**Niveau : $1^{ères}$ CD**

**Discipline : PHYSIQUE-CHIMIE**

**CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE**

**THEME 1** : MECANIQUE

# TITRE DE LA LEÇON : TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

## I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sur le chemin de l'école, deux élèves de la $1^{ère}$ C du Lycée Moderne Leboutou aperçoivent sur la route du lycée un tracteur qui doit tirer un camion qui a fait une chute dans un gros ravin. L'un s'interroge en disant: « Ce tracteur est-il assez **puissant** pour effectuer ce **travail** ? ». L'autre réplique : « cela dépend de la **force** que le tracteur peut appliquer au camion et de la hauteur de la chute!». Une discussion s'engage alors entre les deux élèves jusqu'à l'école. En classe, ils informent leurs camarades. Sous la conduite du professeur, ils décident de s'informer sur le travail et puissance d'une force.

## II. CONTENU DE LA LECON

### 1. TRAVAIL D'UNE FORCE CONSTANTE :

#### 1.1. Travail d'une force constante au cours d'un déplacement rectiligne :

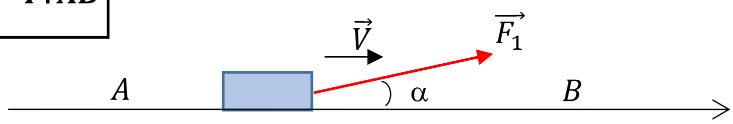
##### 1.1.1. Définition

Le travail de la force constant $\vec{F}$ au cours du déplacement rectiligne $\overrightarrow{AB}$ est égal au produit scalaire du vecteur force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$:

$$\boxed{\boldsymbol{W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}}}$$

$W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = \|\vec{F}\|.\|\overrightarrow{AB}\|\cos(\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$

$W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha$ avec $\alpha = (\widehat{\vec{F},\overrightarrow{AB}})$




##### 1.1.2. Unité du travail

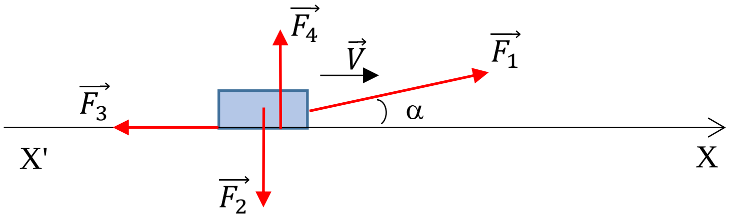
L'unité S.I du travail est le **joule** (J).

##### 1.1.3. Le Travail : une grandeur algébrique

- **<u>1er cas</u> :** $\alpha < 90°$ ; $\cos\alpha > 0$ : $W_{AB}(\vec{F}) > 0$ : Le travail est dit **<u>moteur</u>**.
- **<u>2ème cas</u> :** $\alpha = 90°$ ; $\cos\alpha = 0$ : $W_{AB}(\vec{F}) = 0$ : Le travail est **<u>nul.</u>**
- **<u>3ème cas</u> :** $90° < \alpha < 180°$ ; $\cos\alpha < 0$: $W_{AB}(\vec{F}) < 0$ : Le travail est dit **<u>résistant.</u>**

**Activité d'application**

Donne la nature du travail de chacune des forces représentées lorsque le solide se déplace dans le sens du vecteur-vitesse $\vec{V}$.




**Résolution**

Le travail de la force $\vec{F_1}$ est moteur.

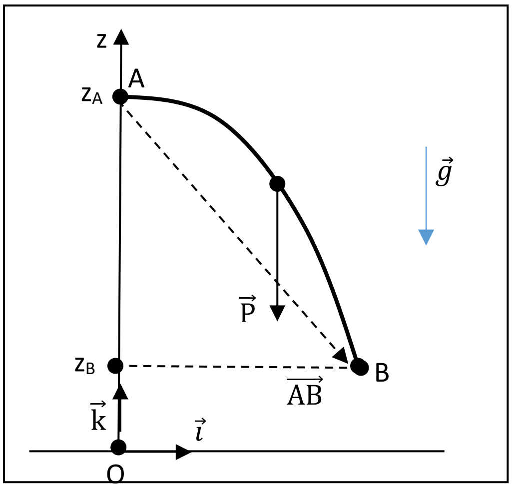
Le travail de la force $\vec{F_2}$ est nul.

Le travail de la force $\vec{F_3}$ est résistant.

Le travail de la force $\vec{F_4}$ est nul.

### 1-2. Travail d'une force constante au cours d'un déplacement quelconque

#### 1.2.1. Travail du poids




Un solide se déplace du point A (altitude $z_A$) au point B (altitude $z_B$). L'axe des côtes est ascendant.

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = m.\vec{g} \cdot \vec{AB}$

Dans le repère $(O,\vec{\imath},\vec{k})$ : $\vec{\imath}.\vec{k} = 0$

$\vec{g} = -g\vec{k}$

$\vec{AB} = (x_A - x_B)\vec{\imath} + (z_B - z_A)\vec{k}$

$W_{AB}(\vec{P}) = -mg\vec{k}\left[(x_B - x_A)\vec{\imath} + (z_B - z_A)\vec{k}\right]$

$\Rightarrow$ $\mathbf{W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)}$

ou $\mathbf{W_{AB}(\vec{P}) = mg\Delta z}$

#### 1.2.2. Conclusion

Le travail du poids d'un corps ne dépend pas du chemin suivi, mais uniquement des positions de départ et d'arrivée de son point d'application.

**Activité d'application**

L'expression du travail du poids d'un solide de masse m se déplaçant d'un point A à un point B, l'axe des côtes étant ascendant est:

| Propositions | Solution |
|---|---|
| mgAB | |
| $mg(z_A-z_B)$ | |
| $mg(z_B-z_A)$ | |
| -mgAB | |

Mets une croix dans la case correspondant à la bonne réponse.

**Solution**

| Propositions | Solution |
|---|---|
| mgAB | |
| $mg(z_A-z_B)$ | X |
| $mg(z_B-z_A)$ | |
| -mgAB | |

## 2. PUISSANCE D'UNE FORCE CONSTANTE

### 2.1. Puissance moyenne

Une force $\vec{F}$, effectuant un travail $W(\vec{F})$ pendant la durée $\Delta t$, développe une puissance moyenne :

$$\boldsymbol{P_m = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}}$$

• **Unité :** $W(\vec{F})$ en **joule** (J) ; $\Delta t$ en s et $P_m$ en **watt** ( symbole : W)

### 2.2. Puissance instantanée :

Considérons une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application subit un déplacement élémentaire $\delta\ell$ pendant un temps très bref $\delta t$. La puissance de $\vec{F}$ pour l'intervalle de temps $\delta t$ très petit est appelée **puissance instantanée**.

$p = \frac{\delta W}{\delta t} = \frac{\vec{F}.\vec{\delta\ell}}{\delta t} = \vec{F}.\frac{\vec{\delta\ell}}{\delta t}$.    Posons $\frac{\vec{\delta\ell}}{\delta t} = \vec{v}$ : vitesse instantanée du point d'application de $\vec{F}$.

$\Rightarrow P = \vec{F}.\vec{V}$

**Activité d'application**

Une grue déploie une force de valeur F = 1 000 N pour soulever verticalement une charge pendant une durée $\Delta t$ = 50 s. La variation d'altitude au cours de la montée est $\Delta z$ = 30 m.

1- Calcule le travail du poids $W(\vec{P})$ de la charge.

2- Calcule la puissance moyenne $P_{moy}$ du poids de la charge.

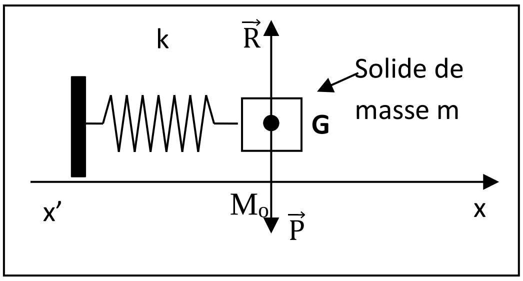
**Résolution**

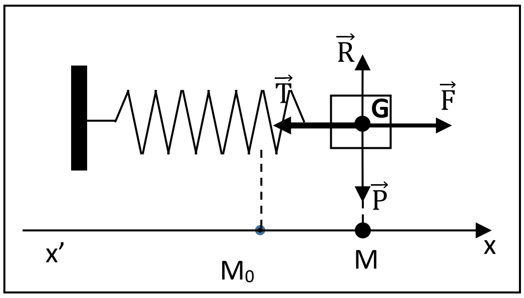
1- Le travail de la force $\vec{F}$ est $W(\vec{F})$ = $F.\Delta z$= 1000 × 30 = 30 000 J.

2- La puissance de la force $\vec{F}$ est : $P_{moy} = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t} = \frac{30000}{50} =$ 600 W.

## 3. TRAVAIL DE LA TENSION D'UN RESSORT

### 3.1. Tension d'un ressort ou force de rappel :




- Le système {ressort-solide} repose sur un plan horizontal sans frottements.

A l'équilibre au point $M_o$ : $\vec{\mathbf{P}} + \vec{\mathbf{R}} = \vec{\mathbf{0}}$.

- On exerce sur le solide une force $\vec{F}$ constante selon la direction x'x en étirant le ressort. Le ressort s'allonge d'une longueur **x**. Le solide est alors maintenu immobile sous l'effet de la force $\vec{F}$ exercée par l'opérateur et d'une force $\vec{T}$ exercée par le ressort tel que : $\vec{F} + \vec{T} = \vec{0}$

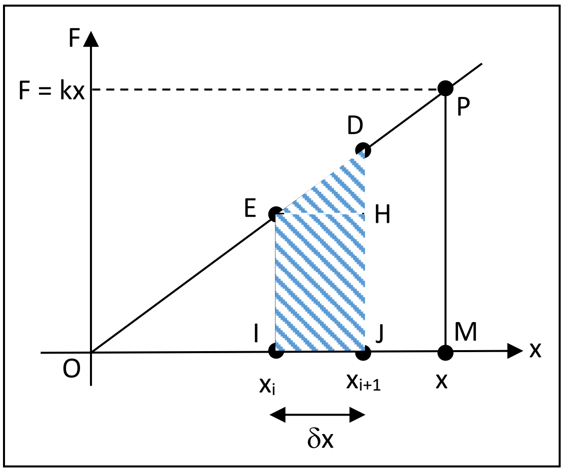
$$\overrightarrow{MoM} = x\,\vec{\imath}$$

$\vec{F} = \mathrm{k}x\,\vec{\imath}$ et $\vec{T} = -\mathrm{k}x\,\vec{\imath}$

$\vec{T}$ est **la tension du ressort**.

Les forces T et F sont proportionnelles à l'allongement telles que : **T = F = k.x**.

### 3.2. Travail élémentaire de la tension :




Soit $\mathbf{M_0M = x}$, l'allongement subi par le ressort. Partageons x en n déplacements élémentaires $\boldsymbol{\delta\ell}$. Le vecteur-force $\vec{F}$ peut être considéré constant sur chaque déplacement élémentaire :

Le travail élémentaire est : $\delta W = \vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell}$.

$F_x = F = k.x$ ; $\delta\ell_x = \delta x$, donc $\mathbf{\delta W = k.x.\delta x}$.

Le nombre qui mesure δW est égal au nombre qui mesure l'aire du trapèze IJDE hachuré, pratiquement égale à l'aire du rectangle IJHE car δx est très petit.

Au cours de ce même déplacement, le travail élémentaire de la tension est : $\mathbf{\delta W' = - k.x.\delta x.}$

### 3.3. Expression du travail de la tension d'un ressort:

Au cours du déplacement de $M_0$ (ou O) en M, le travail de la force $\vec{F}$ est : $W_{OM}(\vec{F}) = \sum\delta W$.

Ce travail correspond à la somme des aires des petits trapèzes juxtaposés.

Cette somme est égale à l'aire du triangle rectangle OMP de côtés x et kx:

$W_{OM}(\vec{F}) = \frac{1}{2}kx.x = \frac{1}{2}kx^2 \Rightarrow \boldsymbol{W(\vec{F}) = \frac{1}{2}kx^2}$

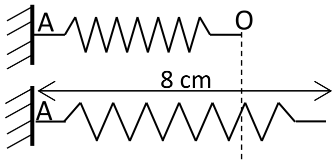
- **Le travail de la tension est** : $\boldsymbol{W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}kx^2}$

**Conclusion** :

L'expression du travail de la tension d'un ressort de raideur k, dont l'allongement passe progressivement de $x_1$ à $x_2$ est : $\boldsymbol{W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)}$

**Activité d'application**

Un ressort à spires non jointives d'axe horizontal a une constante de raideur k = 25 $N.m^{-1}$. L'une de ses extrémités est fixée en A, l'autre libre est au point O à l'équilibre.




Le ressort initialement au repos est allongé de 8 cm par un opérateur.

1. Détermine le travail $W(\vec{T})$ de la tension $\vec{T}$ du ressort dans les cas suivants:
   1.1 Lorsque le ressort est allongé de la position d'équilibre jusqu'à 8 cm;
   1.2 Lorsque le ressort est allongé de 3 cm jusqu'à 8 cm.
2. Déduis-en le travail de l'opérateur de la position d'équilibre jusqu'à l'allongement de 8 cm.

**Solution**

1.1 Travail de la tension du ressort à partir de la position d'équilibre.

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}\times 25\times(0{,}08^2 - 0) = -8.10^{-2}$ J

1.2 Travail de la tension du ressort à partir de 3 cm.

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2)$

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}\times 25\times(0{,}08^2 - 0{,}03^2) = -6{,}9.10^{-2}$ J

2. Le travail effectué par l'opérateur est l'opposé du travail de la tension du ressort lorsque le ressort est allongé de la position d'équilibre jusqu'à 8 cm

$W(\vec{F}) = -W(\vec{T}) = \frac{1}{2}\times 25\times(0{,}08^2 - 0) = 8.10^{-2}$J

**SITUATION D'EVALUATION**

Sur un chantier de construction, une caisse de masse m = 60 kg supposée ponctuelle est posée sur un plan incliné d'un angle α = 20° par rapport à l'horizontale. En visite sur ce chantier, votre camarade observe un ouvrier la tirer sur une distance ℓ = AB = 11,5 m à l'aide d'une corde.

Au cours de son déplacement, la caisse est soumise aux forces constantes suivantes : $\vec{T}$ tension de la corde, de valeur T = 500 N ; $\vec{P}$ poids de la caisse ; $\vec{R}$ la réaction du plan avec $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$

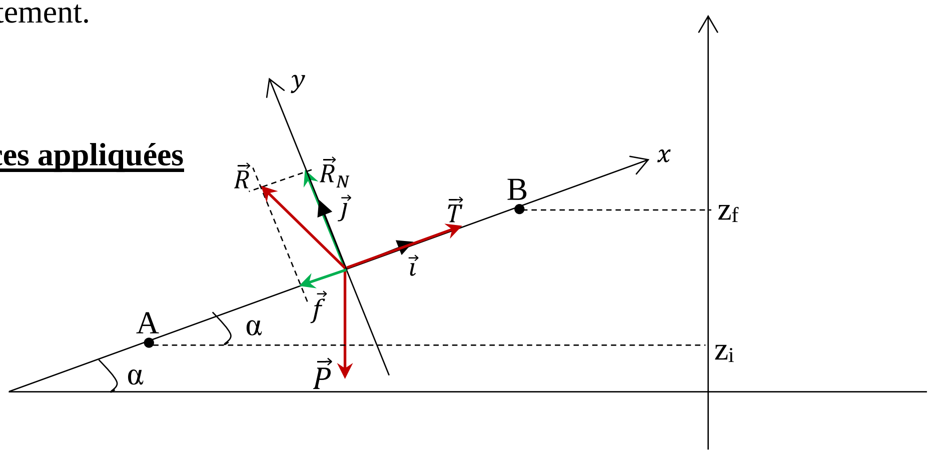
On prendra g = 10N/kg ; $R_T$ = f = 50 N.

Ton camarade te sollicite pour déterminer le travail de la force de frottement subie par la caisse au cours de son déplacement.

**1.** Représente sur un schéma les forces qui s'exercent sur la caisse.
**2.** Indique la nature du travail de chaque force. Justifie ta réponse.
**3.** Détermine le travail:
   **3.1** du poids $\vec{P}$ de la caisse ;
   **3.2** de la tension $\vec{T}$ de la corde ;
   **3.3** de la force de frottement.

**Résolution**

1- **Représentation des forces appliquées**



**2- Nature des travaux**

Le travail de la tension $\vec{T}$ est moteur car elle contribue au déplacement de la caisse.

Les travaux du poids $\vec{P}$ et de la force de frottement $\vec{f} = \vec{R}_T$ sont résistants, car les deux forces s'opposent à la montée de la caisse.

**3- Calcul des travaux:**

3.1 $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_i - z_f) = 60\times10\times(0 - 11{,}5\sin20°) = - 2\,360$ J ;

3.2 $W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T}.\overrightarrow{AB} = - T.AB = 500\times11{,}5 = 5\,750$ J;

3.3 $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}\,.\overrightarrow{AB} = - f\,.AB$

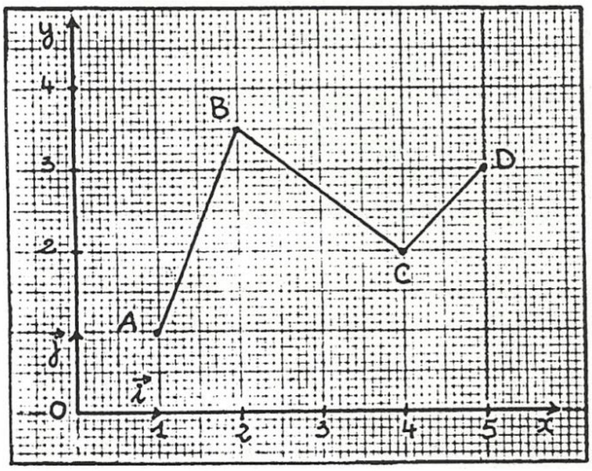
$W_{AB}(\vec{f}) = -50x11{,}5 = - 575$ J

# III. EXERCICES

### Exercice 1

Le point d'application d'une force $\vec{F}$ se déplace selon le trajet ABCD repéré dans le plan à l'aide d'un repère orthonormé (O, $\vec{i}$ , $\vec{j}$ ). L'unité de longueur est le mètre. Cette force est constante et a pour expression

$\vec{F} = 200\,\vec{i} - 100\,\vec{j}$ (en N).




1. Calcule $W_{AB}(\vec{F})$, $W_{BC}(\vec{F})$ et $W_{CD}(\vec{F})$ ainsi que la somme $W(\vec{F})$ de ses travaux.
2. Calcule $W_{AD}(\vec{F})$.
3. Compare $W(\vec{F})$ et $W_{AD}(\vec{F})$.
   Dis si l'on pouvait prévoir ce résultat ou pas. Justifie.

**Solution**

1. **Les différents travaux.**

$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$; $W_{AB}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j}).(\vec{i} + 2{,}5.\vec{j}) = - 50$ J

$W_{BC}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j}).(2.\vec{i} - 1{,}5.\vec{j}) = 550$ J

$W_{CD}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j}).(\vec{i} + \vec{j}) = 100$ J ;

La somme des travaux est:

$W(\vec{F}) = -50 + 550 + 100 = 600$ J

2. **Calcul du travail sur le trajet $AD$.**

$W_{AD}(\vec{F}) = (200.\vec{i} - 100.\vec{j})(4.\vec{i} + 2.\vec{j}) = 600$ J

3. **Comparaison entre $W(\vec{F}) = W_{AD}(\overrightarrow{F})$**

On a : $W(\vec{F}) = W_{AD}(\overrightarrow{F})$

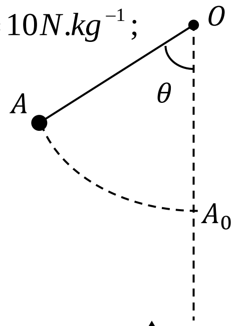
Justification. $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CD} = \overrightarrow{AD}$.

On pouvait bien prévoir ce résultat car le travail d'une force constante ne dépend pas du trajet suivi.

**Exercice 2**

Un pendule est constitué d’un fil inextensible à l'extrémité $A$ duquel se trouve une petite bille de masse $m$. L'autre extrémité $O$ du fil est fixe. On écarte le pendule de sa position d'équilibre verticale $OA_0$, d'un angle $\theta$, et on l'abandonne sans vitesse. La bille décrit alors l'arc $\widehat{AA_0}$. On donne : $g = 10 N.kg^{-1}$ ;

$m = 100g$ ; $OA = OA_0 = l = 40cm$ ; $\theta = 60^{\circ}$

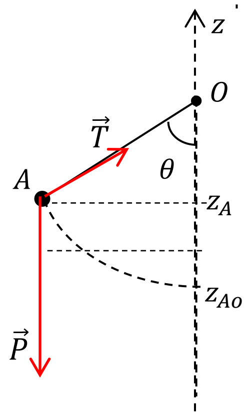



Détermine le travail :

1- de la tension du fil lors du déplacement $\widehat{AA_0}$.

2- du poids de la bille au cours du même déplacement $\widehat{AA_0}$.

**Solution**




1. Détermination du travail de la tension $\vec{T}$ du fil lors du déplacement $\widehat{AA_0}$.

$W(\vec{T}) = 0$ J car la tension $\vec{T}$ est orthogonale au déplacement $\widehat{AA_0}$.

2. Détermination du travail de la tension $\vec{T}$ du fil lors du déplacement $\widehat{AA_0}$.

$W(\vec{P}) = mg(z_A - z_{A_0})$

$z_A = -OA\cos\theta = -l\cos\theta$

$z_{A_0} = -OA_0 = -l$

$z_A - z_{A_0} = -l\cos\theta + l = l(1-\cos\theta)$

$W(\vec{P}) = mgl(1-\cos\theta)$

$W(\vec{P}) = 0{,}1 \times 10 \times 0{,}4 \times (1-\cos 60°) = 0{,}2\,J$

**Exercice 3**

Une skieuse est tirée à vitesse constante par un remonte-pente, sur une piste verglacée rectiligne, de longueur L = 300 m et faisant un angle $\alpha$ = 20° avec l’horizontale.

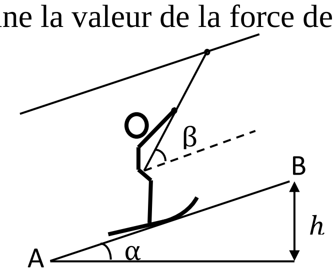
La tige du remonte-pente fait un angle $\beta$= 30° avec la direction de la piste.

La masse de la skieuse équipée est m = 58 kg.

Les frottements que la piste oppose au mouvement sont négligeables.

La force exercée par la tige est parallèle à sa direction. On prendra g = 9,8 $N.kg^{-1}$ comme valeur de l'intensité de la pesanteur.

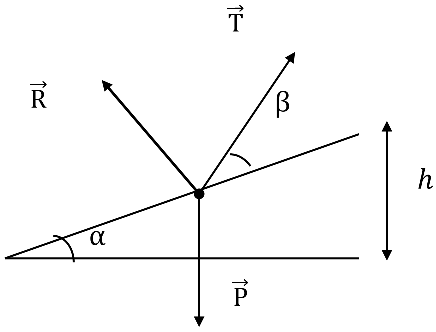
1. Enonce le principe de l'inertie
2. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la skieuse et représente-les sur un schéma.
3. Exprime le travail de chacune de ces forces sur le déplacement AB.
4. Détermine la valeur de la force de traction exercée par la tige.



**Corrigé**

1. Dans certains référentiels appelés référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un solide isolé ou pseudo isolé a un mouvement rectiligne uniforme s'il est en mouvement ou il reste au repos s'il est initialement immobile.

2.




Système : la skieuse

Bilan des forces :

$\vec{P}$ : le poids de la skieuse

$\vec{T}$ : la tension de la tige

$\vec{R}_N$ : la réaction normale de la piste verglacée

3.

- $W_{AB}(\vec{R}_N) = 0$ J car $\vec{R}_N \perp \overrightarrow{AB}$
- $W_{AB}(\vec{P}) = -\,m\,g\,h = -m\,g\,L\,\sin\alpha$
- $W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T}.\overrightarrow{AB} = T\,L\cos\beta$

4. La skieuse est tirée à vitesse constante ; d'après le principe de l'inertie : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R}_N = \vec{0}$

D'où : $W(\vec{P}) + W(\vec{T}) + W(\vec{R}_N) = 0$

Soit : $T\,L\cos\beta + 0 - m\,g\,L\sin\alpha = 0$

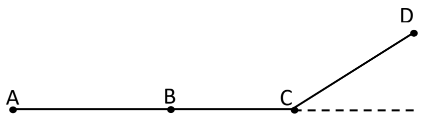
$T = \frac{m\,g\sin\alpha}{\cos\beta}$

AN : $T = \frac{58 \times 9{,}8 \times \sin 20°}{\cos 30}$

$T = 224{,}48\ N$

**Exercice 4**

En visite sur le chantier de construction d'un foyer dans un lycée de votre localité, tu observes avec tes camarades de classe, un ouvrier qui tire à l'aide d'une corde, un wagonnet de masse m = 950 kg sur une piste ABCD afin de le placer sur un plateau élévateur. Le trajet ABCD est situé dans le plan vertical. (Voir figure ci-dessous).




Il exerce à travers la corde une force constante $\vec{F}$ d'intensité $F = 50$ N sur le wagonnet.

- La portion AB est horizontale et la corde est parallèle aux rails. Le mouvement de la charrette est rectiligne et uniforme de vitesse v = 54 km/h.
- La voie BC est toujours horizontale mais la corde fait un angle α avec la verticale. Le travail effectué par la force $\vec{F}$ est 4 kJ.
- La partie CD est un plan incliné : l'altitude s'élève à 2 m pour un parcours de 100 m. La corde est inclinée de α par rapport au plan incliné.

Les forces de frottement sont négligées.

Données : AB = 150 m ; g = 10 N/kg ; BC = 100 m ; CD = 165 m

Tu es désigné par tes camarades pour déterminer la puissance et le travail des forces qui s'exercent sur le wagonnet.

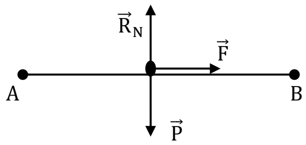
1. **Etude sur la portion AB**.

1.1 Fais le bilan des forces qui s'exercent sur le wagonnet et représente-les sur un schéma clair.
1.2 Calcule le travail :
1.2.1 de la force $\vec{F}$.
1.2.2 du poids du wagonnet.
1.2.3 de la réaction des rails sur wagonnet.
1.3 Calcule la puissance développée par la force $\vec{F}$ ?

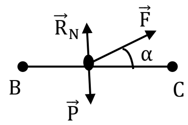
2. **Etude sur la portion BC**
2.1 Représente les forces qui s'exercent sur le wagonnet sur un schéma clair.
2.2 Montre que l'angle α vaut 36,87°.

3. **Etude sur la portion CD :**
Calcule le travail :
3.1 du poids du wagonnet.
3.2 de la force $\vec{F}$.

**Solution**



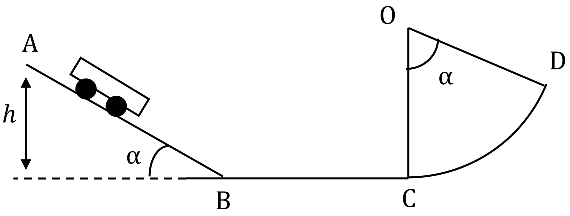

Etude sur le trajet AB
1. 1. Système : Le wagonnet
Bilan des forces :
$\vec{P}$ : poids du wagonnet
$\vec{F}$ : force motrice
$\vec{R}_N$ : réaction normale de la piste .
2. $W_{AB}(\vec{F}) = F.AB = 7500J$
3. $W_{AB}(\vec{P}) = W_{AB}(\vec{R}_N) = 0J$ car $\vec{R}_N \perp \overrightarrow{AB}$ et $\vec{P} \perp \overrightarrow{AB}$
4. $\mathcal{P}(\vec{F}) = F.v = 750W$




Etude sur le trajet BC
1. Voir schéma ci-contre
2. . $W_{BC}(\vec{F}) = F.BC.\cos\alpha$
Soit $\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{W_{BC}(\vec{F})}{F.BC}\right) = 36{,}87°$.
Etude sur le trajet CD
$W_{CD}(\vec{P}) = -m\,g\,h$ avec $h = CD.\sin\alpha$
$W_{CD}(\vec{P}) = -m\,g\,.CD\,.\sin\beta$ .
$\sin\alpha = 0{,}02 \Rightarrow W_{CD}(\vec{P}) = -30723$ J.

**EXERCICE 5**

Un groupe d'élève de 1ère scientifique qui prépare son prochain devoir, découvre la figure suivante dans un document.




Un chariot de masse m = 1kg se déplace long de la piste ABCD.

La piste comporte :

- Une partie rectiligne AB = 2m faisant avec l'horizontale un angle $\alpha$ = 30°.
- Une partie rectiligne et horizontale de longueur BC = 3 m.
- Une partie circulaire de rayon r = 1 m.

Au cours de son déplacement le chariot est soumis à l'action d'une force de frottement $\vec{f}$ d'intensité f = 1,23 N.

Ces élèves décident de calculer le travail de chacune des forces qui s'exerce sur le chariot.

Tu es le rapporteur du groupe.

**Donnée**: g=10 N/kg

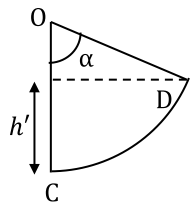
1. Définis :
   1.1 Une force constante.
   1.2 Le travail d'une force constante lors d'un déplacement rectiligne.
2. Calcule le travail du poids $\vec{P}$ sur chaque partie de la piste : AB, BC et CD. Déduis $W_{A\to D}(\vec{P})$ puis donne sa nature. Justifie.
3. Calcule les travaux:
   3.1 $W_{A\to D}(\vec{R}_N)$
   3.2 $W_{A\to D}(\vec{f})$
4. Donne la nature de $W_{A\to D}(\vec{f})$.Justifie.

**Solution**

1. 1 Une force constante est une force dont la valeur, son sens, la direction et la norme ne change pas au cours du temps

1.2 Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ d'une force constante $\vec{F}$ lors d'un déplacement rectiligne de son point d'application de A à B est égal au produit scalaire de la force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\overrightarrow{AB}$.

2.




- $W_{A\to B}(\vec{P}) = mgh = mg.AB.\sin\alpha$

A.N : $W_{A\to B}(\vec{P}) = 10\ J$

- $W_{B\to C}(\vec{P}) = 0\ J$
- $W_{C\to D}(\vec{P}) = -m\,g\,h' = -m\,g.\,r\,(1-\cos\alpha)$

A.N : $W_{C\to D}(\vec{P}) = -1{,}4\ J$

- $W_{A\to D}(\vec{P}) = W_{A\to B}(\vec{P}) + W_{B\to C}(\vec{P}) + W_{C\to D}(\vec{P})$

A.N : $W_{A\to D}(\vec{P}) = 8{,}6\ J$

Le travail est moteur car $W_{A\to D}(\vec{P}) > 0$

3.

3.1 $W_{A\to D}(\vec{R}_N) = 0$ car $\vec{R}_N \perp \overrightarrow{AD}$

3.2 $W_{A\to D}(\vec{f}) = W_{A\to B}(\vec{f}) + W_{B\to C}(\vec{f}) + W_{C\to D}(\vec{f})$

$W_{A\to D}(\vec{f}) = -f \times AB - f \times BC - f\,r\,\alpha.$

A.N : $W_{A\to D}(\vec{f}) = -6{,}79\ J$

4. Le travail est résistant car $W_{A\to D}(\vec{f}) < 0.$

## IV. DOCUMENTATION

En physique la **puissance** reflète la vitesse à laquelle un travail est fourni. C'est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie : si deux systèmes de puissances différentes fournissent le même travail, le plus puissant des deux est celui qui est le plus rapide.

Dans le système international, une puissance s'exprime en watts, ce qui correspond à des joules par seconde, ou de façon équivalente à des $kg.m^2.s^{-3}$. Une unité ancienne était le cheval vapeur, où la capacité de traction d'une machine à vapeur était comparée à celle d'un cheval de trait.

En tant que grandeur physique, la puissance reflète à la fois la notion de changement matériel dans l'univers, et du temps nécessaire à effectuer ce changement. La puissance se distingue en cela du travail, qui ne prend en compte que le changement, mais non la durée nécessaire.

Ainsi, par exemple, le même travail est effectué lorsqu'une charge pesante est transportée en haut d'un escalier, que le porteur le fasse en marchant ou en courant ; mais la puissance nécessaire dans ce second cas est beaucoup plus grande, d'autant plus que le délai d'accomplissement de ce travail est plus faible.

Un autre exemple paradoxal est que la « combustion complète » d'un kilogramme de charbon produit plus d'énergie que l'explosion d'un kilogramme de TNT : brûler du charbon produit de l'ordre de 15 à 30 mégajoules /kilogramme, tandis que l'explosion de TNT produit à peu près 4,7 $MJ\ kg^{-1}$ La différence essentielle est en fait une différence de puissance : l'explosion du TNT étant beaucoup plus rapide que la combustion du charbon, la puissance du TNT est bien supérieure à celle du charbon à poids égal, bien que l'énergie intrinsèque du charbon soit supérieure à celle du TNT.

Source : Wikipédia