IV.1 Introduction

On dit qu'un corps possède de l'énergie quand il est capable de modifier l'état de repos ou de mouvement d'un autre corps. L'énergie peut prendre diverses formes. Au moment où un système libère son énergie, il la cède à un autre système. L'énergie produit alors :

- Un travail mécanique

Exemple : un ressort comprimé possède de l'énergie, s'il est libéré, il provoque le déplacement d'un projectile qu'on lui associe à son extrémité.

- Une élévation de température.

Exemple : le charbon, en brulant, élève la température de l'eau qui se vaporise : l'eau a changé d'état, donc le charbon possédait de l'énergie.

- Une décomposition chimique.

Exemple : la batterie d'accumulateurs étant chargée peut provoquer la rotation d'un moteur : la batterie possède une énergie.

Tous ces divers phénomènes sont mesurables.

L'énergie est une grandeur scalaire qui caractérise un état physique d'une particule, dans la nature, elle se présente sous différentes formes : l'énergie mécanique, énergie interne, énergie électromagnétique, énergie nucléaire… La loi de la conservation et de la transformation de l'énergie énonce que : « quelque soient les processus se produisant dans un système isolé, son énergie totale ne change pas ».

IV-2 Travail

On dit qu'une force travaille quand elle déplace son point d'application. Par définition, on appelle travail élémentaire **dw** d'une force **F**, le produit scalaire de cette force par le déplacement élémentaire dl (déplacement infinitésimal).

$$\boldsymbol{dw = \vec{F}.\overrightarrow{dl}}$$

En coordonnées cartésiennes, il s'écrit comme suit :

$$\boldsymbol{dw = F_x dx + F_y dy + F_z dz}$$

Dans le cas où le point matériel (ou système de points matériels) est sollicité par un système de **n** forces $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \ldots\ldots\ldots\ldots, \vec{F}_n$:, le travail total W accompli sera égale à la somme algébrique des travaux élémentaires de toutes les forces :

$$\boldsymbol{W = \sum_{i=1}^{n} dw_i = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i . d\vec{r}_i}$$

Avec :

$\vec{dr_i}$: Déplacement élémentaire du point d'application de la force $\vec{F_i}$. En forme continue on écrit :

$$W = \int_A^B \vec{F} \, . \, d\vec{r}$$

W : N.m = J (Joule) en SI.

IV.3 Fonctions de forces : (potentiels)

On appelle « force potentielle » une force dont le travail lors du déplacement de son point d'application ne dépend pas du chemin suivi :

$$\oint \vec{F} \, . \, d\vec{r} = \oint (F_x dx + F_y dy + F_z dz) = 0$$

Pour que cette condition soit réalisée, il faut et il suffit que l'expression sous l'intégrale soit une différentielle totale d'une certaine fonction scalaire **U(x, y, z)** appelée « fonction de force ».

$$\vec{F} \, . \, d\vec{r} = F_x dx + F_y dy + F_z dz = dU$$

Avec :

$$F_x = \frac{\partial U}{\partial x}, F_y = \frac{\partial U}{\partial y}, F_z = \frac{\partial U}{\partial z}$$

$$\vec{F} = \frac{\partial U}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z}\vec{k}$$

$$\vec{F} = \overrightarrow{grad\, U}$$

Dans ce cas on dira que **F** dérive d'un potentiel **U**.

IV.4 Energie cinétique

Par définition, l'énergie cinétique « **Ec** » d'un point matériel est égale à la moitié du produit de sa masse par le carré de la vitesse de son mouvement.

$$E_C = \frac{1}{2} m v^2$$

Elle est définie comme étant la capacité d'un corps matériel pour faire un travail grâce à son mouvement.

$$W_{AB} = E_{CB} - E_{CA} = \Delta E_C$$

W_{AB} : Travail des forces.

$\Delta \boldsymbol{E_C}$: Variation de l'énergie cinétique.

Le théorème de l'énergie cinétique énonce que le travail effectué sur une masse ponctuelle est égale à la variation de son énergie cinétique.

Ce théorème reste valable dans le cas d'une force variable et pour une trajectoire quelconque.

Dans ce cas la définition du travail de la force $\vec{F}$ devient :

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}.d\vec{r} = \int_A^B F_t dr$$

Avec :

F_t : Composante de la force tangente à la trajectoire.

$$F_t = ma_t = m\frac{dv}{dt}$$

$$W_{AB} = \int_A^B F_t dr = \int_A^B m\frac{dv}{dt}dr = \int_A^B m\,v\,dv = \frac{1}{2}m\left(v_B^2 - v_A^2\right) = \Delta E_C$$

D'où :

$$W_{AB} = \Delta E_C$$

IV-5 Energie potentielle

L'énergie cinétique d'une particule est associée à son mouvement, alors que l'énergie potentielle d'une particule est associée à sa position.

On définit l'énergie potentielle « E_p » comme étant la quantité d'énergie qu'il faut ajouter à l'énergie cinétique « E_c » pour que leur somme soit constante.

$$E_c + E_p = cste$$

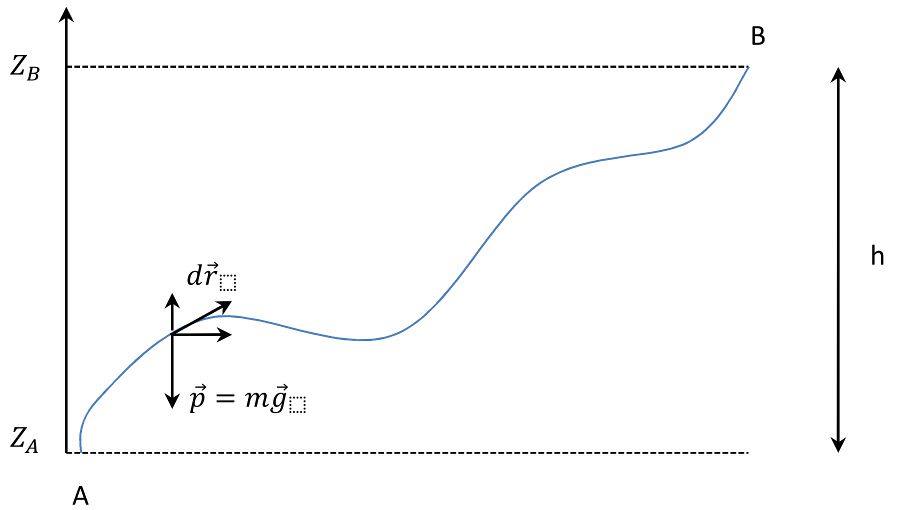
Pour un déplacement produisant une variation d'énergie cinétiqueΔE_C, la variation correspondante d'énergie potentielle, ΔE_p est donnée par :

$$\Delta {E_p}_A^B = E_p(B) - E_p(A) = -\Delta E_C = -W_{AB}$$

$$\Delta {E_p}_A^B = -\int_A^B \vec{F}.d\vec{r}$$

$$E_p(B) - E_p(A) = -\int_A^B \vec{F}.d\vec{r}$$

IV-5-1 L'énergie potentielle de la force de pesanteur



$$E_{p_B} - E_{p_A} = -W_{AB} = -\int_A^B m\vec{g}\,.\,d\vec{r} = -\int_{Z_A}^{Z_B} (-mg)dz$$

D'où :

$$E_{p_B} - E_{p_A} = mg(Z_B - Z_A) = mgh$$

Par conséquent, la différence d'énergie potentielle due à la force de pesanteur est donnée par :

$$\Delta E_{p_{(g)}} = mgh$$

IV-6 Energie totale

On appelle énergie totale, la somme de l'énergie due au mouvement et l'énergie potentielle.

$$E_{tot} = E_c + E_p$$

Conservation de l'énergie totale pour un système isolé :

$$E_{c_B} - E_{c_A} = W_{AB}$$

$$\begin{cases} E_{c_B} - E_{c_A} = \quad W_{AB} \\ E_{P_B} - E_{P_A} = -W_{AB} \end{cases} \Leftrightarrow E_{tot_B} = E_{tot_A}$$

Loi de la conservation de l'énergie :

$$E_{tot_B} = E_{tot_A} = cste$$

Soumis à l'action de forces potentielles, un corps possède une énergie totale constante dans un système isolé.

IV-7 La puissance

Dans les applications industrielles de la physique, il ne suffit pas de savoir quelle quantité de travail une machine peut fournir, il est aussi primordial de savoir combien de temps il lui faudra pour effectuer ce travail.

Définition

La puissance est une grandeur qui mesure le taux de travail, elle est définie comme étant une quantité de travail par unité de temps.

Pour une quantité de travail $\Delta \boldsymbol{W}$ fournie pendant un intervalle de temps $\Delta \boldsymbol{t}$, on définit la puissance moyenne par :

$$\boldsymbol{P_m} = \frac{\Delta \boldsymbol{W}}{\Delta \boldsymbol{t}}$$

La puissance instantanée est obtenue en passant à la limite soit : $\Delta \boldsymbol{t} \to \mathbf{0}$.

$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{dW}}{\boldsymbol{dt}}$$

Le watt est la puissance développée par un travail d'un Joule en une seconde.

On peut encore écrire :

$$\boldsymbol{P} = \frac{\boldsymbol{dW}}{\boldsymbol{dt}} = \frac{\vec{\boldsymbol{F}}\,.\,\boldsymbol{d}\vec{\boldsymbol{r}}}{\boldsymbol{dt}} = \vec{\boldsymbol{F}}.\vec{\boldsymbol{V}}$$