

Chapitre 9



MESURE DU TEMPS ET OSCILLATEUR

I. LA MESURE DU TEMPS

1. Etude de documents

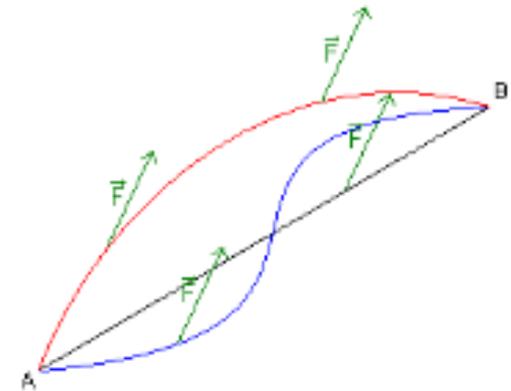
2. Exemple de la mesure du temps : Le pendule simple
(voir TP)

II. TRAVAIL D'UNE FORCE et ENERGIE

1. Le travail

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force \vec{F} constante, pour un déplacement de A à B de son point d'application est égal au produit scalaire :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$



Si la force contribue au mouvement, le travail est et son signe est

Si la force s'oppose au mouvement, le travail est et son signe est

Cas particuliers :

le travail du poids :	$W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot (z_A - z_B) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$	
le travail de la force électrique :	$W_{AB}(\vec{F}) = q \vec{E} \cdot \vec{AB} = q \cdot U_{AB}$	
le travail de la réaction normale :	$W_{AB}(\vec{R}_N) = \vec{R}_N \cdot \vec{AB} = 0$	
le travail d'une force de frottements de valeur constante:	$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = -f \cdot AB$	

Remarque : la puissance P est égale au travail (ou à l'énergie) par unité de temps :

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

2. L'énergie potentielle

On peut définir une énergie potentielle correspondant aux forces conservatives (forces dont le travail ne dépend que des points A et B).

Rq : Le frottement n'est pas une force conservative.

Energie potentielle de pesanteur	
Energie potentielle électrique	

3. Energie mécanique

L'énergie mécanique est la somme des énergies potentielles et cinétiques :

Rappel : Energie cinétique :

Pour un système **conservatif** (non soumis à des forces de frottements) :

L'énergie mécanique se conserve. Il y a transfert d'énergie potentielle en énergie cinétique.

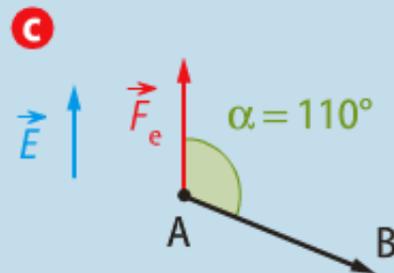
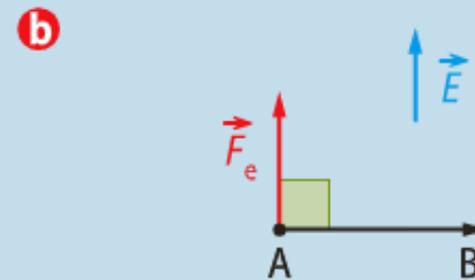
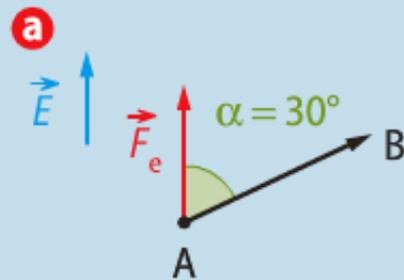
Pour un système **non conservatif** (en présence de frottements) :

L'énergie mécanique diminue progressivement ; elle est dissipée par transfert thermique.

EXERCICE RÉSOLU

3 Travail fourni à un proton

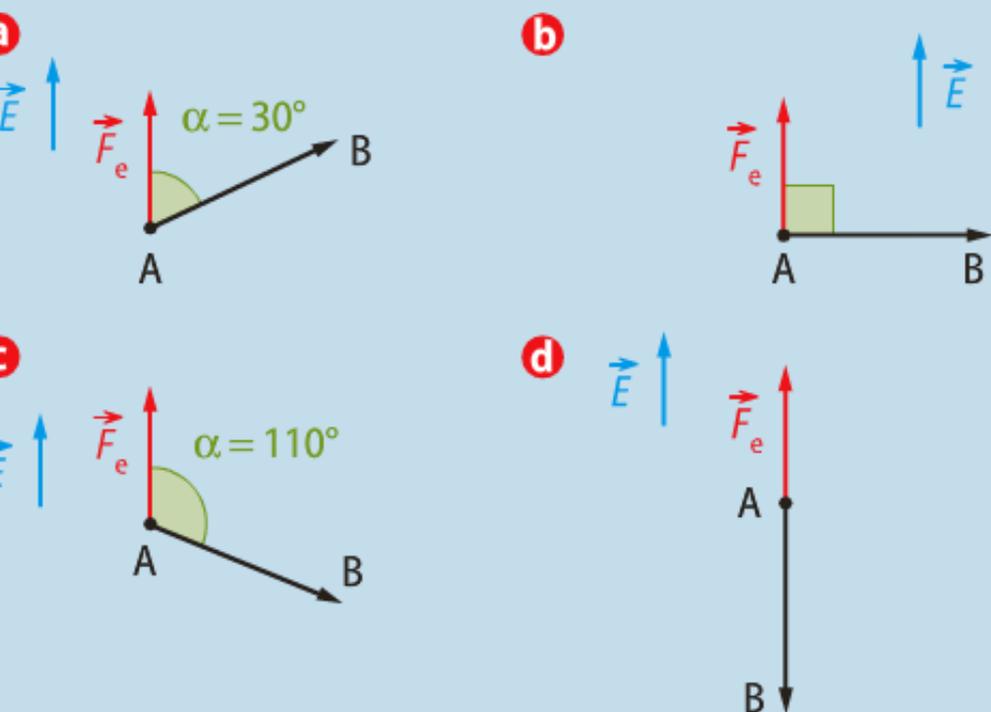
Dans les quatre situations ci-dessous, une force électrique \vec{F}_e constante, d'intensité $F_e = 2,5 \text{ N}$, s'exerce sur un proton en mouvement sur une distance $AB = 5,0 \text{ cm}$.



1. Calculer, dans chaque cas, le travail de la force électrique.
2. Indiquer quel qualificatif convient pour décrire ce travail.

Travail fourni à un proton

Dans les quatre situations ci-dessous, une force électrique constante, d'intensité $F_e = 2,5 \text{ N}$, s'exerce sur un proton en mouvement sur une distance $AB = 5,0 \text{ cm}$.



Calculer, dans chaque cas, le travail de la force électrique et indiquer quel qualificatif convient pour décrire ce travail.

Aides et méthodes

1. Appliquer la définition du travail d'une force. Observer la valeur des angles avant de passer à l'application numérique. Si nécessaire, paramétrer la calculatrice en degré.
2. Raisonner à partir du signe du résultat obtenu ou de la valeur de l'angle.

Solution

1. $W_{AB}(\vec{F}_e) = \vec{F}_e \cdot \vec{AB} = F_e \cdot AB \cdot \cos \alpha$. L'usage de la calculatrice n'est pas nécessaire pour les applications numériques des cas **b** et **d**. On trouve :

a : $W_{AB}(\vec{F}_e) = 1,1 \times 10^{-1} \text{ J}$;

b : $W_{AB}(\vec{F}_e) = 0 \text{ J}$;

c : $W_{AB}(\vec{F}_e) = -4,3 \times 10^{-2} \text{ J}$;

d : $W_{AB}(\vec{F}_e) = -1,3 \times 10^{-1} \text{ J}$.

2. Le travail est nul en **b** ; moteur dans la situation **a** car $W_{AB}(\vec{F}_e) > 0$ ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$) ; résistant en **c** et **d** car $W_{AB}(\vec{F}_e) < 0$ ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$).

5 Accélérateur de particules

Dans un accélérateur linéaire, un noyau d'hélium He^{2+} ($Z = 2$, $A = 4$) subit le travail moteur et maximal d'une force électrique constante \vec{F}_e . Il se déplace dans l'un des tubes de l'accélérateur, sur une longueur $\ell = 50 \text{ cm}$, sous l'action d'un champ électrique d'intensité $E = 400 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$.

1. a. Établir l'expression du travail que fournit la force électrique \vec{F}_e lors du déplacement du noyau d'hélium.

b. Quelle est la valeur de l'angle entre \vec{F}_e et le déplacement ? Justifier.

c. Calculer la valeur du travail de la force électrique.

2. a. Quelle est la valeur de la tension électrique U permettant de générer le champ \vec{E} ?

b. Exprimer, en eV, l'énergie acquise par le noyau accéléré.

c. Convertir cette énergie en joule.

3. a. En déduire l'expression du travail de la force électrique en fonction de la charge q d'une particule et de la tension U à laquelle elle est soumise.

b. Le travail de la force électrique dépend-il du chemin suivi par son point d'application entre ses positions initiale et finale ? Justifier.

Indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

1 Le travail $W_{AB}(\vec{P})$ de la force de pesanteur \vec{P} lorsque son point d'application se déplace de A vers B, d'altitudes respectives z_A et z_B , s'écrit :

- a** $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot AB$;
- b** $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$;
- c** $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot AB \cdot \cos \alpha$;
- d** $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot (z_A - z_B)$.

2 Ce travail est résistant lorsque :

- a** l'altitude augmente ;
- b** $z_B < z_A$;
- c** \vec{P} et \vec{AB} sont de même sens ;
- d** l'angle entre \vec{P} et \vec{AB} vaut 90° .

Indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

Le travail $W_{AB}(\vec{f})$ d'une force de frottement \vec{f} , constante lors d'un déplacement AB de son point d'application...

1 a pour expression :

a $-\vec{f} \cdot \vec{AB}$;

b $f \cdot AB \cdot \cos \alpha$;

c $-f \cdot AB$;

d $f \cdot (z_A - z_B)$.

(α est l'angle entre \vec{f} et \vec{AB} , z_A et z_B les altitudes de A et B).

2 est toujours :

a résistant ;

b moteur ;

c nul ;

d maximal.

3 a dépend du chemin suivi entre A et B ;

b ne dépend pas du chemin suivi entre A et B.

III. ETUDE D'UN OSCILLATEUR

Sujet de bac

Chapitre 9



MESURE DU TEMPS ET OSCILLATEUR

I. LA MESURE DU TEMPS

1. Etude de documents

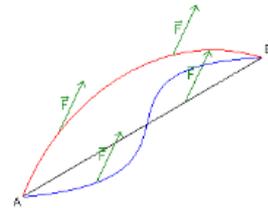
2. Exemple de la mesure du temps : Le pendule simple
(voir TP)

II. TRAVAIL D'UNE FORCE et ENERGIE

1. Le travail

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force \vec{F} constante, pour un déplacement de A à B de son point d'application est égal au produit scalaire :

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos(\alpha)$$



Si la force contribue au mouvement, le travail est et son signe est

Si la force s'oppose au mouvement, le travail est et son signe est

Cas particuliers :

le travail du poids :	$W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot (z_A - z_B) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$	
le travail de la force électrique :	$W_{AB}(\vec{F}) = q \vec{E} \cdot \vec{AB} = q \cdot U_{AB}$	
le travail de la réaction normale :	$W_{AB}(\vec{R}_N) = \vec{R}_N \cdot \vec{AB} = 0$	
le travail d'une force de frottements de valeur constante:	$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = -f \cdot AB$	

Remarque : la puissance P est égale au travail (ou à l'énergie) par unité de temps :

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

2. L'énergie potentielle

On peut définir une énergie potentielle correspondant aux forces conservatives (forces dont le travail ne dépend que des points A et B).

Rq : Le frottement n'est pas une force conservative.

Energie potentielle de pesanteur	
Energie potentielle électrique	

3. Energie mécanique

L'énergie mécanique est la somme des énergies potentielles et cinétiques :

Rappel : Energie cinétique :

Pour un système **conservatif** (non soumis à des forces de frottements) :

L'énergie mécanique se conserve. Il y a transfert d'énergie potentielle en énergie cinétique.

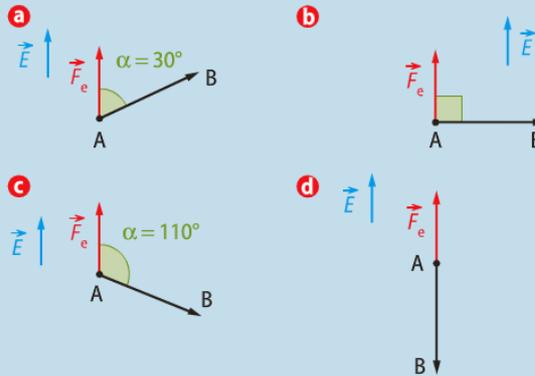
Pour un système **non conservatif** (en présence de frottements) :

L'énergie mécanique diminue progressivement ; elle est dissipée par transfert thermique.

EXERCICE RÉSOLU

3 Travail fourni à un proton

Dans les quatre situations ci-dessous, une force électrique \vec{F}_e constante, d'intensité $F_e = 2,5 \text{ N}$, s'exerce sur un proton en mouvement sur une distance $AB = 5,0 \text{ cm}$.

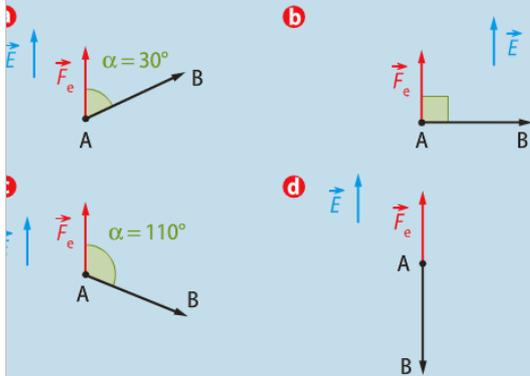


1. Calculer, dans chaque cas, le travail de la force électrique.
2. Indiquer quel qualificatif convient pour décrire ce travail.

EXERCICE RÉSOLU

Travail fourni à un proton

Dans les quatre situations ci-dessous, une force électrique constante, d'intensité $F_e = 2,5 \text{ N}$, s'exerce sur un proton qui se déplace sur une distance $AB = 5,0 \text{ cm}$.



Calculer, dans chaque cas, le travail de la force électrique et indiquer quel qualificatif convient pour décrire ce travail.

Aides et méthodes

1. Appliquer la définition du travail d'une force. Observer la valeur des angles avant de passer à l'application numérique. Si nécessaire, paramétrer la calculatrice en degré.
2. Raisonner à partir du signe du résultat obtenu ou de la valeur de l'angle.

Solution

1. $W_{AB}(\vec{F}_e) = \vec{F}_e \cdot \vec{AB} = F_e \cdot AB \cdot \cos \alpha$. L'usage de la calculatrice n'est pas nécessaire pour les applications numériques des cas **b** et **d**. On trouve :

a : $W_{AB}(\vec{F}_e) = 1,1 \times 10^{-1} \text{ J}$;

b : $W_{AB}(\vec{F}_e) = 0 \text{ J}$;

c : $W_{AB}(\vec{F}_e) = -4,3 \times 10^{-2} \text{ J}$;

d : $W_{AB}(\vec{F}_e) = -1,3 \times 10^{-1} \text{ J}$.

2. Le travail est nul en **b** ; moteur dans la situation **a** car $W_{AB}(\vec{F}_e) > 0$ ($0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$) ; résistant en **c** et **d** car $W_{AB}(\vec{F}_e) < 0$ ($90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$).

5 Accélérateur de particules

Dans un accélérateur linéaire, un noyau d'hélium He^{2+} ($Z = 2$, $A = 4$) subit le travail moteur et maximal d'une force électrique constante \vec{F}_e . Il se déplace dans l'un des tubes de l'accélérateur, sur une longueur $\ell = 50 \text{ cm}$, sous l'action d'un champ électrique d'intensité $E = 400 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$.

1. **a.** Établir l'expression du travail que fournit la force électrique \vec{F}_e lors du déplacement du noyau d'hélium.
b. Quelle est la valeur de l'angle entre \vec{F}_e et le déplacement ? Justifier.
c. Calculer la valeur du travail de la force électrique.
2. **a.** Quelle est la valeur de la tension électrique U permettant de générer le champ \vec{E} ?
b. Exprimer, en eV, l'énergie acquise par le noyau accéléré.
c. Convertir cette énergie en joule.
3. **a.** En déduire l'expression du travail de la force électrique en fonction de la charge q d'une particule et de la tension U à laquelle elle est soumise.
b. Le travail de la force électrique dépend-il du chemin suivi par son point d'application entre ses positions initiale et finale ? Justifier.

6**QCM**

Indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

1 Le travail $W_{AB}(\vec{P})$ de la force de pesanteur \vec{P} lorsque son point d'application se déplace de A vers B, d'altitudes respectives z_A et z_B , s'écrit :

a $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot AB$;

b $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_B - z_A)$;

c $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot AB \cdot \cos \alpha$;

d $W_{AB}(\vec{P}) = P \cdot (z_A - z_B)$.

2 Ce travail est résistant lorsque :

a l'altitude augmente ;

b $z_B < z_A$;

c \vec{P} et \vec{AB} sont de même sens ;

d l'angle entre \vec{P} et \vec{AB} vaut 90° .

10**QCM**

Indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

Le travail $W_{AB}(\vec{f})$ d'une force de frottement \vec{f} , constante lors d'un déplacement AB de son point d'application...

1 a pour expression :

- a $-\vec{f} \cdot \vec{AB}$; b $f \cdot AB \cdot \cos \alpha$;
 c $-f \cdot AB$; d $f \cdot (z_A - z_B)$.

(α est l'angle entre \vec{f} et \vec{AB} , z_A et z_B les altitudes de A et B).

2 est toujours :

- a résistant; b moteur;
 c nul; d maximal.

3 a dépend du chemin suivi entre A et B;

- b ne dépend pas du chemin suivi entre A et B.

III. ETUDE D'UN OSCILLATEUR

Sujet de bac