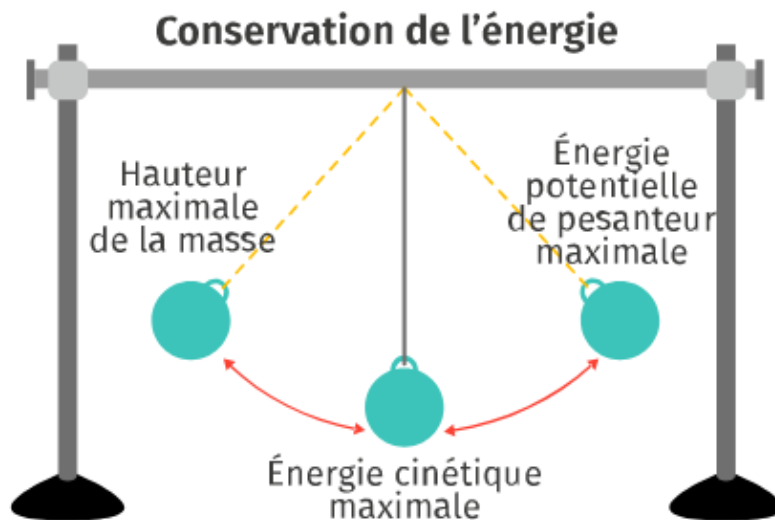


FIGURE 3 – source : le livre scolaire : 1ère spécialité

Ainsi, lors du déplacement du pendule l'énergie cinétique se convertit en énergie potentielle et inversement en conservant l'énergie mécanique totale.

#### 4.2 Application

##### Exemple : pendule pesant

On essaye de montrer la conservation de l'énergie mécanique en superposant énergie cinétique et énergie potentielle :

$$\begin{aligned} E_c &= \frac{1}{2} J \left( \frac{d\theta}{dt} \right)^2 \\ E_p &= mgl(1 - \cos(\theta)) \end{aligned}$$

Bien penser à faire une modélisation de  $\theta$  avant de dériver sinon on obtient un signal vraiment moche.

**Mesure :**

Si on avait pas de force de frottement le pendule ne s'arrêterait jamais.

Estimation du travail des forces de frottement en regardant la décroissance de l'énergie mécanique au cours du temps.

On pourra simuler des frottements fluides avec l'aimant et la plaques si jamais la mesure est trop faible.

## 5 Conclusion

Ainsi, nous avons pu introduire la notion d'énergie en physique et comment se servir de cette notion pour comprendre certain mouvement. L'approche énergétique est très utile car elle permet d'utiliser des grandeurs scalaires pour étudier des problèmes vectoriel permettant ainsi de simplifier le traitement des problèmes.