

# TRAVAIL ET ÉNERGIE POTENTIELLE DE PESANTEUR

## Chapitre 4

allal Mahdade

Groupe scolaire La Sagesse Lycée qualifiante

23 novembre 2015

# Sommaire

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

## 1 Introduction

## 2 Énergie potentielle de pesanteur

## 3 Énergie mécanique d'un corps solide

# Sommaire

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

- 1 Introduction
- 2 Énergie potentielle de pesanteur
- 3 Énergie mécanique d'un corps solide

# Sommaire

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

- 1 Introduction
- 2 Énergie potentielle de pesanteur
- 3 Énergie mécanique d'un corps solide

# Introduction

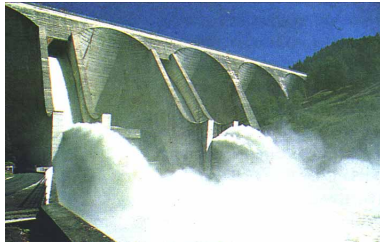
TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide



L'eau de barrage emmagasine une grande quantité d'énergie pouvant être exploitée pour produire de l'électricité . Cette énergie est appelée **énergie potentielle de pesanteur** .

Qu'est - ce que l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps solide ?

Quelles est son expression mathématique ? Et comment est-elle exploitée ?

# I. Énergie potentielle de pesanteur

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

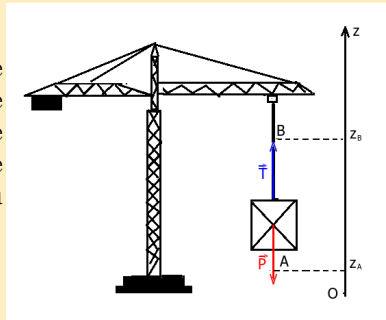
Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

## 1. Mise en évidence de l'énergie potentielle de pesanteur

### Activité 1 :

En appliquant le théorème d'énergie cinétique calculer le travail de la tension de câble pour soulever la charge de masse  $m$  du point  $A$  d'altitude  $z_A$  au point  $B$  d'altitude  $z_B$ .



# I. Énergie potentielle de pesanteur

En supposant que la montée se fait lentement, d'après le T.E.C :

$$\Delta E_C = 0 \implies W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{T}) = 0$$

$$W_{AB}(\vec{T}) = -W_{AB}(\vec{P})$$

$$W_{AB}(\vec{T}) = mgz_B - mgz_A$$

## conclusion :

Lorsque une grue soulève une charge par un câble de  $A(z_A)$  à  $B(z_B)$ , la tension du câble  $\vec{T}$  effectue un travail

$W_{AB}(\vec{T}) = mgz_B - mgz_A$  qui transmet au charge de l'énergie qui dépend de sa masse et de son altitude  $h = z_B - z_A$ . Cette énergie s'appelle énergie potentielle de pesanteur.

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## TRAVAIL ET ÉNERGIE POTEN- TIELLE DE PE- SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

### Definition

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est l'énergie que possède un solide du fait de sa position par rapport à la Terre . Elle résulte de l'interaction gravitationnelle entre le solide et la terre . Elle est notée  $E_{pp}$  .  
Cette énergie s'exprime en joules (J) .



# I. Énergie potentielle de pesanteur

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

## 2. L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur

L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide est donnée en générale par l'expression suivante :

$$E_{pp} = mgz + Cte \quad (1)$$

$m$  est la masse du solide en  $kg$

$g$  l'intensité de pesanteur ( $N/kg$ )

$z$  altitude du centre de gravité du solide en (m)

$Cte$  est une constante (J)

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## TRAVAIL ET ÉNERGIE POTEN- TIELLE DE PE- SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

☞ L'énergie potentielle de pesanteur n'est connue qu'à une constante additive près noté  $Cte$  .  
qui dépend d'un état de référence pour lequel l'énergie potentielle de pesanteur est nulle. Cet état de référence est choisi arbitrairement .

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 3. État de référence

- Avant tout calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, il faut déterminer la constante  $Cte$  . Pour cela :
- On oriente l'axe  $\vec{Oz}$  vers le haut .
- ☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ , le plan horizontal passant par l'origine O où  $z = 0$ . Dans ce cas la constante  $Cte = 0$ . Donc l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mgz$$

- si  $z > 0$  on a  $E_{pp} > 0$
- si  $z < 0$  on a  $E_{pp} < 0$ 
  - ☞ L'énergie potentielle de pesanteur est une valeur algébrique . (à cause de l'altitude  $z$ )

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 3. État de référence

- Avant tout calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, il faut déterminer la constante  $Cte$ . Pour cela :
- On oriente l'axe  $\vec{O}z$  vers le haut .
- ☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ , le plan horizontal passant par l'origine O où  $z = 0$ . Dans ce cas la constante  $Cte = 0$ . Donc l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mgz$$

- si  $z > 0$  on a  $E_{pp} > 0$
- si  $z < 0$  on a  $E_{pp} < 0$ 
  - ☞ L'énergie potentielle de pesanteur est une valeur algébrique . (à cause de l'altitude  $z$ )

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 3. État de référence

- Avant tout calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, il faut déterminer la constante  $Cte$  . Pour cela :
- On oriente l'axe  $\vec{Oz}$  vers le haut .
- ☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ , le plan horizontal passant par l'origine O où  $z = 0$ . Dans ce cas la constante  $Cte = 0$ . Donc l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mgz$$

- si  $z > 0$  on a  $E_{pp} > 0$
- si  $z < 0$  on a  $E_{pp} < 0$ 
  - ☞ L'énergie potentielle de pesanteur est une valeur algébrique . (à cause de l'altitude  $z$ )

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 3. État de référence

- Avant tout calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, il faut déterminer la constante  $Cte$  . Pour cela :
- On oriente l'axe  $\vec{Oz}$  vers le haut .
- ☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ ,  
le plan horizontal passant par l'origine  $O$  où  $z = 0$  . Dans ce cas la constante  $Cte = 0$  . Donc l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mgz$$

- si  $z > 0$  on a  $E_{pp} > 0$
- si  $z < 0$  on a  $E_{pp} < 0$ 
  - ☞ L'énergie potentielle de pesanteur est une valeur algébrique . (à cause de l'altitude  $z$ )

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 3. État de référence

- Avant tout calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, il faut déterminer la constante  $Cte$  . Pour cela :
- On oriente l'axe  $\vec{Oz}$  vers le haut .
- ☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ ,  
le plan horizontal passant par l'origine  $O$  où  $z = 0$  . Dans ce cas la constante  $Cte = 0$  . Donc l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mgz$$

- si  $z > 0$  on a  $E_{pp} > 0$
- si  $z < 0$  on a  $E_{pp} < 0$ 
  - ☞ L'énergie potentielle de pesanteur est une valeur algébrique . (à cause de l'altitude  $z$ )

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 3. État de référence

- Avant tout calcul de l'énergie potentielle de pesanteur, il faut déterminer la constante  $Cte$  . Pour cela :
- On oriente l'axe  $\vec{Oz}$  vers le haut .
- ☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ ,  
le plan horizontal passant par l'origine  $O$  où  $z = 0$ . Dans ce cas la constante  $Cte = 0$ . Donc l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mgz$$

- si  $z > 0$  on a  $E_{pp} > 0$
- si  $z < 0$  on a  $E_{pp} < 0$ 
  - ☞ L'énergie potentielle de pesanteur est une valeur algébrique . (à cause de l'altitude  $z$ )



# I. Énergie potentielle de pesanteur

☞ On choisit comme état de référence  $E_{pp} = 0$ , le plan horizontal passant par le point A où l'altitude  $z = z_0$ .

Dans ce cas la constante  $Cte = -mgz_0$  i.e que l'énergie potentiel pour une position d'altitude  $z$  est :

$$E_{pp} = mg(z - z_0)$$

☞ D'une façon générale, si l'axe  $\vec{Oz}$  est orienté vers le haut l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur est la suivante :

$$E_{pp} = mg(z - z_{ref}) \quad (2)$$

où  $z_{ref}$  l'altitude du point où on a choisi l'état de référence.

# I. Énergie potentielle de pesanteur

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide



## Remarque important

Si on oriente l'axe  $\vec{0z}$  vers le bas l'expression de l'énergie potentielle deviennent :

$$E_{pp} = -mg(z - z_{ref}) \quad (3)$$

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## Application 1

Un parachutiste de masse  $70kg$  est largué à  $1500m$  d'altitude et attirée sur le sol , au niveau de la mer . Donnée : L'axe  $\vec{Oz}$  est orienté vers le haut

L'intensité de pesanteur :  $g = 9,80N/kg$ . Donner l'expression de l'énergie potentielle en choisissant les états de référence suivantes :

- Le niveau du sol
- le niveau de l'avion

2. Calculer la variation de l'énergie de potentielle  $\Delta E_{pp}$  dans chacun des états de référence choisi dans la 2<sup>ème</sup> question .

3. Qu'en concluez vous ?

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 4. Propriétés de l'énergie potentielle de pesanteur

- a. La variation de l'énergie potentielle de pesanteur  
D'après l'application précédente on conclue que la variation de l'énergie potentiel  $\Delta E_{pp}$  ne dépend pas de l'état de référence et ne dépend que de l'état initial et de l'état final .

### Généralisation

Généralement l'expression de la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre état initial (A) et l'état final (B) est :

$$\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A) \quad (4)$$

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 4. Propriétés de l'énergie potentielle de pesanteur

- **a. La variation de l'énergie potentielle de pesanteur**  
D'après l'application précédente on conclue que la variation de l'énergie potentiel  $\Delta E_{pp}$  ne dépend pas de l'état de référence et ne dépend que de l'état initial et de l'état final .

### Généralisation

Généralement l'expression de la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre état initial (A) et l'état final (B) est :

$$\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A) \quad (4)$$

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## 4. Propriétés de l'énergie potentielle de pesanteur

- **a. La variation de l'énergie potentielle de pesanteur**  
D'après l'application précédente on conclue que la variation de l'énergie potentiel  $\Delta E_{pp}$  ne dépend pas de l'état de référence et ne dépend que de l'état initial et de l'état final .

### Généralisation

Généralement l'expression de la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre état initial (A) et l'état final (B) est :

$$\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A) \quad (4)$$

●

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## b. Relation entre la variation de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide et le travail de son poids .

Dans le cas où l'axe  $\vec{Oz}$  est orienté vers le haut la variation de l'énergie potentielle de pesanteur est :

$$\Delta E_{pp} = mg(z_B - z_A)$$

et le travail de poids entre A et B est :  $W_{AB} = mgh$  avec  $h = z_A - z_B$  donc

$$W_{AB} = mg(z_A - z_B)$$

Donc

$$\Delta E_{pp} = -W_{AB} \quad (5)$$

# I. Énergie potentielle de pesanteur

## Application 2

Un maçon soulève verticalement un objet métallique ponctuel de masse  $m = 12\text{kg}$  d'un point A situé sur le sol vers un point B situé à une hauteur de  $h = AB = 80\text{cm}$ , puis le lâche sans vitesse initiale .

Donnée : L'axe  $\vec{Oz}$  est orienté vers le haut

L'intensité de pesanteur :  $g = 9,80\text{N/kg}$

1. Quel est l'effet du travail de la force  $\vec{F}$  exercée par le maçon sur l'objet métallique ?
2. Écrire l'expression qui relie le travail de la force  $\vec{F}$  et la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre A et B .
3. En déduire la valeur de  $W_{AB}(\vec{F})$ .



## II. Énergie mécanique d'un corps solide

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

### Introduction



Le plongeur possède une énergie potentielle de pesanteur lorsqu'il est sur un plongeoir et essentiellement de l'énergie cinétique lorsqu'il entre dans l'eau .

**Comment s'assurer que la transformation de l'énergie potentielle en énergie cinétique est totale ou non ? et quelle est la relation entre cette transformation et l'énergie mécanique ?**

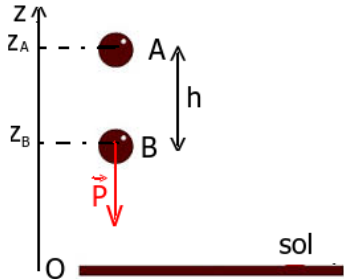
## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 1. Notion de l'énergie mécanique

Reprenons l'exemple de chute d'un ballon dans le champs de pesanteur considéré comme uniforme .

Bilan des forces appliquée sur le ballon :  $\vec{P}$  (chute libre)

L'axe  $\vec{Oz}$  est orienté vers le haut et  $E_{pp} = 0$  à  $z = 0$  i.e que  $E_{pp} = mgz$



## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 1. Notion de l'énergie mécanique

- Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au cours de déplacement du centre d'inertie du ballon de la position A de cote  $z_A$  à la position B de cote  $z_B$ .

- 

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{P})$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_c(B) - E_c(A)$$

- D'un autre coté, nous avons :

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

donc on déduit que :

$$E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 1. Notion de l'énergie mécanique

- Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au cours de déplacement du centre d'inertie du ballon de la position A de cote  $z_A$  à la position B de cote  $z_B$ .

●

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{P})$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_c(B) - E_c(A)$$

- D'un autre coté, nous avons :

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

donc on déduit que :

$$E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 1. Notion de l'énergie mécanique

- Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au cours de déplacement du centre d'inertie du ballon de la position A de cote  $z_A$  à la position B de cote  $z_B$ .

- 

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{P})$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_c(B) - E_c(A)$$

- D'un autre coté, nous avons :

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

donc on déduit que :

$$E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 1. Notion de l'énergie mécanique

- Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au cours de déplacement du centre d'inertie du ballon de la position A de cote  $z_A$  à la position B de cote  $z_B$ .

- 

$$\Delta E_c = W_{AB}(\vec{P})$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_c(B) - E_c(A)$$

- D'un autre coté, nous avons :

$$W_{AB}(\vec{P}) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

donc on déduit que :

$$E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

- donc on déduit que :

$$E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$

- Donc la somme  $(E_c + E_{pp})$  est constante dans le cas du chute libre ou dans le cas d'un glissement sans frottement sur un plan incliné .
- Au cours du mouvement lorsque  $E_c$  augment ,  $E_{pp}$  diminue et vis versa . et la somme  $(E_c + E_{pp})$  reste constante . Cette somme joue un rôle important en mécanique , on la nomme **énergie mécanique** noté  $E_m$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

- donc on déduit que :

$$Ec(B) - Ec(A) = Epp(A) - Epp(B)$$

$$Epp(B) + Ec(B) = Ec(A) + Epp(A)$$

- Donc la somme ( $Ec+Epp$ ) est constante dans le cas du chute libre ou dans le cas d'un glissement sans frottement sur un plan incliné .
- Au cours du mouvement lorsque  $Ec$  augment ,  $Epp$  diminue et vis versa . et la somme ( $Ec+Epp$ ) reste constante . Cette somme joue un rôle important en mécanique , on la nomme **énergie mécanique** noté  $E_m$



## II. Énergie mécanique d'un corps solide

- donc on déduit que :

$$Ec(B) - Ec(A) = Epp(A) - Epp(B)$$

$$Epp(B) + Ec(B) = Ec(A) + Epp(A)$$

- Donc la somme ( $Ec+Epp$ ) est constante dans le cas du chute libre ou dans le cas d'un glissement sans frottement sur un plan incliné .
- Au cours du mouvement lorsque  $Ec$  augment ,  $Epp$  diminue et vis versa . et la somme ( $Ec+Epp$ ) reste constante . Cette somme joue un rôle important en mécanique , on la nomme **énergie mécanique** noté  $E_m$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

- donc on déduit que :

$$E_c(B) - E_c(A) = E_{pp}(A) - E_{pp}(B)$$

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A)$$

- Donc la somme ( $E_c + E_{pp}$ ) est constante dans le cas du chute libre ou dans le cas d'un glissement sans frottement sur un plan incliné .
- Au cours du mouvement lorsque  $E_c$  augment ,  $E_{pp}$  diminue et vis versa . et la somme ( $E_c + E_{pp}$ ) reste constante . Cette somme joue un rôle important en mécanique , on la nomme **énergie mécanique** noté  $E_m$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### Definition

Dans un repère donné, à chaque instant  $t$ , l'énergie mécanique d'un corps solide est égale à la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle de pesanteur

$$E_m = E_c + E_{pp} \quad (6)$$

L'unité de  $E_m$  dans S.I est le joule (J) .

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

☞ pour un corps  $S$  de masse  $m$  et de vitesse  $v$  à un instant  $t$  et dont son centre d'inertie se trouve à la position de cote  $z$  sur un axe  $\vec{Oz}$  orienté vers le haut. l'expression de son énergie mécanique s'écrit :

$$E_m = \frac{1}{2}mv^2 + mg(z - z_{ref}) \quad (7)$$

On remarque que l'énergie mécanique aussi dépend de l'état de référence choisi .

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### Remarque

Dans le cas où le corps solide est en rotation autour d'un axe fixe avec une vitesse angulaire  $\omega$  et de moment d'inertie  $J_{\Delta}$  son énergie mécanique est :

$$E_m = \frac{1}{2} J_{\Delta} \omega^2 + mg(z - z_{ref})$$

(voir exercices )

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 2. Conservation de l'énergie mécanique

#### a. Le cas de chute libre d'un corps solide.

- Dans la chute d'un ballon, en absence de frottement (chute libre), on à montrer que

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A) \Rightarrow E_m(B) = E_m(A)$$

- Cette relation est valable pour toute position du centre d'inertie G du ballon au cours du mouvement i.e que l'énergie mécanique du ballon reste constante si seul le poids, force conservative, travaille :  $E_c + E_p = E_m = Cte$
- On dit que l'énergie mécanique se conserve et le système est conservatif .

# II. Énergie mécanique d'un corps solide

## 2. Conservation de l'énergie mécanique

### a. Le cas de chute libre d'un corps solide.

- Dans la chute d'un ballon, en absence de frottement (chute libre), on à montrer que

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A) \Rightarrow E_m(B) = E_m(A)$$

- Cette relation est valable pour toute position du centre d'inertie G du ballon au cours du mouvement i.e que l'énergie mécanique du ballon reste constante si seul le poids, force conservative, travaille :  $E_c + E_p = E_m = Cte$
- On dit que l'énergie mécanique se conserve et le système est conservatif .

# II. Énergie mécanique d'un corps solide

## 2. Conservation de l'énergie mécanique

### a. Le cas de chute libre d'un corps solide.

- Dans la chute d'un ballon, en absence de frottement (chute libre), on à montrer que

$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A) \Rightarrow E_m(B) = E_m(A)$$

- Cette relation est valable pour toute position du centre d'inertie G du ballon au cours du mouvement i.e que l'énergie mécanique du ballon reste constante si seul le poids, force conservative, travaille :  $E_c + E_p = E_m = Cte$
- On dit que l'énergie mécanique se conserve et le système est conservatif .



# II. Énergie mécanique d'un corps solide

## 2. Conservation de l'énergie mécanique

### a. Le cas de chute libre d'un corps solide.

- Dans la chute d'un ballon, en absence de frottement (chute libre), on à montrer que

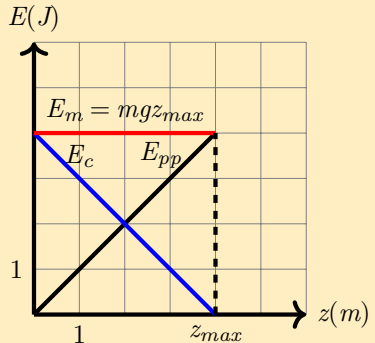
$$E_{pp}(B) + E_c(B) = E_c(A) + E_{pp}(A) \Rightarrow E_m(B) = E_m(A)$$

- Cette relation est valable pour toute position du centre d'inertie G du ballon au cours du mouvement i.e que l'énergie mécanique du ballon reste constante si seul le poids, force conservative, travaille :  $E_c + E_p = E_m = Cte$
- On dit que l'énergie mécanique se conserve et le système est conservatif .

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### Interprétation graphique pour un système conservatif .

On peut interpréter la conservation d'énergie mécanique au cours du mouvement , dans la même graphe  $(OE, Oz)$ , en traçant la variation de l'énergie potentielle en fonction de  $z$  et l'énergie mécanique  $E_m$  .



Pour la chute libre du ballon en prenant l'état de référence le sol où  $z = 0$ , on a :  $E_{pp} = mgz$  est une droite affine pour  $0 \leq z \leq z_m$  .

$E_m = Cte = mgz_m$  où  $z_m$  l'altitude maximale

$E_c = E_m - mgz$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### 3. Non conservation de l'énergie mécanique.

On considère un corps solide (S) de masse  $m = 40\text{kg}$  glisse avec frottement sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 45^\circ$  par rapport à l'horizontale .

On lâche le solide à l'instant  $t_1$  du point  $M_1$  de cote  $z_1$  avec une vitesse  $v_1 = 8\text{m/s}$  et à l'instant  $t_2$  , il passe par le point  $M_2$  de cote  $z_2$  avec une vitesse  $v_2 = 10\text{m/s}$  . La distance parcourue par le solide entre ces deux instants est  $M_1M_2 = 3\sqrt{2}m$ .

On prend  $g = 10\text{n/kg}$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

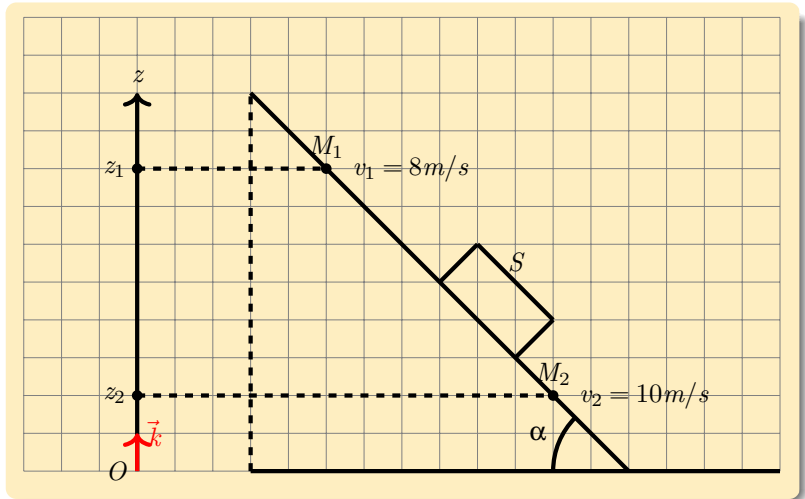
TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide



## II. Énergie mécanique d'un corps solide

1. calculer la variation de l'énergie mécanique  $\Delta E_m$
2. En appliquant le théorème d'énergie cinétique , montrer que

$$\Delta E_m = W_{M_1 M_2}(\vec{f})$$

Justifier le signe de  $\Delta E_m$  .

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

1. calcul de  $\Delta E_m$

On sait que  $\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_{pp}$

Avec  $\Delta E_c = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) = 20 \times (100 - 64) = 720 J$  Et

$\Delta E_{pp} = -W(\vec{P}) = -mgh$  avec  $h = d.\sin\alpha$ , donc

$$\Delta E_{pp} = -m.g.d.\sin\alpha = -40 \times 10 \times 3\sqrt{2} \times \sin(45^\circ) = -1200 J$$

$$\Delta E_m = 720 - 1200 = -480 J$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

2. On applique le T.E.C entre les deux instants  $t_1$  et  $t_2$

$$\Delta E_c = \Sigma W$$

$$\Delta E_c = W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{P}) + W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{R})$$

On sait que  $W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{P}) = Mg(z_1 - z_2) = -\Delta E_{pp}$ . Donc

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pp} + W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{f})$$

avec  $W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{R}_T) = 0$

$$\Delta E_c + \Delta E_{pp} = W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{f})$$

$$\Delta E_m = W_{M_1 \rightarrow M_2}(\vec{f}) = -480 \text{ J} < 0$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

Dans ce cas l'énergie mécanique ne se conserve pas , le singe négatif montre sa diminution au cours du mouvement du solide et cette diminution correspondant au travail des forces de frottement

On dit alors que

**les forces de frottement ne sont pas conservatives .**



## II. Énergie mécanique d'un corps solide

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

### Conclusion

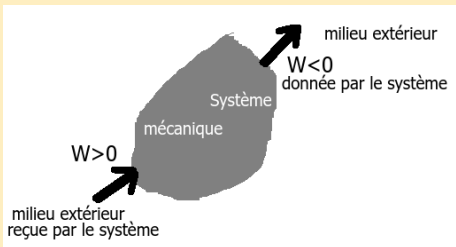
Au cours de glissement d'un corps solide avec frottement sur un plan incliné , la variation de l'énergie mécanique est égale au travail des force de frottement .

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

### Interprétation de ces résultats

**Par convention** : tout système mécanique reçoit de l'énergie ( $W$ ) du milieu extérieur alors  $W > 0$

Lorsqu'il libère de l'énergie vers l'extérieur alors  $W < 0$



## II. Énergie mécanique d'un corps solide

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

### Interprétation :

Au cours de glissement avec frottement d'un corps solide sur un plan incliné , l'énergie mécanique diminue , en effet , à cause des frottement une partie de l'énergie mécanique se transforme en une énergie calorifique  $Q$  qui provoque un échauffement du système (le corps solide) et l'air environnant . En utilisant la convention , le système libère une énergie calorifique à l'extérieur

$$\Delta E_m = W(\vec{f}) = -Q \quad (9)$$

## II. Énergie mécanique d'un corps solide

TRAVAIL  
ET  
ÉNERGIE  
POTEN-  
TIELLE  
DE PE-  
SANTEUR

allal  
Mahdade

Introduction

Énergie  
potentielle  
de  
pesanteur

Énergie  
mécanique  
d'un corps  
solide

### Conclusion

La diminution de l'énergie mécanique d'un système en mouvement sur un plan se traduit par le réchauffement du système et l'air environnant .