

Chapitre 11 AE : Travail d'une force - Energie cinétique -Théorème de l'énergie cinétique

Objectifs :

➤ Vérifier le théorème de l'énergie cinétique : $E_c(\text{fin}) - E_c(\text{ini}) = E_c(B) - E_c(A) = \sum W(\vec{F}_{\text{ext}})_{A \rightarrow B}$

Pour cela, on va étudier la modification de la vitesse d'un mobile qui glisse, sans frottement sur un plan incliné.

Notre but sera, dans cette activité de :

- 1) Donner les expressions du travail des forces qui agissent sur le mobile et calculer leurs valeurs
- 2) Comprendre que dans ce cas la vitesse acquise est liée au travail des forces

1) Expression et calcul du travail des forces qui agissent sur le mobile qui glisse, sans frottement

1.1 - Rappel : Travail d'une force

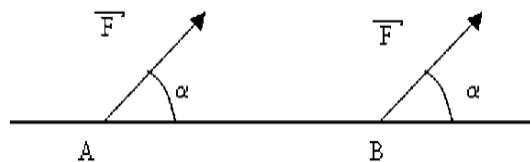
Une force F effectue un travail si :
- son point d'application se déplace
- la direction de cette force n'est pas perpendiculaire à celle du mouvement.

Dans le cas d'un vecteur force non modifié en direction, sens et valeur (identiques au cours du temps) alors

l'expression du travail de la force est donnée par : $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \times AB \times \cos(\alpha)$

$W_{AB}(\vec{F})$ est le travail de la force \vec{F} exprimé en Joule (J). F est la valeur de la force exprimée en Newton (N).

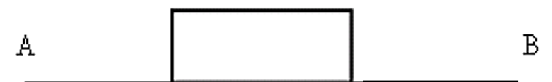
AB est la distance en mètre (m) sur laquelle est appliquée la force, $\cos \alpha$ est sans unité.



1.2 - Un mobile à coussin d'air (frottements négligeables) est lancé puis lâché sur un plan horizontal.

1.2.1 - Après avoir réalisé un diagramme interaction-objets, à gauche du schéma ci-dessous, représenter les forces agissant sur le mobile sur le schéma ci-dessous. On notera G , le centre d'inertie du mobile.

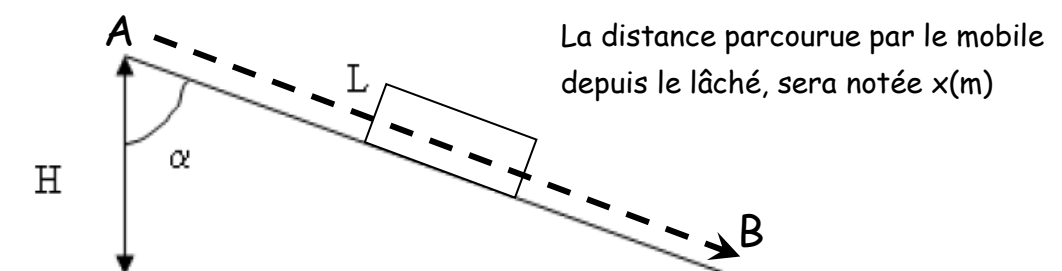
Le poids sera représenté par un vecteur de 2,0 cm de longueur.



1.2.2 - Quelle est la nature du mouvement du centre d'inertie (ou de gravité) G ?

1.2.3 - Sur le chemin AB , déterminer le travail de chacune des forces s'exerçant sur le solide mobile.

1.3 - Le mobile sur coussin d'air (frottements négligeables) est posé puis lâché du haut d'un plan incliné.



1.3.1 - Sur le schéma ci-dessus, représenter les forces agissant sur le mobile. G est le centre d'inertie du mobile.

1.3.2 - Il existe une force dont le travail est nul, sur le chemin AB . Laquelle ? Justifier.

1.3.3 - La seule force (dont le travail est non nul) qui agit sur l'évolution de la vitesse du mobile est-elle modifiée au cours du mouvement ?

1.3.4 - Écrire l'expression du travail effectué par cette force, **sur le chemin AB**, lorsque la distance parcourue est x . On précisera la valeur de \cos calculée à partir de H et L .

2) Comprendre que la vitesse acquise est liée au travail des forces

2.1 - Exploitation de l'enregistrement : **Le mobile sur coussin d'air est posé puis lâché, sans frottement, sans vitesse initiale, du haut d'un plan incliné.**

On obtient l'enregistrement fourni en **page suivante**.

L'intensité de pesanteur sur la Terre est $g = 9,81 \text{ N/kg}$, la masse du mobile est $m = 630 \text{ g}$.

La durée entre deux points successifs est $\Delta t = 20 \text{ ms}$. La longueur de la table est $L = 58,5 \text{ cm}$, sa hauteur $H = 6,4 \text{ cm}$.

2.2 - Étude préliminaire de l'enregistrement :

On désire obtenir une relation liant le travail du poids à la vitesse instantanée acquise par le mobile en différents points G_6 , G_{12} , etc... (**voir trajectoire feuille suivante, page 3**)

Pour cela, on utilisera, par étapes (ou missions successives) un programme Python...

Celui-ci permettra d'obtenir une visualisation graphique de la relation du théorème de l'énergie cinétique.

Mais avant d'utiliser ce programme, il faut réaliser quelques mesures.

2.2.1 - Mesurer (en m) les distances x : G_0G_6 , G_0G_{12} , G_0G_{18} . Compléter le tableau ci-dessous.

Point	G_0	G_6	G_{12}	G_{18}	G_{24}
distance x (m)	0				
Dates t (s)	0				
distance dx (m)	0				

2.2.2 - Déterminer les valeurs des dates t (en s) de passage en G_6 , G_{12} , G_{18} . Compléter le tableau ci-dessus.

2.2.3 - Mesurer (en m) les distances dx où dx représente la distance entre les points qui encadrent la position où on désire calculer la vitesse instantanée. Compléter le tableau ci-dessus.

Lors de l'utilisation du programme Python, on pourra ainsi avec ces valeurs dx , en déduire les valeurs des vitesses instantanées $V(G_6)$, $V(G_{12})$, $V(G_{18})$, etc ...

2.2.4 - Remplir la mission 1 du programme python donné par le professeur

On va vous demander : de remplir un tableau, puis de tracer la courbe représentant en ordonnée le travail W fourni (sur la distance parcourue x) par la force en fonction de la vitesse instantanée acquise V en abscisse.

Appeler le professeur pour vérification après avoir rempli chaque mission

Pourquoi peut-on affirmer, à partir de cette courbe, que le travail à fournir W (pour la force sur la distance x) n'est pas proportionnelle à la vitesse instantanée acquise V ?

L'énergie liée à la vitesse s'appelle l'énergie cinétique, notée E_c et s'exprime en joule (J), Cette énergie cinétique dépend de la vitesse instantanée V du mobile, ainsi que de sa masse m . L'expression de l'énergie cinétique est, en un point G de la trajectoire :

$$E_c(G) = 1/2 mV^2(G)$$

Echelle : en réalité

$$G_0 G_{30} = 20,9 \text{ cm}$$

$$\Delta t = 20 \text{ ms}$$

2.2.5 - Remplir la mission 2 du programme Python donné par le professeur

On va vous demander de tracer la courbe représentant en ordonnée le travail W fourni (sur la distance x) par la force en fonction du carré de la vitesse instantanée acquise V^2 en abscisse.

Appeler le professeur pour vérification après avoir rempli chaque mission

Pourquoi peut-on affirmer, à partir de cette courbe, que le travail à fournir W (pour la force sur la distance x) est proportionnelle au carré de la vitesse instantanée acquise V^2 ?

2.2.6 – D'après le théorème de l'énergie cinétique, l'énergie cinétique acquise, ici par le mobile sur coussin d'air, lâché sans frottement, sans vitesse initiale, du haut d'un plan incliné est égale au travail du poids.

$$\text{Le théorème de l'énergie cinétique donne ici : } E_c(\mathbf{Gf}) = W(\vec{P})_{\mathbf{G}_0 \rightarrow \mathbf{Gf}}$$

En déduire l'expression liant la masse du mobile autoporteur m à la vitesse instantanée $V(\mathbf{Gf})$, au travail du poids W depuis la position du lâché.

2.2.7 - Remplir la mission 3 et 4 du programme Python donné par le professeur

Déduire de la courbe précédente obtenue par le programme Python, que le facteur de proportionnalité montre que E_c dépend du facteur $\frac{1}{2} m$ (masse du mobile divisée par 2)

Appeler le professeur pour vérification

Conclusion : L'augmentation (ou la diminution) de la vitesse d'un mobile est impliquée par le travail d'au moins une force

Généralisation : Traduire la relation suivante par une phrase !

$$\text{Théorème de l'énergie cinétique : } E_c(\text{fin}) - E_c(\text{ini}) = E_c(B) - E_c(A) = \sum W(\vec{F}_{ext})_{A \rightarrow B}$$

Perspectives :

- Quelle est l'expression du cosinus de l'angle α , en fonction de H la hauteur de l'inclinaison de la table et L la longueur de la table ?

- En déduire l'expression du travail effectué par la force agissant sur le mobile en fonction des grandeurs H et L .

On montre ainsi que le travail du poids ne dépend alors que de la valeur du poids et de la différence d'altitude entre l'état initial et l'état final.

