

M3

Puissance et énergie du point matériel

Objectifs du chapitre

- 1 Connaître les notions de travail et de puissance d'une force
- 2 Savoir reconnaître le caractère moteur ou résistant d'une force
- 3 Connaître le théorème de l'énergie cinétique et de la puissance cinétique et savoir utiliser la loi appropriée en fonction du contexte.
- 4 Connaître les notions d'énergie potentielle et énergie mécanique.
- 5 Établir et citer les expressions des énergies potentielles de pesanteur et élastique.
- 6 Connaître la notion de mouvement conservatif.
- 7 Distinguer les notions de force conservative et non conservative.
- 8 Être capable de reconnaître les cas de conservation de l'énergie mécanique et savoir utiliser les conditions initiales.
- 9 Établir l'équation d'un mouvement conservatif à partir de l'énergie potentielle.
- 10 Déduire d'une courbe d'énergie potentielle le comportement qualitatif d'un système dont on connaît l'énergie mécanique : trajectoire bornée ou non, mouvement périodique, positions de vitesse nulle.
- 11 Déduire d'une courbe d'énergie potentielle l'existence de positions d'équilibre et le caractère stable ou instable de ces positions.

Plan du cours

1 Puissance d'une force**2 Travail d'une force**

- 2.1 Travail élémentaire
- 2.2 Travail total
- 2.3 Propriété fondamentale
- 2.4 Exemple de travaux

3 Forces conservatives et énergie potentielle

- 3.1 Définition
- 3.2 Énergie potentielle de pesanteur
- 3.3 Énergie potentielle élastique

4 Théorème de la puissance et de l'énergie cinétique

- 4.1 Définition de l'énergie cinétique

- 4.2 Théorème de la puissance cinétique

- 4.3 Théorème de l'énergie cinétique

5 Théorèmes de la puissance et de l'énergie mécanique

- 5.1 Définition de l'énergie mécanique
- 5.2 Théorème de l'énergie mécanique
- 5.3 Théorème de la puissance mécanique

6 Les mouvements conservatifs : l'exemple du pendule simple

- 6.1 Utilisation de la courbe d'énergie potentielle pour prévoir une trajectoire oscillante
- 6.2 Équilibre et stabilité
- 6.3 Mouvement de type fronde

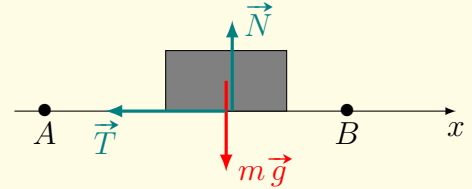
Applications

Application 1: Caractère moteur ou résistant d'une force

La force de frottement fluide est-elle résistive ou motrice ? Et le poids ?

Application 2: Travail d'une force de frottement solide

On considère un objet qui glisse sur un plan horizontal et soumis à une force de frottement solide de coefficient f vérifiant les lois de Coulomb : $\|\vec{T}\| = fmg$ avec \vec{T} opposé à la vitesse de glissement.



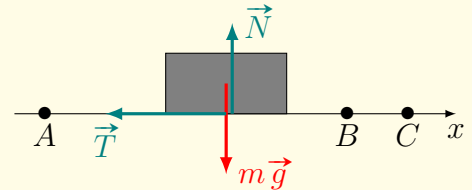
Montrer que la force de réaction normale ne travaille pas et que le travail de la force de réaction tangentielle entre un point A et un point B vaut :

$$W_{A \rightarrow B} = -T(x_B - x_A) = -fmg(x_B - x_A)$$

Quel est son signe ?

Application 3: Forces conservatives

On considère un objet qui glisse sur un plan horizontal et soumis à une force de frottement solide de coefficient f vérifiant les lois de Coulomb : $\|\vec{T}\| = fmg$ avec \vec{T} opposé à la vitesse de glissement.



Exprimer le travail pour aller de A à B par deux chemins : soit directement, soit en passant par C .

Application 4: Pendule simple

On considère un pendule simple : une masse m est suspendue à un fil sans masse inextensible de longueur l dans le référentiel terrestre supposé galiléen. En utilisant le théorème de la puissance cinétique, retrouver l'équation différentielle du pendule sur $\theta(t)$.

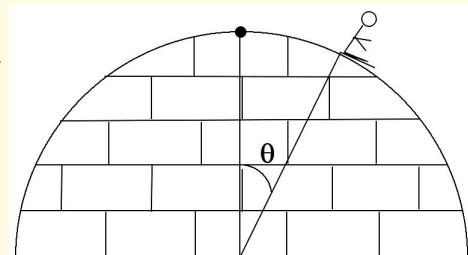
Application 5: Application du TEC

Une masse m est en chute libre sans frottements, quelle est sa vitesse après avoir chuté d'un dénivelé de 100 m ?

Application 6: Application du TEM

A l'aide du théorème de l'énergie mécanique établir l'équation du mouvement de l'enfant glissant sur l'igloo (de rayon R) :

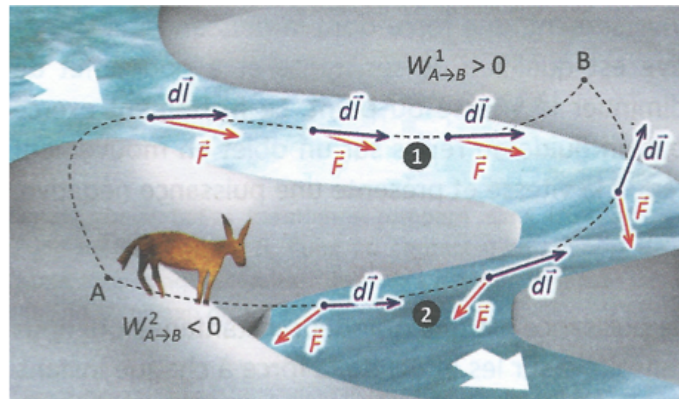
$$\dot{\theta}^2 = \frac{2g}{R}(1 - \cos \theta)$$



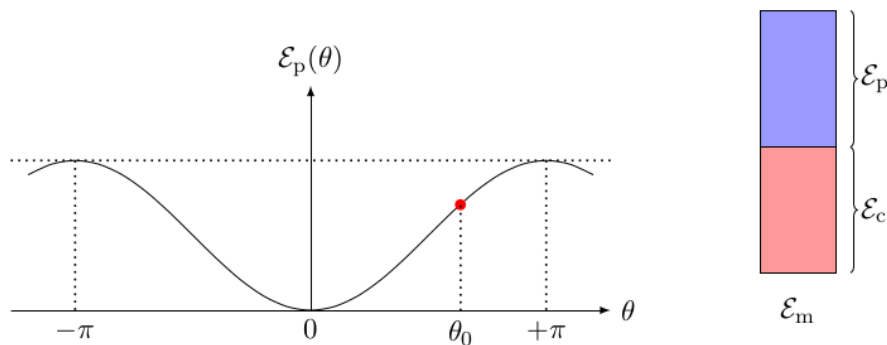
Documents

Document 1: Travail et chemin

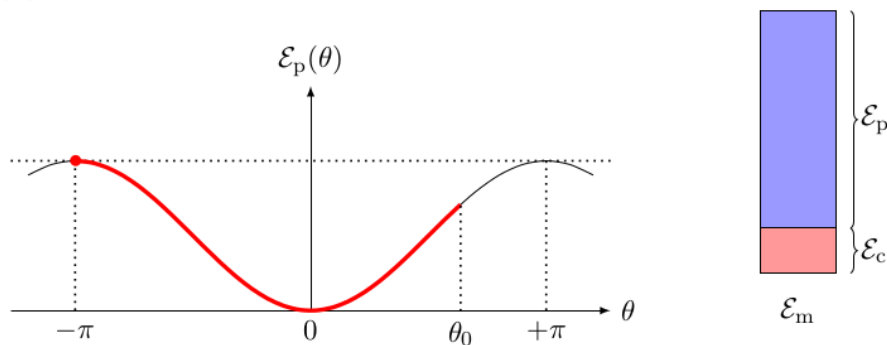
Dans l'exemple suivant, l'âne a deux possibilités pour aller de A vers B mais il doit se confronter à la force \vec{F} due au courant. Tout le long du chemin 1, $\vec{F} \cdot d\vec{l} > 0$ donc $W_{A \rightarrow B}^1 > 0$ alors que pour le chemin 2 on a $\vec{F} \cdot d\vec{l} < 0$ donc $W_{A \rightarrow B}^2 < 0$. Le travail dépend donc du chemin suivi.



Document 2: Mouvement de type fronde

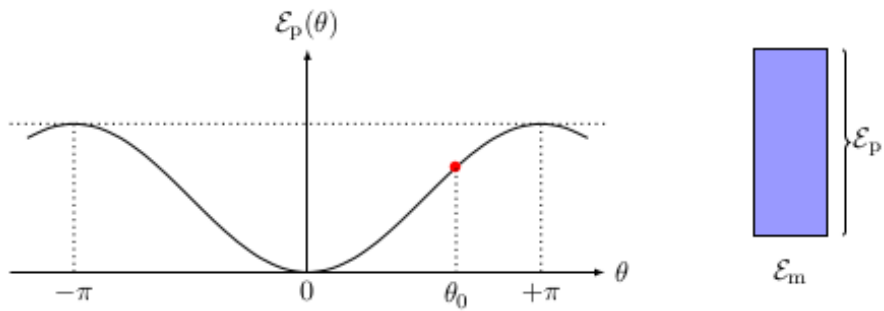


(a) État initial $\theta = \theta_0$ et $\dot{\theta}_0 < 0$: l'énergie mécanique est composée d'énergie cinétique et d'énergie potentielle.

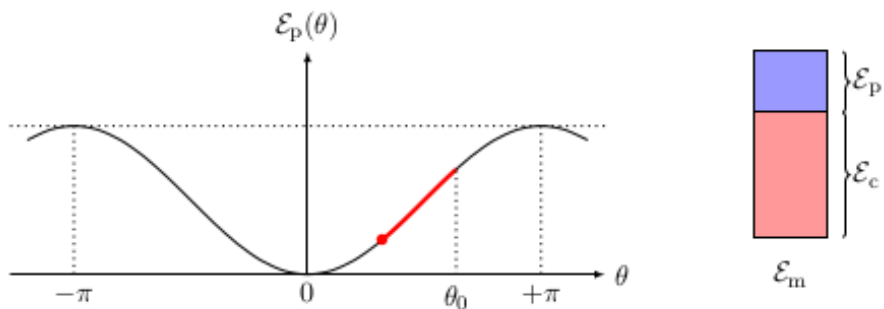


(b) La masse arrive sur le maximum de potentiel mais il lui reste de l'énergie cinétique, elle va donc passer par dessus le maximum de potentiel et continue sa rotation.

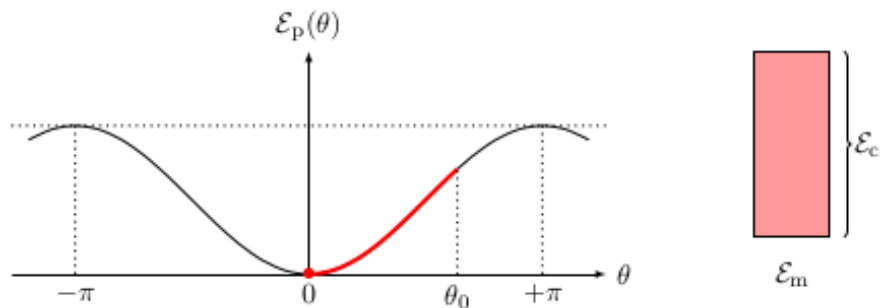
Document 3: Energie potentielle d'un pendule simple



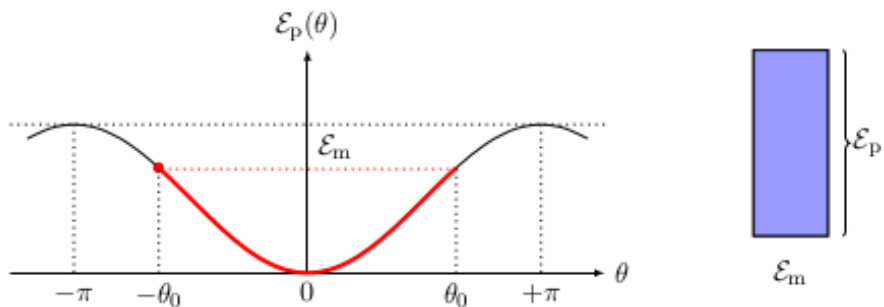
(a) État initial $\theta = \theta_0$: toute l'énergie est sous forme d'énergie potentielle, la vitesse est nulle.



(b) La masse perd de l'énergie potentielle en restant sur la courbe. L'énergie mécanique étant conservée, elle gagne de l'énergie cinétique et donc de la vitesse.



(c) La masse a perdu toute son énergie potentielle. Son énergie cinétique, et donc sa vitesse, est maximale.



(d) La masse a perdu toute son énergie cinétique et a maximisé son énergie potentielle. Elle a atteint l'angle maximal $-\theta_0$. Ensuite, la masse repart dans l'autre direction et oscille.