

Physique chimie première S

Energie cinétique

Table des matières

I.	Vitesse et distance d'arrêt	4
1.	Distance d'arrêt.....	4
2.	Distance de réaction	4
3.	Distance de freinage.....	4
II.	Vitesse et choc	6
III.	Travail d'une force.....	7
1.	Représentation d'une force.....	7
2.	Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne.....	7
3.	Travail du poids	9
4.	Travail d'une force non conservative.....	10
a.	Force non conservative :.....	10
b.	Exemple de travail d'une force non conservative : force de frottement f	10
IV.	Energie cinétique d'un solide	12
1.	Energie cinétique d'un solide en translation	12
a.	Energie cinétique d'un point matériel	12
b.	Energie cinétique d'un solide en translation	12
2.	Energie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.....	12
V.	Théorème de l'énergie cinétique	15
1.	Référentiel Galilée	15
2.	Théorème de l'énergie cinétique	15

Objectif d'apprentissage	Contenus	Observations
-Identifier les problèmes liés à la vitesse	-Vitesse et distance d'arrêt	-Partir d'une situation-problème courante : le choc ou freinage d'une voiture ; -Préciser que l'arrêt au cours du freinage d'une voiture n'est pas instantané : la distance d'arrêt dépend de la vitesse.
-Déterminer le travail d'une force	-Vitesse et choc	- Signaler qu'au cours d'un choc (arrêt brutal) d'une voiture, l'importance du dégât dépend de la vitesse ;
-Déterminer le travail d'une force	-Travail d'une force	-Souligner qu'une force effectue un travail lorsque son point d'application se déplace ; -Donner l'expression du travail d'une force constante, -Faire établir le travail du poids d'un corps, -Donner l'expression du travail d'une force quelconque ; -Faire établir le travail de la force de frottement d'intensité constante ;
-Déterminer l'énergie cinétique d'un solide	-Energie cinétique d'un solide	-Faire remarquer qu'un solide en mouvement possède une énergie appelée énergie cinétique ; -Donner l'expression de l'énergie cinétique d'un point matériel en mouvement -Faire établir l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation. -Introduire la relation entre vitesse linéaire et vitesse angulaire d'un point matériel -Faire établir l'énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe ; -Préciser que la grandeur $J = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + \dots + m_n r_n^2$ est le moment d'inertie du solide en rotation par rapport à un axe.
-Appliquer le théorème de l'énergie cinétique afin de résoudre une situation problème	-Théorème de l'énergie cinétique	-Pour appliquer le théorème de l'énergie cinétique : - Préciser le système étudié ; -Préciser les deux états ; -Faire l'inventaire des forces appliquées au système ; -Appliquer le théorème en écrivant l'expression du travail de chaque force ; -Interpréter les résultats.

I. Vitesse et distance d'arrêt

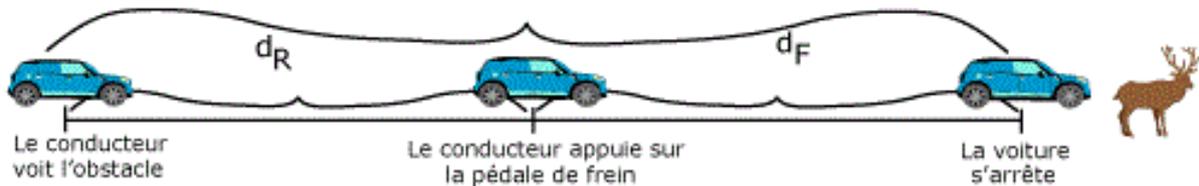
Cf les vidéos de l'activité 1 dans sciences physiques 1S /énergie cinétique pour l'explication et l'illustration

1. Distance d'arrêt

La **distance d'arrêt (d_A)** d'un véhicule est la **distance parcourue par ce véhicule entre le moment où le conducteur voit l'obstacle et le moment où le véhicule est à l'arrêt.**

Cette distance peut être décomposée en deux parties : **la distance de réaction (d_R)** et **la distance de freinage (d_F)**.

$$d_A = d_R + d_F$$



2. Distance de réaction

C'est la distance parcourue par le véhicule pendant le temps de réaction du conducteur, c'est-à-dire entre le moment où il voit l'obstacle et le moment où il commence à freiner.

$$d_R = v \times t_R$$

d_R : distance de réaction, en mètre (m)

v : vitesse du véhicule, en mètre par seconde (m/s)

t_R : temps de réaction, en seconde (s)

3. Distance de freinage

C'est la distance parcourue par un véhicule entre le moment où le conducteur commence à freiner et l'arrêt du véhicule.

Elle dépend de la **vitesse du véhicule**, de **l'état du véhicule** (freins, amortisseurs, pneus) et de **l'état de la route** (sèche, mouillée, verglacée...).

Applications :

Le tableau suivant présente, pour différentes vitesses, la distance de réaction et la distance de freinage sur une route sèche d'un véhicule correctement entretenu.

Vitesse (km/h)	0	30	50	90	100	110	130
Vitesse (m/s)	0	8	14	25	28	31	36
Dr (m)	0	8	14	25	28	31	36
Df (m)	0	6	16	50	62	75	104

Au voisinage d'un collège, un véhicule roule à **30 km/h**, vitesse maximale autorisée.

- 1- Donnez la valeur de la distance de réaction, de la distance de freinage et calculez la valeur de la distance d'arrêt.
- 2- Commentez la valeur de la distance d'arrêt obtenue en la comparant à celle d'une autre longueur ou distance que vous choisirez. (Conseil : Servez-vous du tableau, refaites la question a en vous servant d'une colonne du tableau et commentez)

Solution :

1- La distance de réaction est $D_r = 8$ m.

La distance de freinage est $D_f = 6$ m.

La distance d'arrêt est donnée par $D_a = D_r + D_f = 8 + 6 = 14$ m. La distance d'arrêt est donc de 14 mètres lorsqu'un véhicule roule à 30 km/h.

2- On peut calculer la distance d'arrêt d'un véhicule allant à 50 km/h, d'après le tableau, de la même façon.

On trouve $D_r = 14$ m. Si on compare D_r avec D_a , on constate qu'une voiture allant à 50 km/h a besoin de plus du double de distance pour s'arrêter que si elle allait à 30 km/h, ce qui ferait courir bien plus de danger aux collégiens qui croiseraient sa route. Il est donc normal que la vitesse soit limitée à 30 km/h devant un collège plutôt qu'à 50 km/h.

II. Vitesse et choc

Cf vidéo de l'activité 2 dans sciences physiques 1S /énergie cinétique pour situation de départ

Un choc, comme un arrêt par freinage, provoque l'immobilisation du véhicule.



La violence d'un choc dépend de la vitesse du véhicule.

La violence d'un choc dépend également de la vitesse initiale : plus la vitesse est élevée, plus le choc risque d'être destructeur et mortel.

La violence est d'autant plus importante que la vitesse sont élevées.

Application :

Une voiture roule sur une route à une vitesse constante de 40m/s. Un obstacle se présente sur la route à 78m de la voiture.

Le conducteur, distrait, commence à freiner 2 secondes après avoir vu l'obstacle.

- 1- Quelle distance parcourt la voiture avant de commencer à freiner ?
- 2- Un choc aurait-il lieu ? Pourquoi ?

Réponse :

- 1- Distance parcourue par le véhicule.

$$V = \frac{l}{\Delta t} \text{ donc } l = v \times \Delta t = 40\text{m/s} \times 2 \text{ s} = 80 \text{ m}$$

- 2- Oui, un choc a lieu car : la distance parcourue par la voiture est supérieure à la distance entre la voiture et l'obstacle

III. Travail d'une force

1. Représentation d'une force

Cf vidéo de l'activité 3 dans sciences physiques 1S/énergie cinétique pour l'explication et l'illustration

En physique, une force correspond à une interaction qui change l'état de repos ou de mouvement d'un objet. Toute force est représentée par un vecteur. Elle a quatre caractéristiques :

- Un point d'application ;
- Une direction ;
- Un sens ;
- Une valeur(norme);

Remarques :

- Différence entre direction et sens est la direction

Direction	Sens
Droite d'action (horizontale, verticale, ...)	Sens de déplacement sur la droite d'action (de l'objet A vers l'objet B)

- Une force est constante si ses caractéristiques ne changent pas au cours du temps.

Exemples de force particulière : Poids d'un corps \vec{P}

- Point d'application : centre de gravité de
- Direction : verticale
- Sens : de haut vers le bas
- Valeur(norme) : mesurer par un dynamomètre

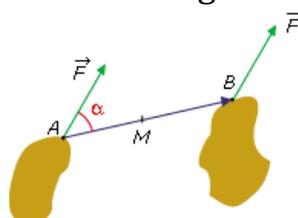


2. Travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne.

Cf vidéo de l'activité 4 dans sciences physiques 1S /énergie cinétique pour l'explication et l'illustration

Une force effectue un travail lorsque son point d'application se déplace. Une force est constante si ses caractéristiques ne changent pas au cours de son déplacement.

Lors d'un déplacement rectiligne d'un point A à un point B, le travail W d'une force \vec{F} constante exercée sur le système étudié est égal au produit scalaire du vecteur \vec{F} par le vecteur déplacement \vec{A} .



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

- $W_{AB}(\vec{F})$ le travail exercé par la force \vec{F} sur le système, en joule (J)
- F : valeur de la force en Newton (N).
- AB : longueur du déplacement (m)
- α : angle entre \vec{F} et \vec{AB} ($^\circ$ ou rad)

Selon la valeur de l'angle α , le travail peut être positif, négatif ou nul

Si $\frac{\pi}{2} > \alpha \geq 0$, le travail est **moteur**

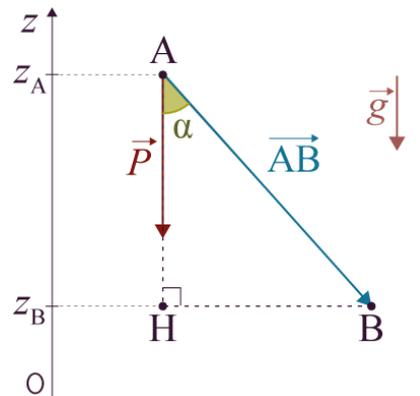
Si $\pi \geq \alpha > \frac{\pi}{2}$, le travail est **résistant**

Si $\alpha = \frac{\pi}{2}$, la force n'effectue aucun travail

3. Travail du poids

Cf vidéo de l'activité 5 dans sciences physique 1S /énergie cinétique pour l'illustration et l'explication

Un corps de masse m , soumis à son poids \vec{P} , est déplacé d'un point A à un point B, d'altitudes respectives z_A et z_B ($z_A > z_B$). Le déplacement entre les deux points est rectiligne



Le travail du poids \vec{P} s'exprime par $W_{AB}(\vec{P}) = P \times AB \times \cos(\alpha)$.

Dans le triangle rectangle AHB,
 $AB \times \cos(\alpha) = AH = z_A - z_B$.

On a donc :

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \times AB \times \cos(\alpha)$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = P \times (z_A - z_B)$$

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

$$W_{AB}(\vec{P}) > 0 \text{ (car } z_A > z_B \text{)}.$$

Le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi, c'est **une force conservative**.

4. Travail d'une force non conservative

Cf vidéo de l'activité 6 dans sciences physiques 1S /énergie cinétique pour l'illustration et l'explication

a. Force non conservative :

Une force non conservative est une force pour laquelle le travail effectué dépend du chemin suivi et non seulement des positions initiales et finale. Les forces de frottement, la résistance de l'air et les forces de contact comme celles entre des objets qui glissent l'un sur l'autre sont des exemples de forces non conservatives.

b. Exemple de travail d'une force non conservative : force de frottement \vec{f}

Soit un bloc qui glisse rectilignement sur une surface plane rugueuse sous l'action d'une force appliquée. Le frottement agit en sens opposé au mouvement du bloc, ce qui en fait une force non conservative.

L'expression du travail de la force de frottement est

$$W = f \times d \times \cos(\theta)$$

où :

- ✓ f est la force de frottement
- ✓ d est la distance parcourue
- ✓ θ est l'angle entre la force de frottement et la direction du déplacement

La force de frottement est opposée au déplacement donc $\cos(\theta) = \cos(180^\circ) = -1$

D'où

$$W_d(\vec{f}) = -f \times d$$

Le travail de la force de frottement est toujours négatif

Applications :

Application 1 :

Un remorqueur tire un pétrolier sur une distance de 600 m avec une force constante de valeur $F = 200$ kN. La droite d'action de la force et la direction du déplacement rectiligne font un angle de 30° .

- 1- Calculer le travail fournit par la force exercée par le câble sur le pétrolier. Comment qualifie-t-on ce travail ?
- 2- Si l'angle était de 150° , quel serait la valeur du travail, comment le qualifierai-t-on ?

Solution 1 :

- 1- Le travail fournit par la force exercée par le câble sur le pétrolier

$$W = F \cdot d \cdot \cos(30^\circ)$$

$$= 200.000 \times 600 \times \cos(30^\circ)$$

$$W = 103.923.048,45 \text{ J}$$

Le travail est moteur.

2- La valeur du travail si l'angle était de 150°

$$W = F \cdot d \cdot \cos(30^\circ)$$

$$= 200.000 \times 600 \times \cos(150^\circ)$$

$$W = - 103.923.048,45 \text{ J}$$

Dans ce cas, le travail est résistant.

Application2 :

Un objet de masse m est soulevé verticalement sur une hauteur h avec une force constante dirigée vers le haut. Calculez le travail effectué pour soulever l'objet.

Données :

- Masse de l'objet (m) : 5 kg
- Force appliquée (F) : 40 N
- Hauteur de levée (h) : 3 m

Solution2 :

$$W = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$$

$$W = 40 \text{ N} \times 3 \text{ m} \times \cos(0^\circ)$$

$$W = 40 \text{ N} \times 3 \text{ m} \times 1 \quad W = 40 \text{ N} \times 3 \text{ m} \times 1$$

$$W = 120 \text{ J} \quad W = 120 \text{ J}$$

IV. Energie cinétique d'un solide

1. Energie cinétique d'un solide en translation

Cf vidéo de l'activité 7 dans sciences physiques 1S/énergie cinétique pour l'illustration et l'explication

a. Energie cinétique d'un point matériel

Un objet assimilé à un point qui se déplace possède une énergie de mouvement appelé **énergie cinétique**. L' énergie cinétique d'un point matériel de masse m se déplaçant à une vitesse v dans un référentiel donné vaut :

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

b. Energie cinétique d'un solide en translation

Un corps possède un mouvement de **translation** si à chaque instant tous ses **points se déplacent à même vitesse, dans la même direction et dans le même sens**.

L'énergie cinétique d'un solide en translation s'écrit :

$$E_c = \sum_i E_i = \frac{1}{2} \sum_i m_i v^2 = \frac{1}{2} M v^2 \text{ avec } \sum_i m_i = M$$

$$E_c = \frac{1}{2} M v^2$$

- E_c est la valeur de l'énergie cinétique qui s'exprime en **joule (J)** ;
- M est la masse du corps qui s'exprime en **kilogramme (kg)** ;
- v est la vitesse du corps qui s'exprime en **mètre par seconde (m/s)**.

2. Energie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe

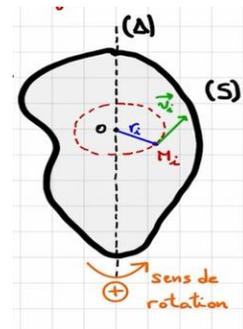
Cf vidéo de l'activité 8 dans sciences physiques 1S/énergie cinétique pour l'explication

Lorsqu'un solide est en mouvement de translation, tous les points du solide ont la même vitesse linéaire. Mais quand un solide est en mouvement de rotation par rapport à un axe (Δ) avec $\omega = \text{cte}$ tous les points du solide n'ont pas la même vitesse linéaire. L' énergie cinétique du solide s'exprime

$$E_c = \sum_i E_{c_i} = \sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2 \quad \text{avec } v_i = r_i \omega$$

$$= \sum_i \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega^2$$

$$E_c = \sum_i E_{c_i} = \omega^2 \frac{1}{2} \sum_i m_i r_i^2$$

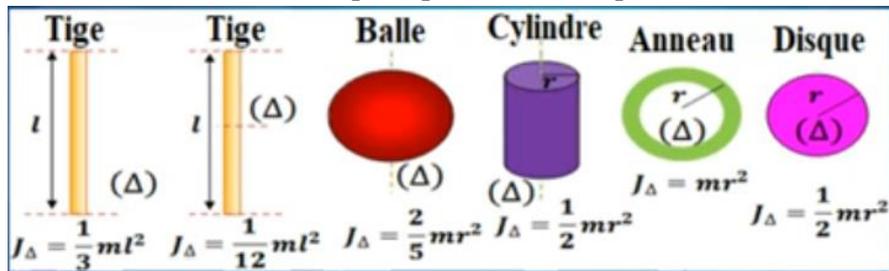


L'expression $\sum_i m_i r_i^2$ s'appelle moment d'inertie du solide par rapport à l'axe (Δ) noté J_Δ . Il ne dépend que de la forme de solide et de la répartition de masse à l'intérieur de son volume. J_Δ s'exprime en kg.m^2

L'énergie cinétique du solide en mouvement de rotation autour d'un axe (Δ) est

$$E_c = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$$

Moment d'inertie de quelques solides particuliers :



Application :

- 1) Calculer l'énergie cinétique d'une flèche de masse 60 g et dont la vitesse est de 50 m.s^{-1} .
- 2) Calculer l'énergie cinétique d'un camion de 10 tonnes qui roule à la vitesse de 60 m.s^{-1} .
- 3) Calculer le moment d'inertie d'un disque plein de masse 350 g et de rayon 12 cm par rapport à un axe passant par son centre ($J_\Delta = \frac{1}{2} mR^2$)
- 4) Calculer le moment d'inertie d'une sphère de masse 10 g et de rayon 25 cm par rapport à un axe passant par son centre de gravité. ($J_\Delta = \frac{2}{5} mR^2$)
- 5) Quelle est l'énergie cinétique d'un volant de masse 100 Kg, faisant 3 tours par seconde. On supposera sa masse répartie sur sa périphérie à la distance $R = 0,5$ m de l'axe.

Solution :

1)- Calcul de l'énergie cinétique de la flèche.

$$m = 60 \cdot 10^{-3} \text{ kg}, v = 50 \text{ m/s}$$

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

$$\text{AN : } E_c = \frac{1}{2} 60 \times 10^{-3} \times 50^2 = 75 \text{ J}$$

2)- Calcul de l'énergie cinétique du camion :

$$m = 10 \text{ t} = 10 \times 10^3 \text{ kg et } v = 60 \text{ km/h} = 16,67 \text{ m/s}$$

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

$$\text{AN : } E_C = \frac{1}{2} 10 \times 10^3 \times 16,67^2 = 1,39 \times 10^7 \text{ J}$$

$$E_C = 1,39 \times 10^7 \text{ J}$$

3)- Calcul du moment d'inertie d'un disque plein

$$m = 350 \times 10^{-3} \text{ kg} \quad R = 12 \times 10^{-2} \text{ m} \quad J_{\Delta} = \frac{1}{2}mR^2$$

$$J_{\Delta} = \frac{1}{2} \cdot 350 \times 10^{-3} \times (12 \times 10^{-2})^2 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

4)- Calcul du moment d'inertie d'une sphère pleine $J_{\Delta} = \frac{2}{5}mR^2$

$$J_{\Delta} = \frac{2}{5} 10 \times 10^{-3} \times (25 \times 10^{-2})^2 = 2,5 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

5)- Calcul de l'énergie cinétique du volant :

$m = 100 \text{ kg}$ $N = 3 \text{ trs/s}$ $R = 0,5 \text{ m}$. Le volant a la forme d'une jante, alors $J_{\Delta} = mR^2$ et sa vitesse angulaire est donnée par: $\omega = 2\pi N$

L'énergie cinétique est alors :

$$E_C = \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2 = \frac{1}{2} \times mR^2 \times (2\pi N)^2 = 2\pi^2 mR^2 N^2 = 2 \times 3,14^2 \times 100 \times 0,5^2 \times 3^2$$

$$E_C = 4,4 \times 10^3 \text{ J}$$

V. Théorème de l'énergie cinétique

1. Référentiel Galiléen

Commencer par l'activité 9 dans sciences physiques 1S /énergie cinétique

Un référentiel galiléen est un référentiel où le principe d'inertie est vérifié. C'est-à-dire qu'un solide soumis à des forces qui se compensent est animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme dans ce référentiel.

Exemples : référentiel terrestre, référentiel géocentrique, ...

2. Théorème de l'énergie cinétique

Cf les deux vidéos de l'activité 10 dans sciences physique/énergie cinétique pour l'explication et la démonstration du TEC

a. Théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation d'énergie cinétique de ce système entre deux états A et B est égale à la somme des travaux des forces qui lui sont appliquées entre A et B.

$$\Delta E_{c_{AB}} = E_c(B) - E_c(A) = W_{AB}(\vec{F}_1) + W_{AB}(\vec{F}_2) + \dots = \sum W_{AB}(\vec{F})$$
$$\Delta E_{c_{AB}} = \frac{1}{2} \times m \times (v_B)^2 - \frac{1}{2} \times m \times (v_A)^2 = \sum W_{AB}(\vec{F})$$

b. Comment résoudre un problème avec le TEC

1. Préciser le système étudié (exemple : le skieur)
2. Inventorier les forces appliquées sur le système
3. Faire le schéma clair en représentant les forces appliquées
4. Appliquer le Théorème de l'énergie cinétique
5. Résoudre littéralement les équations obtenues et faire l'application numérique

Applications :

Application 1 : choisir la bonne réponse

Un ballon de masse m subit une force unique et constante \vec{f} le long d'un déplacement rectiligne de A à B avec : $AB = D$ et l'angle entre \vec{f} et \overrightarrow{AB} vaut α compris entre 0 et 90 degrés. La vitesse de l'objet A vaut $v_A = v_0$.

Sa vitesse en B vaut :

- $v_B = v_0$ car le poids n'intervient pas

- $v_B = v_0 + fD \sin \alpha$

- $v_B = v_0 + \sqrt{\frac{2fD \cos \alpha}{m}}$

- $v_B = \sqrt{v_0^2 + \frac{2fD \cos \alpha}{m}}$

Application 2 :

On veut expliquer pourquoi il est plus fatiguant de déplacer une armoire qu'un tapis de même surface au sol.

La force de frottement que subit un objet de masse m quand on le fait glisser sur le sol horizontal a pour norme : $F = \mu mg$ (loi de Coulomb)

Où μ est le coefficient de frottement entre l'objet et le sol.

μ est très grand pour le caoutchouc ($\mu \approx 3$), moins grand pour le bois ($\mu \approx 0,5$) et petit pour les tissus ($\mu \approx 0,1$)

Un objet de masse m est glissé sur une distance D sur le sol horizontal.

- Donner l'expression du travail de la force de frottement sur le déplacement, en fonction de μ , m , g et D
- En estimant les ordres de grandeur des différents paramètres, donner une valeur approximative du travail de la force de frottement quand on glisse une armoire de masse $m=100\text{kg}$, dont les pieds sont en bois, sur une dizaine de mètres.
- Faire de même pour un tapis de masse $m=5\text{kg}$.
- Conclure

On donne $g=10\text{N/kg}$

Solution :

- L'expression du travail de la force de frottement

$$W_{AB}(\vec{F}) = -F \times D = -\mu mgD$$

- Travail de la force de frottement quand on glisse une armoire

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\mu mgD = -0,5 \times 100\text{kg} \times 10\text{N/kg} \times 10\text{m}$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = -5.000\text{J} = -5\text{kJ}$$

c- Pour un tapis en tissu de masse $m=5\text{kg}$

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\mu mgD = -0,1 \times 5 \text{kg} \times 10 \text{N/kg} \times 10 \text{m}$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = -50 \text{J}$$

Le travail qu'il faut fournir pour le déplacement est au moins égal à l'opposé du travail de la force de frottement. Déplacer l'armoire est donc environ 100 fois plus fatigant que le tapis.