COLLECTION

Feu Vert

PHYSIQUE

1re C-D

MÉCANIQUE

Travail et puissance des forces
Énergie cinétique
Énergie potentielle

ÉLECTRICITÉ

Champ électrique
Puissance et énergie électriques
Les condensateurs
L'amplificateur opérationnel

OPTIQUE

Émission, réception... réflexio
et refraction de la lumière
Les lentilles

Edgar M'BÉ
Kouassi KOUAMÉ
Bi Tra TIAMAOUI
Kouassi N'DRI

avec
Corrigés

NEI

FEU VERT

Premières C et D

PHYSIQUE

1000 6

Edgard M'BÉ
Professeur de Lycée

Kouassi KOUAMÉ
Professeur de Lycée

TIAMAOUI Bi Tra
Conseiller Pédagogique

Sous la supervision de

N'DRI Kouassi
Inspecteur Général de l'Éducation Nationale

Nouvelles Éditions Ivoiriennes
01 BP 1818 Abidjan 01

ISBN : 2-84487-199-2

AVANT-PROPOS

La collection **"FEU VERT"** est conforme aux nouveaux programmes des classes de première C et D en vigueur depuis octobre 1996.

Elle s'adresse aux élèves qui veulent **mieux assimiler le cours reçu en classe et déjouer les éventuelles difficultés rencontrées dans les exercices ou dans les contrôles.**

Sa présentation attrayante et claire en fait un outil de travail facile d'accès.

Dans chaque chapitre vous trouverez :

- ☞des rappels de cours (rubrique « **L'essentiel** »)
- ☞un exposé clair des savoir-faire de base du chapitre (rubrique « **Exercices résolus** »)
- ☞des exercices de base avec leurs corrigés (rubrique « **Exerce-toi** »)

Cet ouvrage répond donc aux préoccupations de tous les élèves.

Nous espérons qu'il leur permettra de réussir leur année scolaire.

Toute suggestion ou remarque en vue d'améliorer cet ouvrage est la bienvenue.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont collaboré à la rédaction de ce livre.

Les auteurs

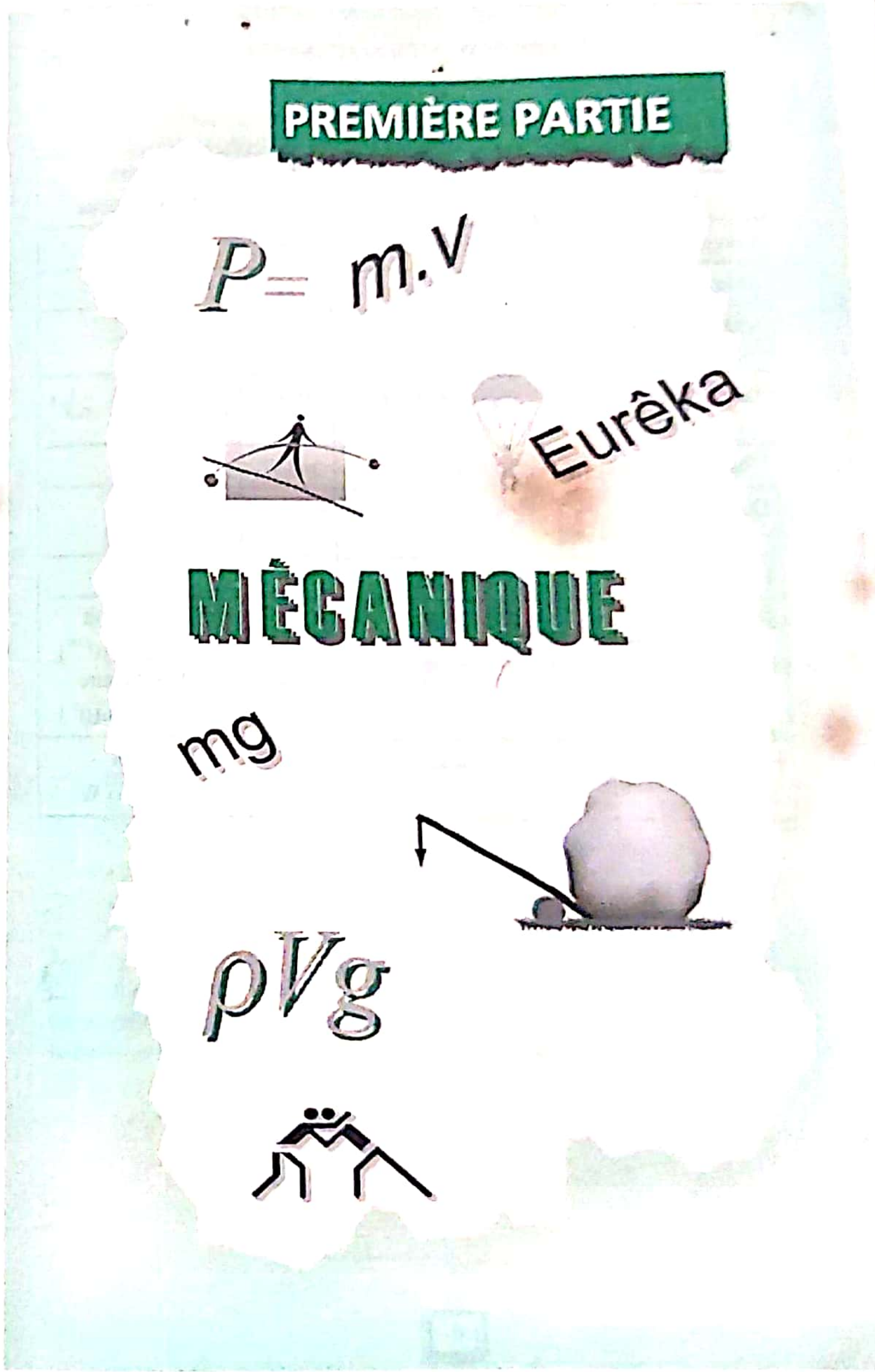
SOMMAIRE

PREMIÈRE PARTIE

DEUXIÈME PARTIE

TROISIÈME PARTIE

QUATRIÈME PARTIE



LES UNITÉS EN MÉCANIQUE

Grandeurs physiques	Unité SI		Unité hors système
Longueur (ℓ)	mètre	m	
Masse (m)	kilogramme	kg	
Masse volumique (ρ)	kilogramme par mètre cube	$kg.m^{-3}$	
Vitesse linéaire (v)	mètre par seconde	$m.s^{-1}$	$1\ km.h^{-1} = \frac{1}{3{,}6}\ m.s^{-1}$
Vitesse angulaire (ω)	radian par seconde	$rad.s^{-1}$	
Quantité de mouvement (P)	kilogramme-mètre par seconde	$kg.m.s^{-1}$	
Force (F)	newton	N	
Énergie (E)	joule	J	électron-volt $1\ eV = 1{,}6\ .\ 10^{-19}\ J$
Travail (W)	joule	J	kilowattheure $1 KWh = 3{,}6.10^{6}\ J$
Puissance (P)	watt	W	cheval $1\ ch = 736\ W$

QUELQUES RÉSULTATS DE MATHÉMATIQUES UTILES EN PHYSIQUE

1. Trigonométrie

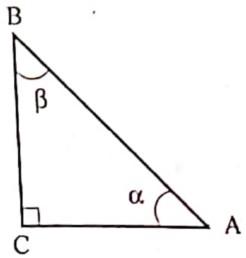
1.1 Conversion degrés-radians et inversement

π radians = 180°, d'où le tableau de correspondance suivant :

Angle(en degré)	0	30	45	60	90	180
Angle(en radian)	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π

1.2 Relations trigonométriques dans un triangle rectangle

Dans un triangle ABC rectangle en C :



$$\sin\alpha = \frac{BC}{AB}$$

$$\cos\alpha = \frac{AC}{AB}$$

$$\tan\alpha = \frac{BC}{AC}$$

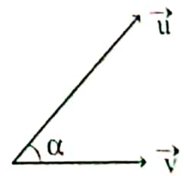
$\alpha+\beta = \pi/2$ rad ou $\pi/2 - \alpha = \beta$

- $\cos\alpha = \sin(\pi/2 - \alpha) = \sin\beta$
- $\sin\alpha = \sin(\pi - \alpha)$
- $\cos\alpha = -\cos(\pi - \alpha)$
- $\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$

2. Le produit scalaire

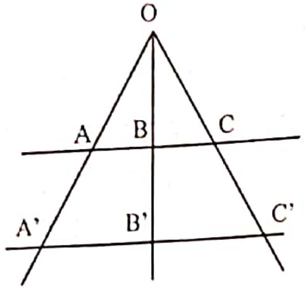
On appelle produit scalaire de deux vecteurs le produit de leurs normes par le cosinus de leur angle.

$$\vec{u}.\vec{v} = u.v.\cos\alpha$$

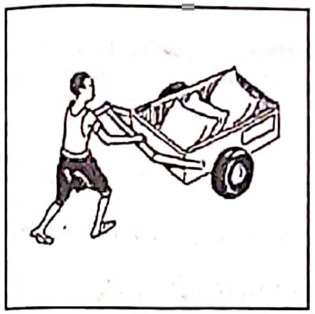


3. Théorème de Thalès

Trois droites concourantes déterminent sur des sécantes parallèles des divisions semblables :



1 TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN TRANSLATION



OBJECTIFS

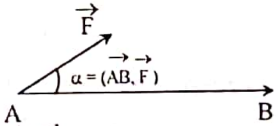
- *Calculer le travail et la puissance d'une force constante.*
- *Définir la puissance d'une force constante.*

L'ESSENTIEL

1. *Travail d'une force constante*

- Le travail W_{AB} d'une force constante $\vec{F}$, lorsque son point d'application se déplace de A en B, est égal au produit scalaire de la force $\vec{F}$ par le vecteur déplacement $\vec{AB}$:

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = F \times AB \times \cos\alpha} \quad \begin{cases} F \text{ en N} \\ AB \text{ en m} \\ W_{AB} \text{ en J} \end{cases}$$



Si $\alpha = \frac{\pi}{2}$ rad ou $\alpha = \frac{3\pi}{2}$ rad , W= 0 : le travail est nul

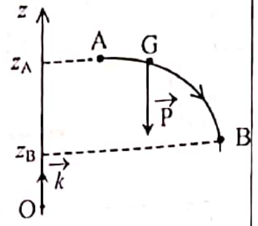
Si $0 < \alpha < \frac{\pi}{2}$ rad , W > 0: le travail est moteur

Si $\frac{\pi}{2}$ rad $< \alpha < \pi$ rad , W < 0 : le travail est résistant

Remarque : Le travail de la force constante $\vec{F}$ ne dépend pas du chemin suivi entre A et B, mais uniquement de la position de A et B.

- Travail du poids

Le travail du poids d'un corps ne dépend que de la différence d'altitude de son centre d'inertie entre le point de départ et le point d'arrivée :

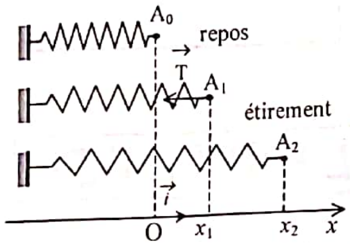


$$\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\vec{AB} = mg\,(z_A - z_B)}$$

Si $z_A - z_B > 0$ (l'altitude diminue), $W > 0$: le travail du poids est moteur.
Si $z_A - z_B < 0$ (l'altitude augmente), $W < 0$: le travail du poids est résistant.

2. *Travail de la tension d'un ressort*

- Le travail de la tension du ressort ne dépend que des positions de départ et d'arrivée de l'extrémité mobile.
- Si l'extrémité mobile du ressort passe de A_1 à A_2 (ou si l'allongement passe de x_1 à x_2) :



$$\boxed{W(\vec{T}) = \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)} \quad \begin{cases} x_1 \text{ en m} \\ x_2 \text{ en m} \\ k \text{ en N/m} \\ W \text{ en J} \end{cases}$$

- Si l'extrémité mobile du ressort passe de A_0 à A_1 (ou si l'allongement passe de 0 à x_1) : $W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k\,x_1^2$

3. *Puissance d'une force*

- La puissance moyenne d'une force $\vec{F}$ entre deux instants t_A et t_B ($t_B > t_A$) est

$$\boxed{\mathcal{P}_m = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{t_B - t_A}} \quad \begin{cases} W_{AB} \text{ en J} \\ t_B - t_A \text{ en s} \\ \mathcal{P}_m \text{ en W} \end{cases}$$

- La puissance instantanée d'une force $\vec{F}$ est égale au produit scalaire de la force $\vec{F}$ par le vecteur vitesse $\vec{v}$ de son point d'application à l'instant considéré :

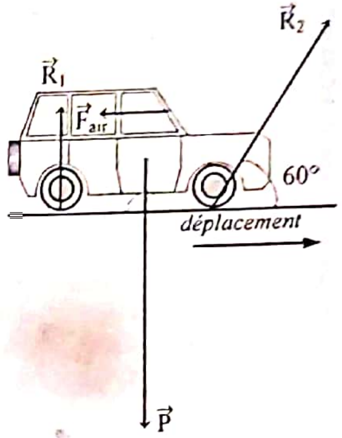
$$\boxed{\mathcal{P}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{v}} \quad \mathcal{P} \text{ en W}$$

EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment calculer le travail d'une force constante ?

Énoncé

Voici des forces appliquées à un véhicule de masse $m = 800$ kg en mouvement de translation rectiligne.
Calculer le travail de chaque force pour un déplacement de 10 m.
Préciser pour chacun des cas s'il s'agit d'un travail moteur ou résistant.
Données:
$R_1 = 3000$ N ; $R_2 = 6400$ N ;
$F_{air} = 1000$ N.



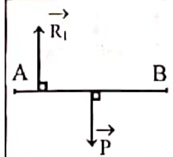
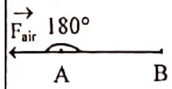
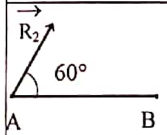
Solution

Le travail d'une force constante $\vec{F}$ au cours d'un déplacement rectiligne $\vec{AB}$ est :

$W_{AB}(\vec{F}) = F \times AB \times \cos\theta$ avec $\theta = (\vec{AB}, \vec{F})$

- Le travail d'une force motrice est positif.
- Le travail d'une force orthogonale au déplacement est nul.
- Le travail d'une force résistante est négatif.

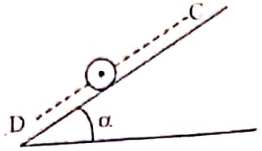
Indiquons tous les résultats dans le tableau suivant :

Schéma	Expression du travail	Valeur du Travail	Interprétation
	$W_{AB}(\vec{P}) = 0$ car $\cos\theta = 0$	$W_{AB}(\vec{R}_1) = 0$ $W_{AB}(\vec{P}) = 0$	Les forces $\vec{R}_1$ et $\vec{P}$ ne travaillent pas.
	$W_{AB}(\vec{F}_{air}) = -F_{air} \times AB$ car $\cos\theta = -1$	$W_{AB}(\vec{F}_{air}) = -5000$ J	$W_{AB}(\vec{F}_{air}) < 0$ Le travail est résistant.
	$W_{AB}(\vec{R}_2) = \frac{1}{2} \times R_2 \times AB$ car $\cos\theta = \frac{1}{2}$	$W_{AB}(\vec{R}_2) = 32000$ J	$W_{AB}(\vec{R}_2) > 0$. Le travail de la force $\vec{R}_2$ est moteur.

2 Comment calculer le travail du poids ?

Énoncé

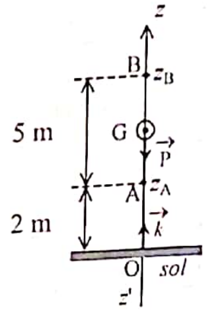
1. Une balle de masse $m = 300$ g est lancée verticalement vers le haut à partir d'un point A situé à 2 m du sol. Elle s'élève d'une hauteur AB = 5 m avant de retomber au sol. On néglige les frottements contre l'air.
Calculer le travail du poids :
1.1 au cours de la montée,
1.2 au cours de la descente (jusqu'au sol).



2. La balle est maintenant abandonnée (sans vitesse initiale) sur une table inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport au plan horizontal. Elle peut glisser sans frottement.
Pour une distance parcourue CD = 60 cm, calculer le travail du poids.

Solution

1.
1.1 Le travail du poids au cours de la montée (déplacement $\overrightarrow{AB}$) est :



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

Sur un axe($z'z$) vertical orienté vers le haut $z_A - z_B = -AB$

D'où $W_{AB}(\vec{P}) = -\,mg\,AB$.

A.N. : $W_{AB}(\vec{P}) = -\,0{,}3 \times 10 \times 5 = -15$ J.

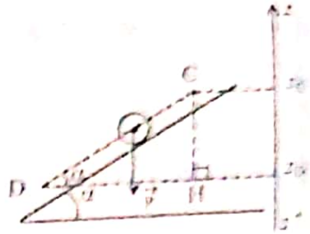
1.2 Le travail du poids au cours de la descente (déplacement $\overrightarrow{BO}$) est :

$W_{AB}(\vec{P}) = mg\,(z_B - z_O) = mg\,z_B$
car $z_o = 0$ (l'origine de l'axe ($z'z$) étant choisie au niveau du sol)
Sur l'axe ($z'z$), $z_B = OB = OA + AB = 2 + 5 = 7$ m.

A.N. : $W_{AB}(\vec{P}) = 0{,}3 \times 10 \times 7 = 21$ J.

Remarque

- Au cours de la montée, $W(\vec{P}) < 0$; le travail du poids est résistant.
- Au cours de la descente, $W(\vec{P}) > 0$; le travail du poids est moteur.



2. Le travail du poids au cours de cette descente est :

$W_{CD}(\vec{P}) = mg\,(z_C - z_D)$
Sur un axe vertical orienté vers le haut la différence d'altitude entre C et D est :
$z_C - z_D = CH = CD\sin\alpha$
(triangle CDH rectangle en H)

finalement $W_{CD}(\vec{P}) = mg\,CD\sin\alpha$

A.N. : $W_{CD}(\vec{P}) = 0{,}3 \times 10 \times 0{,}6 \times 0{,}5 = 0{,}9$ J.

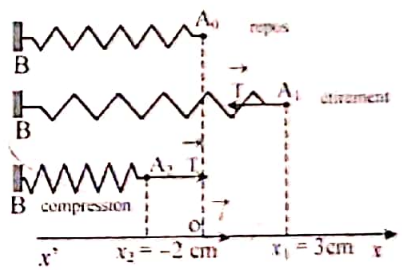
3 Comment calculer le travail de la tension d'un ressort ?

Énoncé

Un ressort à spires non jointives a une raideur $k = 2$ N/cm. Son extrémité B est fixée à un support; l'autre extrémité A peut se déplacer selon un axe (x'x) horizontal. Calculer le travail de la tension du ressort dans les cas suivants:
1. Le ressort est allongé de 3 cm, à partir de son état de repos.
2. Le ressort est comprimé de 2 cm, à partir de son état de repos.
3. Le ressort est allongé de 1 cm à partir de son état à la question 1.
N.B. : Un ressort à spires non jointives peut être comprimé ou étiré.

Solution

1. Le travail au cours de l'étirement du ressort est :



$W(\vec{T}) = \frac{1}{2}k\,(0 - x_1^2)$

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

car l'allongement passe de 0 à x_1
A.N. : $x_1 = 3$ cm.

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2} \times 2 \times (0{,}03)^2$

$W(\vec{T}) = -\,9\,10^{-4}$ J

2. Le travail au cours de la compression du ressort est :

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}kx_2^2$ car l'allongement passe de 0 à x_2.

A.N. : $x_2 = -2\text{cm}$

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2} \times 2 \times (-0{,}02)^2$

$W(\vec{T}) = -4.10^{-4}$ J.

3. Au cours de cet étirement, l'allongement passe de $x_1 = 3$ cm à $x_3 = 4$ cm.

$W(\vec{T}) = \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_3^2)$

A.N. : $W(\vec{T}) = \frac{1}{2} \times 2\,[(0{,}03)^2 - (0{,}04)^2]$

$W(\vec{T}) = -10^{-4}$J.

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux.

1. Le travail d'une force constante, appliquée à un solide en un point A est égal au produit de la valeur de la force par la longueur du trajet parcouru par le point A.
2. Si le centre d'inertie d'un solide revient à la même altitude après un déplacement quelconque, le travail du poids du solide est nul.
3. Les unités de travail et de puissance dans le système international sont respectivement le joule (J) et le newton (N).
4. La puissance mécanique moyenne $\mathcal{P}_m$ est le produit du travail W par la durée Δt correspondante : $\mathcal{P}_m = W \times \Delta t$.

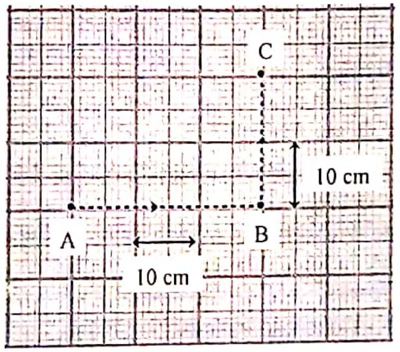
2 Un manœuvre tire à l'aide d'une corde un chariot de masse m sur une voie horizontale. Le chariot parcourt la distance AB = 200 m. La force constante exercée par la corde vaut F = 100 N et fait un angle $\alpha = 60°$ avec la direction du déplacement.

1. Calculer le travail de la force de traction $\vec{F}$.
2. Calculer le travail du poids au cours du même déplacement.
3. Calculer la puissance moyenne développée par le manœuvre s'il parcourt la distance AB en 5 min.

3 Un ressort est suspendu verticalement. Sa longueur à vide est $\ell_o = 15$ cm, sa raideur est $k = 2$ N/cm. On accroche à son extrémité inférieure un objet de masse $m = 800$ g. Le ressort s'allonge et s'immobilise.

1. Calculer l'allongement du ressort à l'équilibre.
2. Calculer au cours de l'allongement :
   2.1 le travail du poids de l'objet,
   2.2 le travail de la tension du ressort.

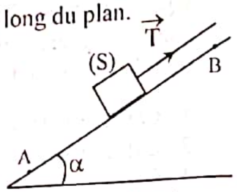
4



Une force constante $\vec{F}$ de valeur $F = 300$ N est appliquée à un solide. Son point d'application décrit le trajet ABC représenté sur la figure.

1. Donner l'expression du travail de la force $\vec{F}$.
2. Calculer le travail de la force $\vec{F}$ dans les cas suivants :
   a. $\vec{F}$ a même direction et même sens que $\vec{AB}$,
   b. $\vec{F}$ a même direction, mais un sens opposé à $\vec{AB}$,
   c. $\vec{F}$ a même direction et même sens que $\vec{BC}$.

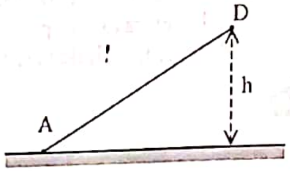
5 Le câble d'un treuil tire un solide S de masse $m = 200$ kg qui glisse avec frottements sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale.
Le solide S est tiré sur une longueur AB = 5 m le long du plan.
La tension du câble est T = 5000 N.



1. Calculer le travail de la tension $\vec{T}$ du câble.
2. Calculer le travail du poids de S.
3. Calculer le travail de la réaction $\vec{R}$ du plan sur S, si l'on admet que celui-ci se déplace à vitesse constante.
4. Les forces de frottement sont assimilables à une force $\vec{f}$ constante opposée au mouvement.

   En déduire l'intensité de $\vec{f}$.
   Donnée : g = 10N/ kg.

6 1. Une tige métallique homogène AD de masse $m = 20$ kg est posée à plat sur un sol horizontal.
On soulève son extrémité D de 50 cm.
Calculer le travail du poids au cours de la montée g = 10 N/kg.



2. La puissance moyenne du poids est en valeur absolue 5 W.
Quelle est la durée du mouvement ?

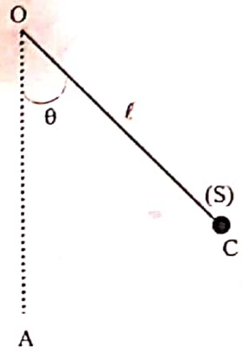
7 Un ressort, de longueur à vide $\ell_0 = 20$ cm, de raideur $k = 20$ N/m, est comprimé au quart de sa longueur.
1. Calculer le travail de la tension du ressort au cours de cette compression.
2. Quel est le travail de la force exercée par l'opérateur ?
3. L'opérateur lâche le ressort, celui-ci se détend. Calculer le travail de la tension du ressort si sa longueur finale est $\ell = 10$ cm.

8 Une cabine d'ascenseur de masse totale M = 500 kg, parcourt en 20 s, la distance d séparant le rez-de-chaussée du dixième étage. La distance verticale entre deux étages est $h = 3{,}5$ m.
1. Calculer la puissance moyenne de son poids.
2. Calculer la puissance instantanée de son poids lorsque la valeur de la vitesse est égale 3 m/s.
   Donnée : g = 10N/kg.

9 Un cycliste dont la masse vaut $m = 90$ kg gravit une côte de pente 2% sur une longueur de 500 m.
1. Calculer le travail du poids du cycliste sur ce déplacement.
2. On admet que l'ensemble des forces de frottement, équivaut à une force $\vec{f}$, d'intensité $f = 5$ N opposée au mouvement.

   Calculer le travail de $\vec{f}$ au cours de ce déplacement.
   Donnée : g = 10 N/kg.

10 Une sphère (S) de masse $m = 200$ g est fixée à l'extrémité d'un fil inextensible de longueur $\ell = 80$ cm de poids négligeable devant celui de la sphère. Le fil tendu est écarté de sa position d'équilibre OA d'un angle $\theta = 40°$.

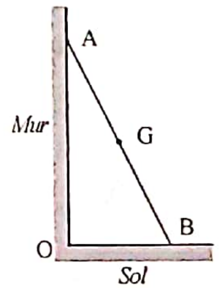


1. Déterminer au cours de ce déplacement,

   le travail du poids $\vec{P}$ de la sphère.
2. Quel est le travail de la tension $\vec{T}$ du fil au point d'attache de la sphère pendant le même déplacement ?

Donnée : g = 10N/kg.

11 1. Une échelle AB de longueur 5 m, de masse 6 kg, glisse contre un mur vertical et sur le sol. Le centre d'inertie G de l'échelle est en son milieu.
Sachant que son extrémité inférieure B était initialement à 1,2 m du pied du mur, calculer le travail du poids de l'échelle au cours de sa chute.



2. Le peintre dresse à nouveau l'échelle contre le mur.
L'extrémité inférieure B est maintenant à 1 m du pied du mur.
Calculer le travail du poids de l'échelle au cours de cette opération.
Donnée : g = 10 N/kg.

2 TRAVAIL ET PUISSANCE DES FORCES EN ROTATION

OBJECTIFS

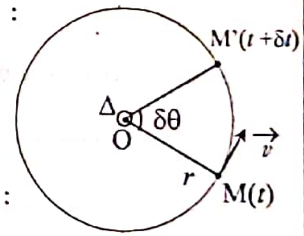
- ✔ *Connaître les caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.*
- ✔ *Déterminer le travail et la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.*

L'ESSENTIEL

1. *Grandeurs caractéristiques d'un mouvement de rotation*

- La vitesse angulaire d'un point M d'un solide en rotation autour d'un axe à la date t est :

$$\boxed{\omega = \frac{\delta\theta}{\delta t}} \quad \begin{cases} \delta\theta \text{ en rad} \\ \delta t \text{ en s} \\ \omega \text{ en rad/s} \end{cases}$$

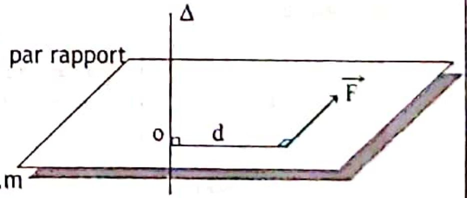


- La vitesse linéaire d'un point M d'un solide en rotation autour d'un axe à la date t est :

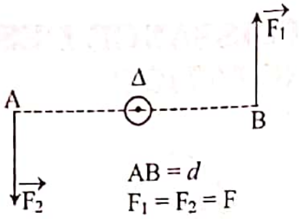
$$\boxed{v = r \times \omega} \quad \begin{cases} r \text{ en m} \\ \omega \text{ en rad/s} \\ v \text{ en m/s} \end{cases}$$

- Le moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un axe fixe Δ est :

$$\boxed{\left|\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\right| = F \times d} \quad \begin{cases} F \text{ en N} \\ d \text{ en m} \\ \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \text{ en N.m} \end{cases}$$



- d est la distance de la droite d'action de la force à l'axe Δ.
- le signe du moment dépend du sens positif arbitrairement choisi.

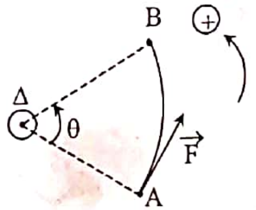


Le moment du couple de forces est :

$$\boxed{|\mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta}| = F \times d}$$

d est la distance séparant les droites d'action des deux forces.

2. ***Travail et puissance d'une force lors d'un mouvement de rotation***



- Lors d'une rotation d'angle θ, le travail d'une force $\vec{F}$ de moment constant par rapport à l'axe de rotation Δ est :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \theta} \quad \begin{cases} \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \text{ en N.m} \\ \theta \text{ en radian (rad)} \\ W_{AB}(\vec{F}) \text{ en joule (J)} \end{cases}$$

- Le travail d'un couple de moment constant lors d'une rotation d'angle θ est :

$$\boxed{W_{\mathscr{C}} = \mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta} \times \theta} \quad \begin{cases} \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \text{ en N.m} \\ \theta \text{ en rad} \\ W_{\mathscr{C}} \text{ en J} \end{cases}$$

- La puissance instantanée d'une force d'intensité F appliquée à un solide en rotation est :

$$\boxed{\mathscr{P}_F = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \omega} \quad \begin{cases} \mathscr{P}_F \text{ en Watt (W)} \\ \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \text{ en N.m} \\ \omega \text{ en rad/s.} \end{cases}$$

- La puissance instantanée d'un couple est :

$$\boxed{\mathscr{P}_{\mathscr{C}} = \mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta} \times \omega} \quad \begin{cases} \mathscr{P}_{\mathscr{C}} \text{ en Watt (W)} \\ \mathcal{M}_{\mathscr{C}} \text{ en N.m} \\ \omega \text{ en rad/s.} \end{cases}$$

TRAVAIL ET PUISSANCES DES FORCES
ANALOGIES TRANSLATION-ROTATION

Translation	Rotation
Travail élémentaire $\delta W = \vec{F}.\vec{\delta l}$ Si la force est constante : $W = \Sigma\,\delta W = \vec{F}.\Sigma\vec{\delta l}$	Travail élémentaire $\delta W = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \delta\theta$ Si le moment de la force par rapport à Δ est constant : $W = \Sigma\,\delta W = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \Sigma\delta\theta$
Si le déplacement $\overrightarrow{AB}$ est fini $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$ Soit $W_{AB}(\vec{F}) = F.\,AB.\cos(\vec{F},\overrightarrow{AB})$ $\begin{cases} W \text{ en J} \\ F \text{ en N} \\ AB \text{ en m} \end{cases}$	Si la rotation $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ est fini : $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}(\theta_2 - \theta_1)$ $\begin{cases} W \text{ en J} \\ \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \text{ en N.m} \\ \Delta\theta \text{ en rad} \end{cases}$
Travail de la tension du ressort dont l'allongement passe de x_1 à x_2 :	
$W(\vec{T}) = \frac{1}{2}k(x_1^2 - x_2^2)$	
Puissance moyenne	
$P_{moy} = \dfrac{W}{\Delta t}$ $\begin{cases} W \text{ en J} \\ \Delta t \text{ en s} \\ P_{moy} \text{ en W} \end{cases}$	$P_{moy} = \dfrac{W}{\Delta t}$
Puissance instantanée d'une force	
$\mathscr{P} = \vec{F}.\vec{v}$ $\mathscr{P} = F.v.\cos(\vec{F}.\vec{v})$ avec $\begin{cases} \mathscr{P} \text{ en W} \\ v \text{ en m/s} \\ F \text{ en N} \end{cases}$	$\mathscr{P} = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}.\omega$ avec $\begin{cases} \mathscr{P} \text{ en W} \\ \omega \text{ en rad/s} \\ \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \text{ en N.m} \end{cases}$

EXERCICES RÉSOLUS

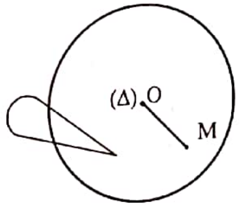
1 Comment calculer la vitesse angulaire et la vitesse linéaire d'un point ?

Énoncé

Un disque compact (CD) de diamètre 12 cm comporte une piste gravée en spirale. Le disque CD tourne à vitesse linéaire constante (CLV) autour d'un axe orthogonal passant par son centre. Il tourne donc plus vite lorsque la lecture se fait au centre ($\simeq$ 535 tr/min) qu'à la périphérie ($\simeq$ 200 tr/min).

lecture se fait au centre ($\simeq$ 535 tr/min) qu'à la périphérie du disque,

1. *Pour un point situé à 5 cm du centre considéré à la périphérie du disque, calculer :*
   - *1.1 la vitesse angulaire,*
   - *1.2 la vitesse linéaire.*
2. *Même question pour un point proche du centre du disque (1,8 cm).*



Solution

1.

1.1 θ étant l'angle balayé par un rayon du disque pendant la durée Δt,

la vitesse angulaire est donnée par la relation : $\omega = \dfrac{\theta}{\Delta t}$.

Pour un point situé à la périphérie du disque ω = 200 tr/min

A.N. : 200 tours correspondant à $\theta = 200 \times 2\pi = 1256$ rad.

$$\Delta t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s d'où } \omega = \frac{1256}{60} \simeq 21 \text{ rad/s.}$$

1.2 La vitesse linéaire est donnée par la relation $v = r \times \omega$.

A.N. : $v = 0{,}05 \times 21 \simeq 1$

$v = 1 \text{ m.s}^{-1}$.

2. Pour un point situé à 1,8 cm du centre du disque, ω = 535 tr/min.

La vitesse angulaire est :

$$\omega = \frac{535 \times 2\pi}{60} = \frac{3360}{60} = 56 \text{ rad/s}$$

La vitesse linéaire est :

$v = 0{,}018 \times 56 = 1{,}008$

$v \simeq 1 \text{ m.s}^{-1}$.

2 Comment calculer le travail et la puissance d'une force en rotation ?

Énoncé

Pour moudre du mil avec un moulin à main, une ménagère exerce une force $\vec{F}$ perpendiculaire à la manivelle de longueur ℓ.

Le moulin est animé d'un mouvement de rotation uniforme de vitesse angulaire ω = 1 tour par seconde.

1. *Calculer le moment de la force exercée par la ménagère sur le moulin.*
2. *Calculer le travail de la force exercée pour moudre le mil, si elle effectue 100 tours de manivelle.*
3. *Quelle est la puissance de cette force ?*

Données : F = 10 N, ℓ = 10 cm.

Solution

1. Le moment de la force $\vec{F}$:

$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F \times \ell$

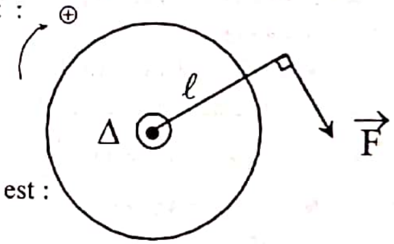
A.N. : $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = 10 \times 0{,}1 = 1 \text{ N.m}^{-1}$.

2. Soit θ l'angle dont on a tourné la manivelle pour 100 tours :

$\theta = 100 \times 2\pi = 200 \times 3{,}14 = 628$ rad.

Le travail de la force $\vec{F}$ est :

$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \theta$.



A.N. : $W(\vec{F}) = 1 \times 628$

$= 628$ J.

3. La puissance de cette force est :

$\mathcal{P}_{\vec{F}} = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \omega$

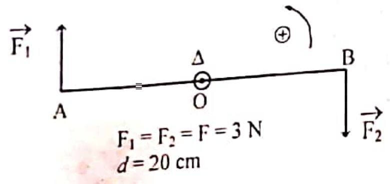
A.N : $\mathcal{P}_{\vec{F}} = 1 \times 6{,}28 = 6{,}28$ W.

3 Comment calculer le travail et la puissance d'un couple de forces ?

Énoncé

On applique un couple de forces ($\vec{F_1}, \vec{F_2}$) à une tige AB mobile autour d'un axe (Δ) qui lui est perpendiculaire (voir figure).

1. *Calculer le moment du couple.*
2. *Calculer le travail du couple lorsque la tige effectue un demi-tour.*
3. *Calculer la puissance du couple si la tige effectue 2 tours en une seconde.*



Solution

1. Compte tenu de l'orientation choisie, le moment du couple $(\vec{F_1}, \vec{F_2})$ est :

$\mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta} = F \times d$ avec $F = F_1 = F_2$

A.N. : $\mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta} = 3 \times 0{,}2 = 0{,}6$ N/m

2. Le travail du couple est $W_{\mathscr{C}} = \mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta} \times \theta$

A.N. : $\theta = \pi$ rad ,

$W_{\mathscr{C}} = 0{,}6 \times 3{,}14 \simeq 1{,}9$ J.

3. La puissance du couple est :

$$\mathscr{P}_{\mathscr{C}} = \mathcal{M}_{\mathscr{C}/\Delta} \times \omega \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{\theta}{\Delta t}$$

A.N. : $\theta = 2 \times 2\pi = 4\pi$ rad.

$\omega = \frac{4\pi}{1} = 12{,}6$ rad.s^{-1}.

$\mathscr{P}_{\mathscr{C}} = 1{,}9 \times 12{,}6 \simeq 24$ W.

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux.

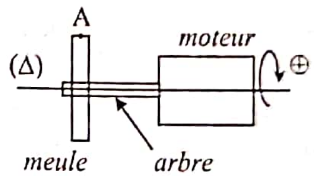
1. Tous les points, hors de l'axe de rotation, d'un solide en rotation autour d'un axe fixe possèdent un mouvement circulaire.
2. Tous les points d'un solide en rotation autour d'un axe fixe ont la même vitesse instantanée.
3. Le moment d'un couple de forces est indépendant de la position de l'axe de rotation.
4. Le travail d'une force de moment constant est $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \omega$.
5. Si le mouvement de rotation est uniforme les puissances moyenne et instantanée sont égales.

2 Une meule utilisée pour affûter un outil est entraînée en rotation par un moteur (voir le schéma ci-dessous).

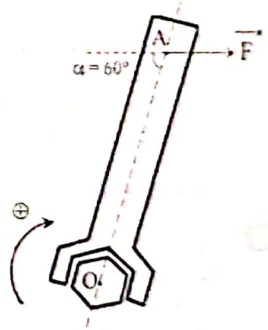
La vitesse de rotation est de 1500 tr/min en régime permanent.

1. Calculer la vitesse angulaire de la meule.
2. En déduire la vitesse linéaire d'un point A de la périphérie de la meule.

Donnée : rayon de la meule 155 mm.



3 Un mécanicien tente de débloquer une vis en exerçant sur le manche d'une clé anglaise une force $\vec{F}$ de moment (par rapport à l 'axe de la vis), $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = 20$ N.m.



1. Déterminer l'intensité de la force $\vec{F}$ sachant que la distance de l'axe de la vis à la droite d'action de la force $\vec{F}$ est AO = 10 cm.
2. Calculer le travail de $\vec{F}$ si le manche M effectue une rotation d'un angle $\theta = 30°$.

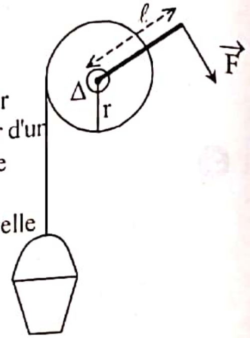
4 Pour fermer un robinet, Zadi applique un couple de serrage de moment 0,3 N.m. Les supports des forces sont distants de AB = 3 cm

1. Calculer l'intensité des forces exercées par ses doigts.
2. Calculer le travail de ce couple pour une rotation régulière d'un demi-tour.

5 Le moteur d'une scie sauteuse tourne à 2000 tours par minute.

1. Calculer le moment du couple si le moteur développe une puissance de 600 W.
2. Calculer le travail fourni par le moteur pendant 10 minutes.

6 Un treuil de rayon r = 10 cm est actionné à l 'aide d'une manivelle de longueur $\ell = 50$ cm

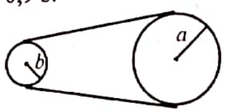


1. Déterminer l'intensité de la force $\vec{F}$ à appliquer perpendiculairement à la manivelle pour monter d'un mouvement rectiligne uniforme un seau d'eau de masse $m = 20$ kg ? g = 10 N/kg.
2. Calculer le travail de cette force quand la manivelle effectue 10 tours.
3. Un moteur remplace la manivelle. Le treuil effectue alors 5 tours par seconde. Calculer la puissance de la force motrice.

7 Pour suspendre la fourniture en eau d'un client, le technicien de la SODECI utilise une clé en forme de "T" dont la barre horizontale a une longueur AB = 40 cm.
Il exerce aux extrémités de la barre un couple de forces d'intensité égale à 100 N.

1. Calculer le moment du couple exercé par le technicien dans les cas suivants :
   1.1 les droites d'action des forces font avec la barre un angle $\alpha = 90°$,
   1.2 les droites d'action des forces font avec la barre un angle $\alpha = 60°$.
2. Dans la situation de la question 1.2, le technicien effectue 10 tours de barre pour fermer la vanne. Calculer le travail nécessaire à cette opération. En déduire la puissance développée par le technicien si l'opération dure 2 minutes.

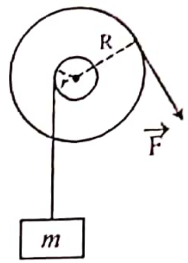
8 Une bicyclette comporte un grand pignon de rayon a entraîné par le pédalier et un petit pignon de rayon b qui provoque la rotation de la roue arrière. Les deux pignons sont reliés par une chaîne inextensible.
Le grand pignon fait un tour en une durée T = 0,9 s.
On donne : a = 8 cm ; b = 3,5 cm.



1. Calculer la vitesse angulaire Ω de rotation du grand pignon.
2. Calculer la vitesse angulaire ω de rotation du petit pignon.

3. Sachant que les roues de la bicyclette ont un rayon R= 19 cm, calculer la durée Δt que mettra le cycliste pour parcourir une distance d = 100 m.

9 On utilise une poulie à deux gorges de rayons r = 2 cm et R = 20 cm pour monter une charge de masse m = 20 kg à une vitesse constante.
On donne g = 10N/kg.



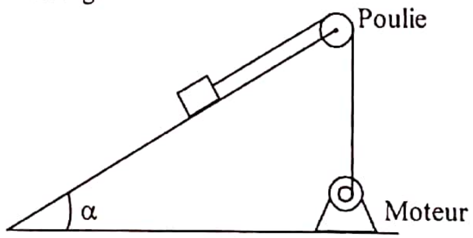
1. Déterminer l' intensité minimale F_o de la force $\vec{F}$ à appliquer à la corde enroulée sur la grande poulie pour provoquer la montée de la charge.
2. En fait, la force appliquée possède une intensité F = 1,2 F_o. Calculer le moment du couple de frottement $\mathcal{M}_f$.
3. La charge monte à la vitesse constante $\upsilon = 0,3$ m.s^{-1}. Calculer la puissance de la force motrice ainsi que la puissance perdue par frottement.

N.B. : On négligera la masse des cordes qui seront considérées comme inextensibles.

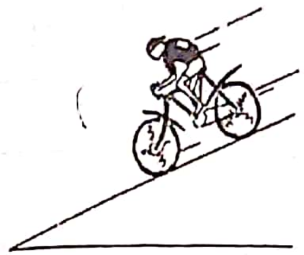
10 Sur un chantier de construction, le câble d'une poulie de rayon r = 20cm, tire une charge de masse m = 100 kg qui glisse avec frottements sur un plan incliné d'un angle α = 12° avec l'horizontale.
Le moteur électrique qui fait tourner la poulie a une puissance $\mathscr{P}$ = 1800 W et un rendement η = 60 %.

1. Sachant que la charge est tirée à vitesse constante υ = 0,5 m/s, calculer la vitesse angulaire ω du moteur.
2. Calculer l'intensité de la tension du câble.
3. Calculer le moment du couple moteur.
4. Déterminer l'intensité f des forces de frottement exercées par le plan sur la charge.
5. Calculer le moment du couple de frottement présent au sein du moteur.

Donnée : g = 10N /kg.



3 ÉNERGIE CINÉTIQUE. THÉORÈME DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE.



OBJECTIFS

- *Calculer l'énergie cinétique d'un solide en translation ou en rotation autour d'un axe fixe.*
- *Appliquer le théorème de l'énergie cinétique.*

L'ESSENTIEL

1. *L'énergie cinétique*

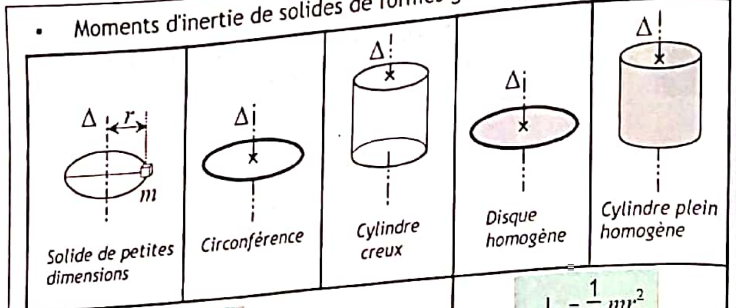
- L'énergie cinétique E_C d'un solide en translation est proportionnelle à la masse *m* du solide et au carré de sa vitesse.

$$\boxed{E_C = \frac{1}{2} m v^2} \quad \begin{cases} E_C \text{ en J} \\ m \text{ en kg} \\ v \text{ en m.s}^{-1} \end{cases}$$

- L'énergie cinétique E_C d'un solide animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe Δ est proportionnelle au moment d'inertie J_Δ de ce solide et au carré de sa vitesse angulaire ω.

$$\boxed{E_C = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2} \quad \begin{cases} E_C \text{ en J} \\ J_\Delta \text{ en kg.m}^2 \\ \omega \text{ en rad.s}^{-1}. \end{cases}$$

- Moments d'inertie de solides de formes géométriques simples.



$J_\Delta = mr^2$ (solide de petites dimensions, circonférence, cylindre creux)

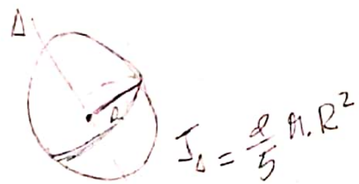
$J_\Delta = \frac{1}{2} mr^2$ (disque homogène, cylindre plein homogène)

2. *Le théorème de l'énergie cinétique*

La variation de l'énergie d'un système entre deux instants est égale à la somme des travaux effectués entre ces deux instants par les différentes forces qui s'exercent sur le système.

$$\boxed{\Delta Ec = Ec_2 - Ec_1 = \Sigma W(\vec{F})}$$

Sphère homogène



$J_\Delta = \frac{2}{5} m.R^2$

EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment calculer l'énergie cinétique d'un solide en translation ?

Énoncé

Calculer l'énergie cinétique que possède une voiture de masse 900 kg roulant à 50 km h^{-1} sur une route rectiligne. Refaire ce calcul dans le cas où la même voiture roule à une vitesse double de la précédente (100 km.h^{-1}). Conclure.

Solution

L'énergie cinétique de la voiture est : $E_C = \frac{1}{2} m v^2$.

A.N. : $v_1 = 50$ km.h^{-1} soit $v_1 = \frac{5.10^4}{3600} \simeq 13{,}9$ m/s.

$Ec_1 = \frac{1}{2} \times 900 \times (13{,}9)^2 = 86805$ J $\simeq 87$ kJ.

$v_2 = 100$ km.h^{-1} soit $v_2 = \frac{10^5}{3600} \simeq 27{,}8$ m/s.

$Ec_2 = \frac{1}{2} \times 900 \times (27{,}8)^2 = 347222$ J $\simeq 347$ kJ

On remarque que $\frac{Ec_2}{Ec_1} = 3{,}98 \simeq 4$.

Rôle de la ceinture de sécurité dans un véhicule

Lorsque la vitesse de la voiture double, son énergie cinétique est multipliée par 4. L'énergie cinétique est à l'origine des dégâts causés à une voiture au cours d'un choc. Plus la voiture roule vite, plus grands sont les risques liés à un éventuel accident. C'est donc à juste titre que l'OSER (Office de la Sécurité Routière) met en garde les usagers de la route : " la vitesse tue, tuez la vitesse".

2 Comment calculer l'énergie cinétique d'un solide en rotation ?

Énoncé

Une meule est assimilée à un cylindre homogène de masse m = 400 g et de diamètre 10 cm.

1. *Calculer son moment d'inertie par rapport à son axe de rotation*
2. *Calculer l'énergie cinétique de cette meule lorsqu'elle tourne à 1500 tours/min.*

Solution

1. Le moment d'inertie de la meule est :

$J_\Delta = \frac{1}{2} mR^2$ avec $R = \frac{D}{2}$ D : diamètre du cylindre.

A.N.: $R = \frac{0,1}{2} = 0,05$ m

$J_\Delta = \frac{1}{2} \times 0,4 \times (0,05)^2$

$J_\Delta = 5.10^{-4}$ kg.m².

2. L'énergie cinétique de la meule est :

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

$\omega = \frac{1500 \times 2\pi}{60} = 157$ rad/s

AN : $E_c = \frac{1}{2} \times 5.10^{-4} \times (157)^2$

$E_c = \cancel{0,6}$ J. $\boxed{E_c = 6,16 J}$

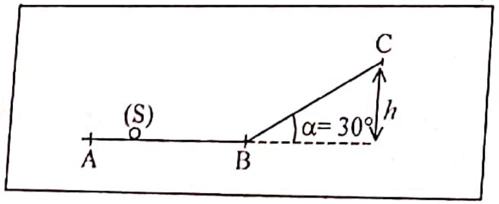
3 Comment appliquer le théorème de l'énergie cinétique ?

Méthode

- *Définir le système*
- *Faire le bilan des forces appliquées au système et les représenter.*
- *Calculer les travaux de ces forces.*
- *Écrire la relation $\Delta Ec = \Sigma W(\vec{F})$ et l'exploiter.*

Énoncé 1

Un solide ponctuel lancé d'un point A avec une vitesse $v_A = 3,0$ ms^{-1} se déplace sans frottement sur une piste ABC (voir figure).



L'extrémité C de la piste est à une hauteur h = 10 cm par rapport à l'horizontale.

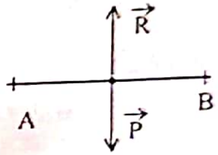
1. Calculer la vitesse v_B du solide en B.
2. Calculer la vitesse v_C du solide en C.

Donnée : g = 10 N/kg

Solution

1. Déterminons la vitesse v_B du solide au point B.
   - système : le solide ponctuel
   - bilan des forces :
     - la réaction $\vec{R}$ de la piste,
     - le poids $\vec{P}$ du solide.

Représentons ces forces sur un schéma :



Calculons les différents travaux des forces.

$W(\vec{R}) = W(\vec{P}) = 0$ car les forces $\vec{R}$ et $\vec{P}$ sont perpendiculaires au vecteur déplacement $\vec{AB}$.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique.

$\Delta Ec = Ec_B - Ec_A = \Sigma W(\vec{F})$

d'où $Ec_B - Ec_A = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) = 0$, soit $Ec_B = Ec_A$.

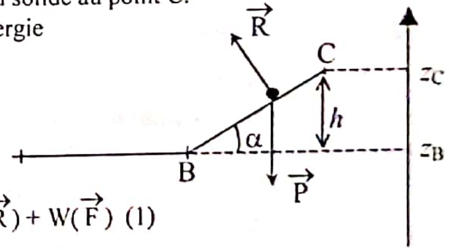
$Ec_B = Ec_A \Rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 = \frac{1}{2} m v_A^2$

Finalement $v_B = v_A = 3,0$ m.s^{-1}

Le solide a un mouvement rectiligne uniforme sur le trajet AB.

2. Déterminons la vitesse v_C du solide au point C.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre B et C.



$\Delta Ec = Ec_C - Ec_B = \Sigma W(\vec{F})$

soit $\frac{1}{2} m v_C^2 - \frac{1}{2} m v_B^2 = W(\vec{R}) + W(\vec{F})$ (1)

Calculons les travaux des différentes forces

$W(\vec{R}) = 0$ car la réaction $\vec{R}$ est perpendiculaire à $\vec{BC}$

$W(\vec{P}) = mg\,(z_B - z_C)$ avec $z_B - z_C = -h$

$W(\vec{P}) = -mgh$

La relation (1) devient

$$\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -mgh$$

soit $v_C^2 - v_B^2 = -2gh$

d'où $v_C^2 = v_B^2 - 2gh$

finalement $v_C = \sqrt{v_B^2 - 2gh}$

A.N. :

$$v_C = \sqrt{9-(2\times10\times0,1)}$$
$$v_C = 2,6\ m.s^{-1}.$$

Énoncé 2

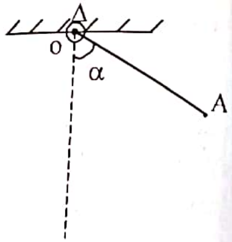
Une barre homogène de longueur $\ell = 50$ cm peut tourner sans frottement dans le plan vertical autour d'un axe horizontal (Δ) passant par son extrémité O.

Son moment d'inertie par rapport à Δ est :

$J_\Delta = \frac{1}{3}m\ell^2$ *m : masse de la barre.*

La barre est écartée d'un angle $\alpha = 60°$ de la verticale et lâchée sans vitesse initiale.

Déterminer sa vitesse angulaire lorsqu'elle repasse par la verticale.



Solution

- Système : la barre
- Bilan des forces : le poids $\vec{P}$ de la barre et la réaction $\vec{R}$ du support

Calculons les travaux des forces.

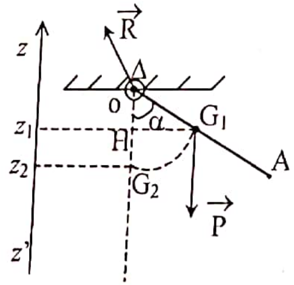
- $W(\vec{P}) = mg(z_1 - z_2)$

Sur l'axe vertical z'z orienté vers le haut, la dénivellation entre G_1 et G_2 est :

$z_1 - z_2 = HG_2 = OG_2 - OH$

avec $OG_2 = \frac{\ell}{2}$ et $OH = \frac{\ell}{2}\cos\alpha$,

d'où $z_1 - z_2 = \frac{\ell}{2}(1-\cos\alpha)$.



Finalement

$$W(\vec{P}) = mg\frac{\ell}{2}(1-\cos\alpha)$$

- $W(\vec{R}) = 0$ car $\mathcal{M}_{\vec{R}/\Delta} = 0$

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique.

$\Delta E_C = \Sigma\, W(\vec{F})$

soit $E_{C2} - E_{C1} = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$ (1)

$E_{C1} = 0$ car la barre est lâchée sans vitesse initiale

$$E_{C2} = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2 = \frac{1}{2}\left(\frac{m\ell^2}{3}\right)\omega^2$$

La relation (1) devient :

$$\frac{1}{2}\left(\frac{m\ell^2}{3}\right)\omega^2 = mg\frac{1}{2}(1-\cos\alpha)$$

d'où $\omega = \sqrt{\frac{3g(1-\cos\alpha)}{\ell}}$

A.N: $\omega = \sqrt{\frac{3\times10(1-0,5)}{0,5}}$

$\omega \simeq 5,5$ rad /s.

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux

1. Tout solide en mouvement possède de l'énergie cinétique.
2. L'énergie cinétique d'un solide en translation est égale au produit de sa masse par sa vitesse.
3. L'énergie cinétique d'un système pour lequel la somme des forces appliquées est nulle reste constante.
4. L'expression de l'énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe (Δ) est : $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2$.

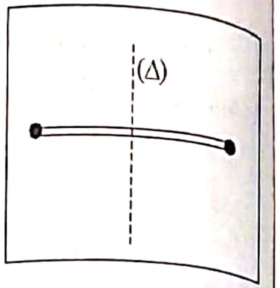
2 Calculer l'énergie cinétique dans les cas suivants :

1. une flèche de masse 100 g, animée d'une vitesse de 50 $m.s^{-1}$,
2. une automobile de masse 1000 kg, animée d'une vitesse de 100 $km.h^{-1}$.

3 Calculer l'énergie cinétique :

1. d'une jante de masse 5 kg et de rayon 20 cm tournant à la vitesse angulaire de 10 rad/s,
2. d'un cylindre plein homogène de rayon R = 1,3 m et de masse 100 kg tournant à la vitesse de 120 tr/min.

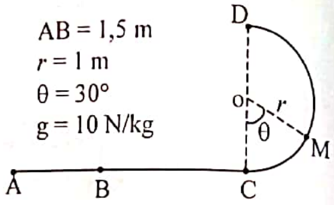
4 On fixe aux extrémités d'une barre horizontale homogène de longueur $\ell = 50$ cm et de masse M = 300 g, 2 masselottes ponctuelles de masse $m = 100$ g.
L'ensemble tourne autour d'un axe vertical Δ passant par le milieu de la barre à la vitesse angulaire $\omega = 2$ rad/s.
Calculer l'énergie cinétique de l'ensemble (barre + masselottes).



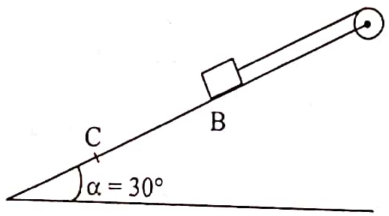
5 On lance un solide de masse $m = 0{,}5$ kg initialement au repos sur une piste ACD, en faisant agir sur lui, le long de la partie AB, une force $\vec{F}$ horizontale d'intensité F = 10 N.
La portion AC de la piste est horizontale et la portion CD est un demi-cercle de centre O et de rayon r. On suppose que la piste ACD est parfaitement lisse.
Déterminer la vitesse du solide :

1. au point B,
2. au point C,
3. au point M défini par l'angle θ,
4. au point D.

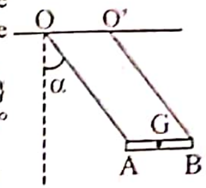
AB = 1,5 m
$r = 1$ m
$\theta = 30°$
g = 10 N/kg



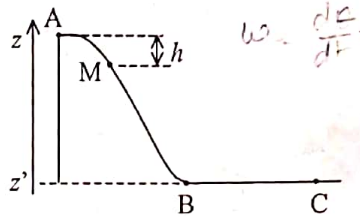
6 Un solide (S) de masse m est attaché à un fil inextensible, enroulé autour d'une poulie de rayon r et de moment d'inertie J_Δ par rapport à l'axe de rotation.
Il est abandonné sans vitesse initiale au point B et glisse sans frottement le long de la ligne de plus grande pente d'un plan incliné.
Données :
M = 2 kg ; $\alpha = 30°$; g = 10 N/kg ; $J_\Delta = 18.10^{-4}$ kg.m^2 ; $r = 6$ cm.
Déterminer la vitesse du du solide (S) quand il atteint le point C tel que BC = 2 m.



7 Deux enfants sont assis sur une balançoire constituée d'une planche suspendue par deux câbles de masse négligeable devant celle de la planche et des enfants.
Le centre d'inertie G de l'ensemble {planche + enfants} est écarté de sa position d'équilibre d'un angle $\alpha = 60°$ et abandonné sans vitesse initiale.
Déterminer la vitesse de l'ensemble {planche + enfants} au passage de sa position d'équilibre.
Données : OA = O'B = ℓ = 2 m ; m = 60 kg ; g = 10 N/kg.



8 Un solide ponctuel part sans vitesse initiale et glisse sans frottement le long d'une pente ABC (voir figure).



1. Représenter les forces appliquées au solide dans une position M quelconque entre A et B.

On appelle h la dénivellation entre les points A et M.

2. Établir l'expression de la vitesse v du solide au point M en fonction de h.
3. Complétez le tableau suivant :

Position du solide	A	B	C
h (m)	0		
v (m.s^{-1})		4	
Ec(J)			

Données :
Masse du solide m = 50 g
g = 10 N/kg

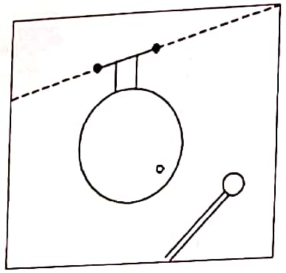
9 1. Une roue de bicyclette de diamètre 50 cm et de masse 500 g est mobile autour de son axe Δ horizontal.
On néglige la masse des rayons devant celle de l'ensemble {jante, chambre à air, pneu}.
Calculer le moment d'inertie de la roue par rapport à Δ.
2. La roue est immobile. On la lance à la main en exerçant sur le pneu, pendant un quart de tour une force tangentielle d'intensité constante F.

Lorsqu'on la lâche sa vitesse est de 1 tr/s. Les roulements à bille exercent un couple de frottement de moment constant 0,004 Nm. Déterminer F et le nombre de tours accomplis par la roue jusqu'à l'arrêt, à partir de l'instant où elle a été lâchée.

10 Un gong est constitué par un disque de centre O de rayon $r = 10$ cm, de masse $m = 100$ g, mobile sans frottement autour d'un axe horizontal Δ. Par rapport à cet axe, le moment d'inertie du disque est $J_\Delta = \frac{3}{2} mr^2$.

Données $g = 10$ N/kg.

1. Lorsqu'on donne un coup sur le centre du disque, il part de sa position d'équilibre avec la vitesse angulaire ω, s'en écarte d'un angle θ puis redescend.
   Établir l'expression de ω en fonction de r, g et θ.
2. Calculer ω dans le cas où le gong s'arrête en position horizontale avant de redescendre.



4 ÉNERGIE POTENTIELLE ÉNERGIE MÉCANIQUE

OBJECTIFS

- ✔ *Calculer l'énergie potentielle et l'énergie mécanique d'un système isolé.*
- ✔ *Appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique.*

L'ESSENTIEL

1. *Énergie potentielle de pesanteur d'un système solide-Terre*

- Énergie potentielle de pesanteur d'un système (solide-Terre)

En choisissant comme état de référence, l'état $z = 0$

$$\boxed{E_P = mgz} \quad \begin{cases} E_P \text{ en J} \\ m \text{ en kg} \\ g \text{ en N/kg} \\ z \text{ en m} \end{cases}$$

- Énergie potentielle élastique d'un ressort

L'énergie potentielle élastique d'un ressort de raideur k est proportionnelle au carré de son allongement.

$$\boxed{E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2} \quad \begin{cases} E_{Pe} \text{ en J} \\ k \text{ en N.m}^{-1} \\ x \text{ en m} \end{cases}$$

2. *Énergie mécanique d'un système*

- L'énergie mécanique d'un système est la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.

$\boxed{E = E_C + E_P}$

L'énergie mécanique d'un système isolé ou pseudo-isolé est constante

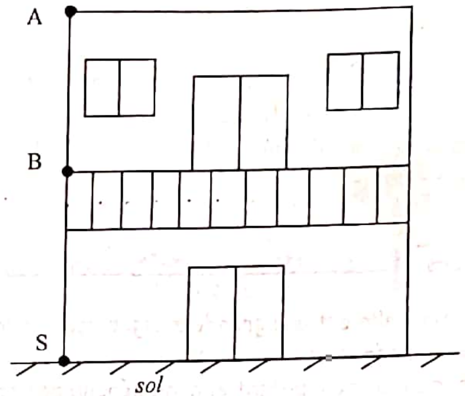
$\boxed{E = cte}$

EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment calculer l'énergie potentielle d'un système isolé ou pseudo-isolé ?

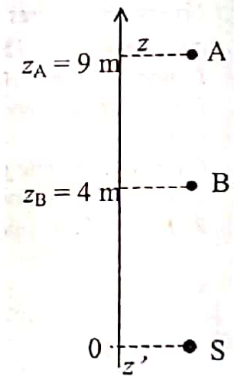
Énoncé

Une balle de masse 200 g est placée par un enfant sur le balcon d'un immeuble situé à la hauteur BS = 4 m au-dessus du sol.



1. *Calculer l'énergie potentielle de pesanteur du système Terre-balle en choisissant les états de référence suivants :*
   a. *le sol,*
   b. *le sommet de l'immeuble (hauteur de l'immeuble AS = 9 m).*
2. *Par mégarde la balle tombe.*
   Calculer la variation de l'énergie potentielle de pesanteur entre le balcon et le niveau du sol en choisissant les états de référence précédents.

Solution



1. L'énergie potentielle du système Terre-balle est :
   $Ep_B = mgz_B$
   a. État de référence : Le sol
   A.N. : $z_B = 4$ m
   $Ep_B = 0{,}2 \times 10 \times 4$
   $Ep_B = 8$ J
   b. État de référence : le sommet de l'immeuble
   AN : $z_B = -5$ m
   $Ep_B = 0{,}2 \times 10 \times (-5)$
   $Ep_B = -10$ J

2. Calculons d'abord l'énergie potentielle de pesanteur du système lorsque la balle est au sol.

- par rapport au sol :

$E_{PS} = 0$ car $z_S = 0$

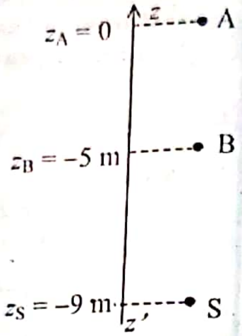
- par rapport au sommet de l'immeuble :

$z_S = -9$ m

$E_{PS} = mgz_S$

$E_{PS} = 0{,}2 \times 10 \times (-9)$

$E_{PS} = -18$ J



La variation de l'énergie potentielle entre le balcon et le niveau du sol :

$\Delta E_P = E_{PS} - E_{PB}$.

- par rapport au sol :

$\Delta E_P = 0 - 8 = -8$ J

- par rapport au sommet de l'immeuble

$\Delta E_P = -18 - (-10)$

$\Delta E_P = -8$ J.

Remarques

- L'énergie potentielle est une grandeur algébrique ; elle peut être positive ou négative.
- La variation de l'énergie potentielle ne dépend pas de l'état de référence choisi.

2 Comment calculer l'énergie potentielle élastique d'un ressort ?

Énoncé

Un ressort à spires non jointives a une raideur $k = 2$ N/cm. Sa longueur au repos est $\ell_0 = 15$ cm. Son extrémité B est fixe.
L'autre extrémité A peut se déplacer selon un axe (x'x).
Un opérateur exerce en A, différentes actions à partir de la position de repos du ressort.
Calculer l'énergie potentielle élastique du ressort :
1. lorsque le ressort est allongé de 3 cm,
2. lorsqu'il est comprimé de 1 cm.

Solution

L'état de référence correspond au ressort à vide.
L'énergie potentielle d'un ressort est :

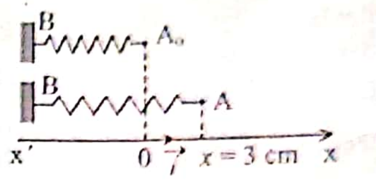
$E_{Pe} = \frac{1}{2} k x^2$

1. $k = 200$ N/m

$x = 3$ cm $= 0{,}03$ m

$E_{Pe} = \frac{1}{2} \times 200 \times (0{,}03)^2$

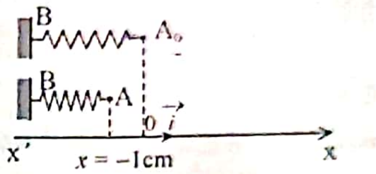
$E_{Pe} = 0{,}09$ J.



2. $x = -1$cm $= -0{,}01$ m

$E_{Pe} = \frac{1}{2} \times 200 \times (-0{,}01)^2$

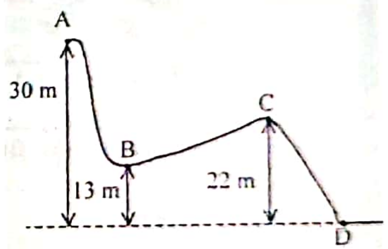
$E_{Pe} = 0{,}01$ J.



3 Comment appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique ?

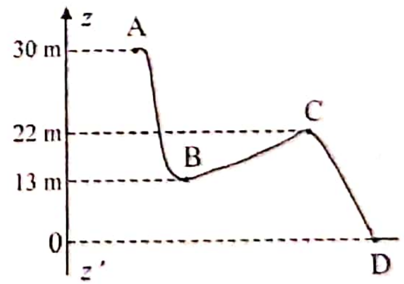
Énoncé

Un solide ponctuel S part sans vitesse initiale et glisse sans frottement sur une piste ABCD.
En utilisant la conservation de l'énergie mécanique du système Terre-Solide, calculer :
1. la vitesse du solide S au point B,
2. la vitesse du solide S au point C,
3. la vitesse du solide S au point D.
Donnée : g = 10 N/kg



Solution

Prenons le plan horizontal passant par D comme la référence de l'énergie potentielle de pesanteur :



Les frottements sont négligeables.
L'énergie mécanique du système {Terre + solide } $E = E_C + E_P = \frac{1}{2}mv^2 + mgz$ est constante.

1. $E_A = E_B$
   Avec $E_A = mgz_A$ car $v_A = 0$
   $E_B = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgz_B$
   D'où $v_B = \sqrt{2g(z_A - z_B)}$
   A.N. : $v_B = \sqrt{2 \times 10 \times (30-13)}$
   $v_B = 18{,}4\ m.s^{-1}$.

2. $E_A = E_C$
   avec $E_A = m.g.z_A$ et $E_C = \frac{1}{2}m\,v_C^2 + mgz_C$
   d'où $v_C = \sqrt{2g(z_A - z_C)}$
   A.N. : $v_C = \sqrt{2\times10\times(30-22)}$
   $v_C = 12{,}6\ m.s^{-1}$.

3. $E_A = E_D$
   avec $E_A = mgz_A$ et $E_D = \frac{1}{2}m\,v_D^2 + mgz_D$
   d'où $v_D = \sqrt{2g(z_A - z_D)}$
   A.N. : $v_D = \sqrt{2\times10\times(30-0)}$
   $v_D = 24{,}5\ m.s^{-1}$.

EXERCE-TOI

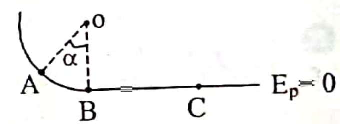
1 Répondre par vrai ou faux
1. L'énergie potentielle de pesanteur est une grandeur algébrique. √
2. L'énergie potentielle élastique d'un ressort comprimé est $E_{Pe} = -\frac{1}{2}kx^2$.
3. Les forces de frottement sont des forces conservatives.
4. L'énergie mécanique d'un système conservatif est constante.

2 Un bus de la compagnie de transport SOTRA de masse m aborde une côte de pente 5%, à la vitesse $v = 72\ km.h^{-1}$, et s'arrête après avoir parcouru une distance $d = 400$ m.
Calculer l'énergie potentielle du bus à mi-parcours :
1. par rapport au sommet de la côte,
2. par rapport au bas de la côte.

Données : $g = 10N / kg$; $m = 40$ t.

3 Le ressort d'un fusil à fléchette a une longueur initiale de 10 cm.
Calculer l'énergie potentielle élastique du ressort lorsqu'il est comprimé de 6 cm .
Donnée : $k = 240$ N/m.

4 Un mobile est guidé par une glissière située dans un plan vertical comprenant une partie circulaire AB de centre O et de rayon $r = 60$ cm d'angle $\alpha = (\widehat{AOB}) = 60°$ et une partie horizontale BC.



Le mobile de masse $m = 200$ g part de A avec une vitesse nulle ; on néglige les frottements.
1. Calculer l'énergie mécanique du mobile en A.
2. Quelle est la vitesse du mobile en B.
3. Quelle est la vitesse du mobile en C.

5

Un solide de masse m est suspendu par l'intermédiaire d'un fil de masse négligeable.
Le fil s'enroule sur un cylindre de rayon R et de moment d'inertie J_Δ par rapport à son axe de rotation Δ.
On suppose les frottements négligeables.
Données : $m = 5$ kg ; $g = 10$ N/kg ; $R = 10$ cm ; $J_\Delta = 0{,}08\ kg.m^2$.
Le système est abandonné sans vitesse initiale.
Calculer la vitesse du solide après un déplacement de longueur $\ell = 2$ m.

6 Un pendule simple est écarté de sa portion d'équilibre d'un angle $\alpha_0 = 30°$ et lâché sans vitesse initiale.

Le solide suspendu, de masse $m = 200$ g est supposé ponctuel.

La longueur du fil est $\ell = 60$ cm.

1. Le plan horizontal passant par le centre d'inertie du solide à la position d'équilibre du pendule est choisi comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
   a. Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur du système Terre-pendule en fonction de ℓ, m, α_0 et g.
   b. Calculer cette énergie.
2. Calculer la vitesse du solide lorsque celui-ci passe par la position d'équilibre.

Donnée : g = 10 N/ kg.

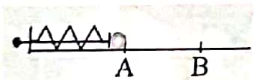
7 Un cerceau est mobile sans frottement autour d'un axe horizontal Δ passant par un de ses points.

On l'écarte de $\theta_0 = 40°$ par rapport à sa position d'équilibre et on le lâche sans vitesse initiale.

Quelle est sa vitesse quand il passe par la position verticale ?

Données : masse du cerceau $m = 1$ kg,
rayon du cerceau R = 0,30 m,
moment d' inertie du cerceau par rapport à Δ $J_\Delta = 0{,}18$ kg. m^2,
g = 10N/kg.

8



Une bille de « flipper » a une masse $m = 20$ g.
Elle est lancée au moyen d'un ressort.
La longueur du ressort au repos est 10 cm ;
celle du ressort comprimé est 3 cm. La raideur du ressort est k = 40 N.m^{-1},

1. À quelle vitesse la bille est-elle éjectée ?
   On considère que toute l'énergie est communiquée à la bille.
2. La bille parcourt alors la distance AB = d = 50 cm.
   Calculer la vitesse de la bille en B.
   On suppose que la bille glisse sans rouler et que les frottements sont négligeables.

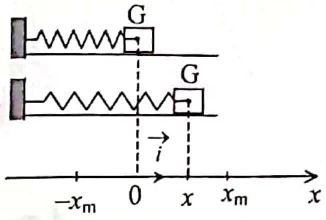
9 Un solide S part sans vitesse initiale et glisse le long d'une piste AB de longueur $\ell = 2$ m faisant un angle $\alpha = 30°$ avec l'horizontale.

1. Calculer la vitesse v_B du solide en B si l'on suppose que les frottements sont négligeables.
2. Er réalité la vitesse du solide en B est $v_B' = 2{,}8$ m.s^{-1}

Calculer l'intensité de la force de frottements $\vec{f}$.

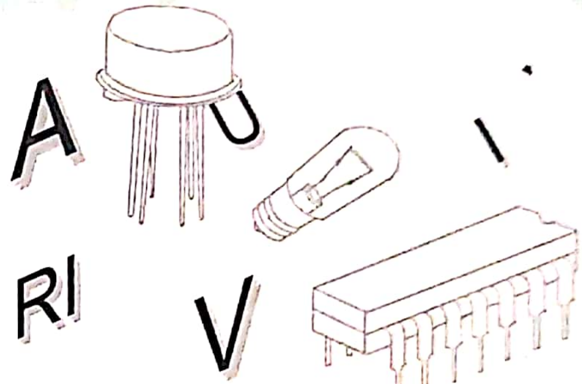
Données : g = 10 N/kg ; $m = 30$ g.

10 Un solide S de masse $m = 206$ g est relié à un ressort de raideur $k = 4{,}15$ N.m^{-1}.
L'ensemble solide+ ressort peut glisser sans frottement sur une table horizontale.
Écarté de sa position d'équilibre O puis abandonné à lui-même, S oscille de part et d'autre de O , entre deux positions extrêmes d'abscisses $-x_m = 2{,}4$ cm et $x_m = +2{,}4$ cm.

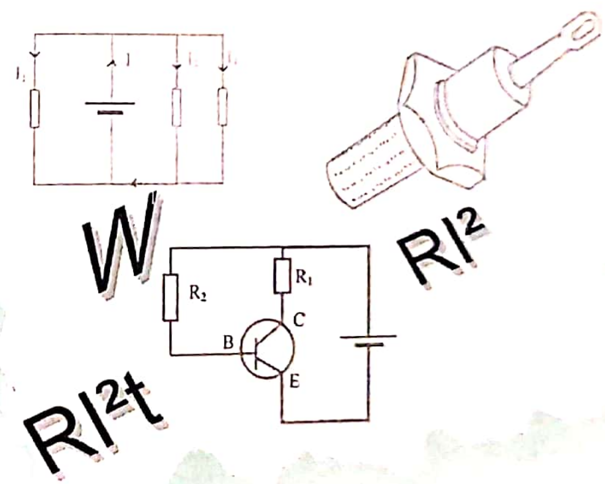


1. Donner l'expression de l'énergie potentielle du système ressort + solide pour une position quelconque d'abscisse x du solide.
   Le niveau zéro de l'énergie potentielle de pesanteur étant celui de la table.
2. Représenter le graphe $E_P = f(x)$ avec $-2{,}4$ cm $\leqslant x \leqslant 2{,}4$ cm.
   Échelle : 1 cm représente $0{,}2.10^{-3}$ J
   1 cm représente 0,4 cm.
3. Déterminer l'énergie potentielle maximale du système.
4.
   a. En déduire la valeur de l'énergie mécanique de ce système.
   b. Représenter le graphe E = g(x) dans le même repère.
5. Pour une élongation x = 1,5 cm, déterminer graphiquement l'énergie cinétique et calculer la valeur de la vitesse.

DEUXIÈME PARTIE



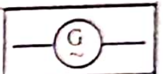
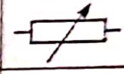
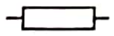
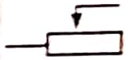
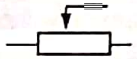
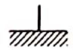
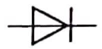
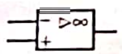
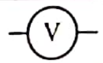
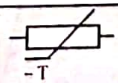
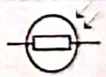
ÉLECTRICITÉ



LES UNITÉS EN ÉLECTRICITÉ

Grandeurs physiques	Unité SI	Symbole	Remarques
Intensité	ampère	A	
Charge électrique	coulomb	C	Charge élémentaire $e = 1{,}6.10^{-19}C$
Tension	volt	V	
Résistance	ohm	Ω	
Conductance	siemens	S	$1\ S = 1\ \Omega^{-1}$
Capacité	Farad	F	

LES SYMBOLES ÉLECTRIQUES

Générateur de tension continue		Générateur de tension alternative	
Générateur idéal de tension		Résistance variable	
Conducteur ohmique		Rhéostat	
Potentiomètre		Interrupteur	
Masse		Transistor NPN	
Condensateur		Lampe témoin	
Diode		Électrolyseur	
Amplificateur opérationnel		Diode Zener	
Voltmètre		Ampèremètre	
Thermistance		Photorésistance (LDR)	

5 ESPACE CHAMP ÉLECTROSTATIQUE

OBJECTIFS

- Connaître la relation entre le champ et la force électrique.
- Reconnaître un champ électrostatique uniforme.
- Déterminer le champ électrostatique créé en un point de l'espace par une charge ponctuelle.

L'ESSENTIEL

- Un corps chargé produit un champ électrostatique dans l'espace qui l'entoure.
- Une charge q placée en un point P d'un champ électrostatique $\vec{E}_P$ est soumise à la force électrostatique $\vec{F}$ telle que :

$$\boxed{\vec{E}_P = \frac{\vec{F}}{q}}$$

Caractéristiques du champ électrostatique $\vec{E}_P$.

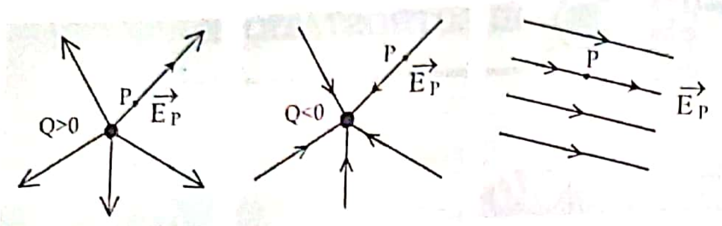
- direction : celle de la force $\vec{F}$
- sens :

  si $q > 0$; $\vec{F}$ et $\vec{E}_P$ sont de même sens.

  si $q < 0$; $\vec{F}$ et $\vec{E}_P$ sont de sens contraires.
- intensité :

$$\boxed{E_P = \frac{F}{|q|}} \quad \begin{cases} F \text{ en N} \\ q \text{ en C} \\ E_P \text{ en V.m}^{-1} \end{cases}$$

- Quelques exemples de spectres électrostatiques



Les lignes de champ sont orientées vers l'extérieur. Le champ est centrifuge.

Les lignes de champ sont orientées vers l'intérieur. Le champ est centripète.

Les lignes de champ sont parallèles. Le champ est uniforme.

EXERCICE RÉSOLU

Comment appliquer la relation entre le champ et la force électrostatiques ?

Énoncé

En un point A de l'espace où il règne un champ électrostatique $\vec{E}$ d'intensité $E = 1000\ V.m^{-1}$, on place un ion H_e^{2+}.

1. *Calculer l'intensité de la force électrostatique $\vec{F_e}$ subie par l'ion.*
2. *Représenter les vecteur $\vec{E}$ et $\vec{F_e}$.*

Données : $e = 1{,}6.10^{-19}\ C$

Échelle : $1cm \rightarrow 500\ V.m^{-1}$

$1\ cm \rightarrow 10^{-16}\ N$.

Solution

1. L'intensité de la force électrostatique $\vec{F_e}$ est :

$$F_e = |q|E$$

A.N. : $q = 2e = 2\times 1{,}6.10^{-19} = 3{,}2.10^{-19}\ C.$

$F_e = 3{,}2.10^{-19}\times 1000 = 3{,}2\ .10^{-16}\ N.$

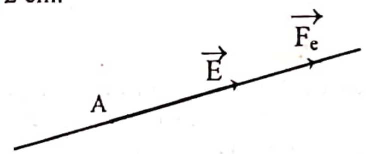
2. Représentation $\vec{E}$ et $\vec{F_e}$.

La force électrostatique $\vec{F_e}$ a pour expression :

$$\vec{F_e} = q.\vec{E}$$

$q > 0$, $\vec{F_e}$ est la direction et le même sens.

Compte tenu de l'échelle, le représentant de $\vec{F_e}$ a pour longueur 3,2 cm et celu de $\vec{E}$, 2 cm.



EXERCE-TOI

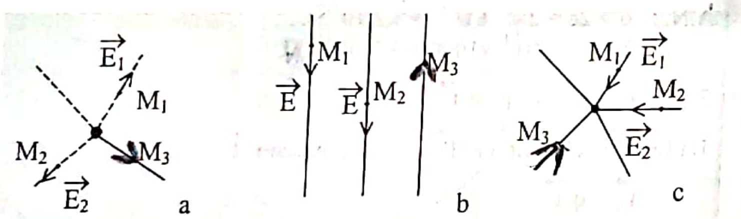
1 Répondre par vrai ou Faux

1. La force électrostatique est une force de contact. vrai
2. La force électrostatique et le champ électrostatique ont toujours la même direction. faux
3. Le champ électrostatique créé par une charge ponctuelle positive est centripète. faux
4. Dans un champ uniforme, les lignes de champ sont perpendiculaires entre elles. faux
5. L'unité du champ électrostatique dans le système international est le volt par mètre ($V.m^{-1}$). vrai

2 Une charge électrique $q = -5.10^{-8}$ C placée en un point B d'un champ électrique subit une force horizontale, dirigée vers la droite.

1. Quelle est la direction et le sens du champ électrostatique $\vec{E}_B$ au point B ?
2. Calculer l'intensité de la force électrostatique $\vec{F}_e$ qui s'exerce sur la charge q sachant que $E_B = 2.10^5\ V.m^{-1}$.

3 Voici quelques spectres de champs électrostatiques :

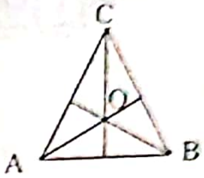


1. Quels sont les spectres correspondant respectivement aux champs créés par une charge ponctuelle négative et par une charge ponctuelle positive ?
2. Quelle est la nature du champ correspondant au spectre b ?
3. Représenter, en respectant l'échelle, le champ électrostatique en chacun des points M_3.

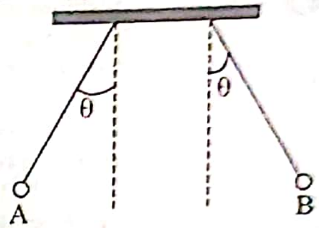
4 La sphère d'un pendule électrostatique de masse 3 g porte une charge de 1 μC. Elle est placée dans un champ électrostatique uniforme horizontal, le fil s'incline d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à la verticale.

Calculer l'intensité du champ électrostatique $\vec{E}$.
Donnée : $g = 10\ m.s^{-2}$.

5 Aux sommets A, B, C d'un triangle équilatéral sont placées trois charges ponctuelles identiques q_A, q_B, q_C positives.
Calculer le champ électrostatique créé au centre O par ces charges ponctuelles.
Donnée : la valeur du champ créé au point O par la charge q_A est $E = 1000\ V.m^{-1}$.

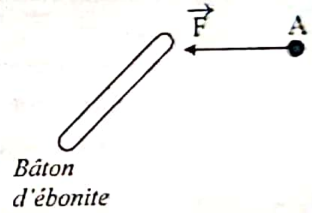


6 Deux pendules électriques identiques, de masse $m = 1$ g portent chacune une charge $q = 2.10^{-8}$ C.
Disposés comme l'indique la figure, ils s'écartent de $\theta = 15°$ de la verticale.



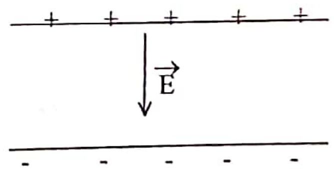
1. Quelles sont les forces qui s'exercent sur chacun des pendules ? Représentez-les.
2. Déterminer l'intensité de la force électrostatique exercée par la charge A sur la charge B.
3. Déterminer les caractéristiques du champ électrique créé en B par la charge A.
   Donnée : g = 10 N/kg.

7 Une charge ponctuelle $q_A = 5$ μC est placée au voisinage d'un bâton d'ébonite chargé.
Le bâton exerce sur la charge ponctuelle une force $\vec{F}$ horizontale telle que $F = 2.10^{-3}$ N.



1. Représenter le vecteur champ électrostatique produit par le bâton d'ébonite en A.
2. Quel est le signe de la charge électrique portée par le bâton ? Justifier la réponse.
3. Dessiner quelques lignes de champ du bâton et les orienter.

8 Afin de déterminer la valeur de la charge élémentaire e, le physicien américain Robert A. Millikan étudia le mouvement de gouttes d'huile dans un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$.



Il observe qu'une goutte d'huile reste immobile pour $E = 29375$ V/m.
Les gouttes sont assimilées à des sphères de rayon $r = 0,9.10^{-6}$ m.
Les gouttes sont assimilées à des sphères de rayon $r = 0,9.10^{-6}$ m.

1. Quel est le signe de la charge portée par la goutte d'huile ?
2. Calculer la valeur de la charge électrique portée par la goutte.
3. Comparez-la à celle de la charge élémentaire e.

Données : masse volumique de l'huile $a = 800$ kg / m^3
$g = 10$ N/kg
$e = 1,6 .10^{-19}$ C.

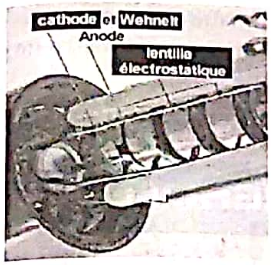
9 Deux charges positives q et 2q sont respectivement placées en deux points A et C de l'espace.
L'intensité de la force exercée par la charge en A sur la charge en C est $F_{A/C} = 4.10^{-5}$ N.

1. Donner la valeur de la force exercée par la charge en C sur la charge en A.
2. Faire un schéma et représenter les 2 forces à l'échelle :
$$2 \text{ cm} \mapsto 10^{-5} \text{ N}$$
3. Représenter les lignes de champ créées par la charge q.

10 En un point A de l'espace, il règne un champ électrique $\vec{E}$. L'intensité du champ $\vec{E}$ est de 500V.m^{-1}.

1. Un ion Al^{3+} placé en A subit une force électrostatique $\vec{F}$.
   - 1.1. Déterminer l'intensité de cette force.
   - 1.2. Représenter $\vec{E}$ et $\vec{F}$ avec des échelles convenablement choisies.
2. Un ion Cl^- est placé en A.
   Déterminer les caractéristiques de la force $\vec{F'}$ qui s'exerce sur l'ion Cl^- considéré comme ponctuel.

6 L'ÉNERGIE POTENTIELLE ÉLECTROSTATIQUE



Un canon à électrons

OBJECTIFS

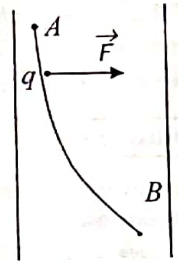
- ✔ *Calculer le travail de la force électrostatique dans un champ uniforme.*
- ✔ *Appliquer la relation* $E = \dfrac{|V_A - V_B|}{d}$
- ✔ *Définir l'énergie potentielle électrostatique.*

L'ESSENTIEL

1. Travail de la force électrostatique

Le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force électrostatique appliquée à une particule de charge q qui passe d'un point A de potentiel V_A à un point B de potentiel V_B ne dépend que de la différence de potentiel $V_A - V_B$ et de la valeur de la charge q :

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = q(V_A - V_B) = qU_{AB}} \qquad \begin{cases} W_{AB} \text{ en J} \\ q \text{ en C} \\ U_{AB} \text{ en V} \end{cases}$$



2. Énergie potentielle électrostatique d'une charge

L'énergie potentielle d'une charge q en un point où le potentiel est V est donnée par :

$$\boxed{E_p = qV + cte}$$

Remarques :

- Le travail de la force électrostatique s'écrit aussi :
  $W_{AB}(\vec{F}) = qV_A - qV_B = E_p(A) - E_p(B)$
- On utilise aussi l'électron-volt comme unité : 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J

3. *Champ électrostatique uniforme*

- Dans un champ électrique, le vecteur champ électrostatique est orienté du plus grand potentiel vers le plus petit potentiel :

  le champ a donc le sens des potentiels décroissants.
- L'intensité du champ électrostatique $\vec{E}$ entre les armatures d'un condensateur plan est :

$$\boxed{E = \frac{U}{d}} \quad \begin{cases} U : \text{tension entre les armatures en volt (V)} \\ d : \text{distance entre les armatures en mètre (m)} \\ E : \text{en V/m.} \end{cases}$$

EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment calculer le travail d'une force électrostatique dans un champ uniforme ?

Énoncé

On applique une tension $U_{PN} = 1000$ V entre les armatures P et N d'un condensateur plan.
Calculer en joule puis en eV le travail de la force électrostatique exercée sur les particules H^+, Br^-, He^{2+} lorsqu'elles passent de la plaque P à la plaque N.

Solution

Le travail de la force électrostatique pour un déplacement de la cathode à l'anode est :

$$W_{PN}(\vec{F}) = q(V_P - V_N) = qU_{PN}$$

$1 \text{ eV} = 1{,}6.10^{-19}$ J

Particules	H^+	Br^-	He^{2+}
Charge	e	−e	2e
Travail de la force électrostatique en Joule	$1{,}6.10^{-16}$ J	$-1{,}6.10^{-16}$ J	$3{,}2.10^{-16}$ J
Travail de la force électrostatique en eV	1000 eV	− 1000 eV	2000 eV

2 Comment appliquer la relation $E = \frac{U}{d}$?

Énoncé

La différence de potentiel entre les armatures A et B d'un condensateur plan, distantes de d = 1 cm est $U_{AB} = 500$ V.

1. *Calculer la valeur du champ électrostatique $\vec{E}$ qui règne entre ces armatures.*
2. *Faire un schéma du dispositif et représenter la champ électrostatique $\vec{E}$.*

Solution

1. L'intensité du champ électrostatique $\vec{E}$ qui règne entre les armatures est

$$E = \frac{U_{AB}}{d}$$

A.N. : $E = \frac{500}{10^{-2}}$

$E = 5.10^4$ V/m.

2. $V_A > V_B$ car $U_{AB} > 0$.

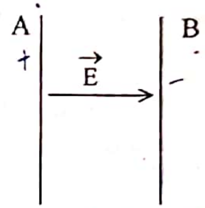


Schéma du dispositif.

$\vec{E}$ est donc orienté de l'armature A vers l'armature B.

EXERCE-TOI

1 Les affirmations suivantes sont -elles vraies ou fausses ?

1. Le champ électrostatique entre les armatures d'un condensateur plan est : $E = U \times d$.
2. Le travail de la force électrostatique exercée sur une charge q qui se déplace de A où le potentiel est V_A, en B où le potentiel est V_B est : $W_{AB}(\vec{F_e}) = q(V_A - V_B)$.
3. L'électron-volt est aussi une unité d'énergie.
4. L'énergie mécanique d'une particule chargée qui se déplace sans frottement dans un champ électrostatique est constante.

2 On applique une tension $U_{AB} = 100$ V entre les armatures A et B d'un condensateur plan.
Calculer le travail de la force électrostatique exercée sur un électron, un ion sulfate SO_4^{2-}, un ion aluminium Al^{3+}, lorsque ces particules passent de la plaque A à la plaque B.
Donnée : $e = 1{,}6\ 10^{-19}$C.

3 Un électron est émis sans vitesse initiale de la cathode C d'un canon à électrons. La tension entre l'anode et la cathode est $U_{AC} = 1000$ V.
La distance entre ces deux plaques parallèles est $d = 3$ cm.

1. Faire un schéma du dispositif et représenter le champ électrostatique $\vec{E}$ et la force électrostatique $\vec{F}$ agissant sur l'électron.
2. Calculer la valeur du champ $\vec{E}$.
3. L'électron se déplace de la cathode à l'anode. Calculer le travail de la force électrostatique $\vec{F}$ au cours de ce déplacement.
4. Calculer la valeur de la vitesse de l'électron à son arrivée sur l'anode.

Données : masse de l'électron : $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg
charge de l'électron : $q = -1{,}6.10^{-19}$ C $= -e$
intensité de la pesanteur : $g = 10$ N/kg.

4 Dans une région de l'espace règne un champ électrostatique uniforme $\vec{E} = 5.10^4\,\vec{i}$.
E est en volt par mètre et $(O, \vec{i}, \vec{j})$ est un repère orthonormé.
Calculer la différence de potentiel entre les points A (1 cm , 2 cm) et B (5 cm , – 2 cm).

5 Dans un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ se trouvent deux plaques métalliques.
L'une, P, confondue avec le plan horizontal passant par O, l'autre, N, confondue avec le plan horizontal d'ordonnée $y = 4$ cm. La différence de potentiel entre les plaques est $V_P - V_N = 400$ V. La longueur des plaques est $\ell = 5$ cm.

1. Calculer la valeur du champ électrostatique $\vec{E}$ qui règne à l'intérieur des plaques .
2. Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, représenter :
   - les plaques P et N,
   - le champ électrostatique $\vec{E}$,
   - les lignes équipotentielles du champ passant par les points A (1 cm ; 0) ; B (2 cm ; 3 cm).
3. Calculer le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur un proton H^+ lorsqu'il passe de A à un point C (1 cm ; 4 cm).
4. Calculer la vitesse du proton en C sachant que la vitesse en A est $\vec{v_A} = 10^5\,\vec{j}$ (v_A en m/s).

Données : $g = 10$ N/kg ; $e = 1{,}6\ 10^{-19}$ C ; $m_{H^+} = 1{,}67.10^{-27}$ kg.

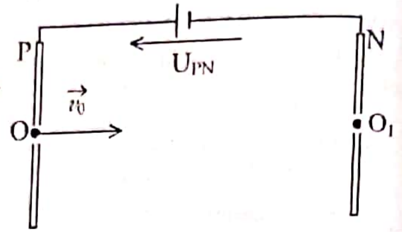
6 Un noyau d'hélium He^{2+} se déplace de A en B.
$V_A - V_B = 2000$ V. Sa vitesse en A est nulle.
Calculer son énergie cinétique en B.
Calculer sa vitesse en B.
$e = 1{,}6\ 10^{-19}$ C ; $m_{He^{2+}} = 6{,}68\ 10^{-27}$ kg.

7 Un condensateur est constitué de deux plaques métalliques A et B, verticales, distantes de $d = 10$ cm. On y applique une tension $U_{AB} = -1000$ V entre ces plaques.

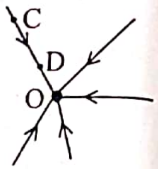
1. Faire un schéma du dispositif et représenter les lignes de champ orientées.
2. Calculer l'intensité du champ électrostatique régnant entre les armatures.
3. Entre ces plaques, on introduit un pendule électrostatique dont la boule porte la charge $q = 0{,}5$ µC.

Le pendule s'incline de 20° par rapport à la verticale.
Calculer la masse de la boule.
Données : $g = 10$N/kg.

8 Un ion hélium He^{2+} de masse m animé d'une vitesse $\vec{v_0}$ horizontale pénètre entre deux plaques parallèles P et N verticales distantes de 10 cm entre lesquelles est appliquée la tension U_{PN}.
Il se déplace du point O au point O_1.
Calculer la valeur de la tension U_{PN} sachant que la vitesse de l'ion en O_1 est $v_1 = 2.10^6$ m/s.
Données : $v_0 = 1{,}5.10^6$ m/s.
$m = 6{,}68.10^{-27}$ kg.
$e = 1{,}6.10^{-19}$ C.



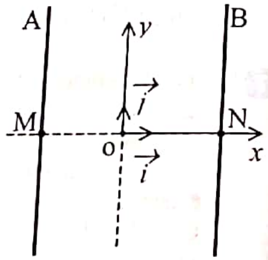
9 Une charge ponctuelle q_A est placée en O.
On a dessiné quelques lignes du champ électrostatique produit par cette charge.



1. Déterminer le signe de q_A.
2. Comparer les potentiels électriques V_C et V_D aux points C et D.
3. Calculer l'énergie potentielle d'un proton que l'on place successivement en C et D en prenant pour origine des potentiels le point O.
   On donne $V_C - V_O = 3(V_C - V_D) = 9$ V.
4. Calculer le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur un électron lorsqu'il se déplace du point C au point D.

Données : e = 1,6 10^{-19} C.

10 La différence de potentiel existant entre les plaques A et B chargées, de charges égales et de signes contraires est $V_A - V_B = -1500$ V.
La distance entre ces plaques est $d = 3$ cm.



Soit le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ orthonormé où O est équidistant des plaques A et B ;

1. Soient M un point de la plaque A,
   N un point de la plaque B (voir figure).
   Déterminer V_M et V_N, O étant pris comme origine des potentiels.
2. Une charge q est placée en un point P (x, y) entre ces plaques.
   Exprimer l'énergie potentielle en fonction de x et y.

Donnée : $q = -3.10^{-6}$ C.

7 PUISSANCE ET ÉNERGIE ÉLECTRIQUES

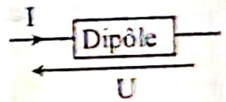
Un scooter électrique

OBJECTIFS

- *Appliquer la loi d'ohm à des récepteurs et des générateurs.*
- *Calculer la puissance et l'énergie électriques reçues ou fournies par un dipôle.*
- *Calculer le rendement d'un dispositif électrique.*

L'ESSENTIEL

- Un récepteur est un convertisseur d'énergie électrique en d'autres formes d'énergie (mécanique , chimique , thermique ...).
- Un générateur est un convertisseur d'énergie chimique , mécanique ou lumineuse en énergie électrique.
- La puissance reçue ou fournie par un dipôle est :



$$\boxed{P = U \times I} \quad \begin{cases} U \text{ en V} \\ I \text{ en A} \\ P \text{ en W} \end{cases}$$

- L'énergie électrique reçue ou fournie pendant une durée $\Delta t > 0$ est :

$$\boxed{W = P \times \Delta t = U \times I \times \Delta t} \quad \begin{cases} P \text{ en W} \\ W \text{ en J} \\ \Delta t \text{ en s} \end{cases}$$

On utilise aussi le kilowattheure (kWh)
1 kWh = $3{,}6.10^6$ J.

- Le rendement pour une transformation d'énergie est :

$$\boxed{\eta = \frac{P_u}{P_r} \leqslant 1} \quad \begin{cases} P_u : \text{puissance utile} \\ P_r : \text{puissance reçue} \end{cases}$$

Tableau récapitulatif des différentes expressions de l'énergie électrique

Dipôle	Loi d'Ohm	Bilan des puissances	Rendement
Conducteur ohmique	$U_{AB} = RI$	$P_e = RI^2$ → Cond. ohmique → $P_{th} = RI^2$	$\eta = 1$
Moteur	$U_{AB} = E' + r'I$	$P_e = E'I + r'I^2$ → Moteur → Puissance utile $P_m = E'I$; $P_{th} = r'I^2$	$\eta = \frac{E'I}{E'I + r'I^2}$
Électrolyseur	$U_{AB} = E' + r'I$	$P_e = E'I + r'I^2$ → Électrol. → Puissance utile $P_{Ch} = E'I$; $P_{th} = r'I^2$	$\eta = \frac{E'I}{E'I + r'I^2}$
Générateur	$U_{AB} = E - rI$	$P_C = EI$ → Générat. → Puissance utile, $P_f = EI - rI^2$; $P_{th} = rI^2$	$\eta = \frac{EI - rI^2}{EI}$

P_e : puissance électrique reçue
P_{th} : puissance perdue par effet joule
P_m : puissance mécanique
P_c : puissance chimique
P_f : puissance électrique fournie au circuit

E : force électromotrice
E' : force contre électromotrice
r : résistance interne
r' : résistance interne

- Loi de Pouillet (dans un circuit série) $I = \frac{\Sigma E - \Sigma E'}{\Sigma R}$ $\begin{cases} E \text{ en V} \\ E' \text{ en V} \\ R \text{ en } \Omega \end{cases}$

EXERCICES RÉSOLUS

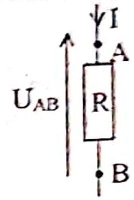
1 Comment calculer la puissance et l'énergie électriques reçues par un conducteur ohmique ?

Énoncé

Un conducteur ohmique de résistance $R = 20\ \Omega$ est traversé par un courant électrique d'intensité $I = 0{,}5$ A.
1. *Calculer la puissance électrique reçue.*
2. *Calculer l'énergie électrique reçue pendant 10 minutes.*
3. *Sous quelle forme est convertie cette énergie ?*

Solution

1. La puissance électrique reçue par le conducteur ohmique est :
   $P_e = U_{AB} \times I$ avec $U_{AB} = RI$
   $P_e = RI^2$
   A.N. : $P_e = 20 \times (0{,}5)^2$
   $P_e = 5$ W.



2. L'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique est
   $W_e = P_e \times \Delta t$ avec $\Delta t = 600$ s
   A.N. : $W_e = 5 \times 600$
   $W_e = 3000$ J.
3. Cette énergie est dissipée sous forme de chaleur par effet joule.

2 Comment calculer la puissance et l'énergie électriques échangées par un électrolyseur ?

Énoncé

Un électrolyseur de f.c.é.m. $E' = 2$ V et de résistance $r' = 5\ \Omega$ est parcourue par un courant d'intensité $I = 0{,}5$ A ;
1. *Calculer la puissance électrique reçue.*
2. *Calculer la puissance chimique produite dans l'électrolyseur.*
3. *Calculer la puissance perdue par effet joule.*
4. *Calculer le rendement de l'électrolyseur.*

Solution

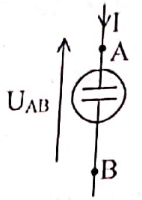
1. La puissance électrique reçue par l'électrolyseur est :
   $P_e = U_{AB}I$ avec $U_{AB} = E' + r'I$
   $P_e = E'I + r'I^2$
   A.N. : $P_e = (2 \times 0{,}5) + [5 \times (0{,}5)^2]$
   $P_e = 2{,}25$ W.

2. La puissance chimique produite dans l'électrolyseur est :

$P_C = E'I$

A.N. : $P_C = 2 \times 0{,}5$

$P_C = 1$ W.



3. La puissance perdue par effet joule est :

$P_{th} = r'I^2$

A.N. : $P_{th} = 5 \times (0{,}5)^2$

$P_{th} = 1{,}25$ W.

4. Le rendement de l'électrolyseur est :

$$\eta = \frac{P_u}{P_e} = \frac{P_C}{P_e}$$

A.N. : $\eta = \frac{1}{2{,}25}$

$\eta = 0{,}4 = \frac{40}{100}$ soit 40%.

3 Comment calculer la puissance et l'énergie électriques échangées par un générateur ?

Énoncé

Une pile de 4,5 V débite un courant d'intensité I = 0,1 A.

1. *Calculer la puissance électrique fournie par la pile.*
2. *Calculer l'énergie qu'elle fournit en 15 minutes.*
3. *Sachant que la résistance interne de la pile est r = 2 Ω, calculer la puissance dissipée par effet joule.*
4. *Calculer le rendement de cette pile.*

Solution

1. La puissance électrique fournie par la pile est :

$P_f = U_{PN} \times I$ avec $U_{PN} = E - rI$

$P_f = E.I - rI^2$

A.N. : $P_f = (4{,}5 \times 0{,}1) - 2 \times (0{,}1)^2 = 0{,}43$ W.

2. L'énergie électrique fournie en 15 minutes est :

$W_f = P_f \times \Delta t$ avec $\Delta t = 900$ s

A.N. : $W_f = 0{,}43 \times 900$; $W_f = 387$ J

La puissance dissipée par effet joule est :

$P_{th} = rI^2$

A.N. : $P_{th} = 2 \times (0{,}1)^2 = 0{,}02$ W.

3. Le rendement de cette transformation est : $\eta = \frac{P_u}{P_e} = \frac{P_f}{P_c}$ avec

$P_C = EI = 4{,}5 \times 0{,}1 = 0{,}45$ W

A.N. : $\eta = \frac{0{,}43}{0{,}45} = 0{,}95$ soit $\eta = 95\%$.

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux.
1. L'allume-cigare d'une automobile est un convertisseur d'énergie électrique en chaleur.
2. Un moteur électrique transforme toute l'énergie électrique reçue en énergie mécanique.
3. L'effet joule existe dans tout conducteur métallique parcouru par un courant.
4. La tension aux bornes d'un électrolyseur (E', r') est $U = E' - r'I$.

2 Un conducteur ohmique de résistance 2 Ω est soumis à une différence de potentiel constante de 14 V.
1. Calculer l'intensité du courant électrique qui le traverse.
2. Calculer la puissance électrique consommée par ce dipôle.
3. Calculer la quantité d'énergie électrique consommée pendant 10 minutes.

3 Un fer à repasser d'une puissance 0,8 kW fonctionne pendant 2 heures.
1. Calculer l'énergie consommée en kWh, et en joules.
2. Sous quelle forme est transformée cette énergie ?

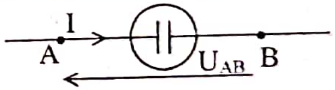
4 Un moteur électrique absorbe en régime permanent une puissance électrique $P_e = 3{,}75$ kW.
Le rendement du moteur est $\eta = 0{,}92$.
1. Calculer la puissance mécanique utile.
2. Calculer la puissance perdue par effet joule.
3. Calculer l'énergie dissipée par effet joule pendant 5 heures.

5 Une voiturette à pile est formée d'un circuit électrique comprenant une pile et un petit moteur de f.c.é.m. E' = 2 V et de résistance interne r' = 0,12 Ω.
La pile a une f.é.m. E = 4,5 V et une résistance r = 1 Ω.
1. Calculer l'intensité du courant qui circule dans ce circuit.
2. Calculer la puissance mécanique fournie par le moteur.

6 Afin d'étudier un électrolyseur AB, on réalise les mesures (U_{AB}, I) suivantes :

U_{AB} (V)	2,75	2,85	2,95	3,10	3,20	3,27	3,40	3,50	3,63	3,70
I (mA)	2	5	10	19	30	40	60	70	90	100

1. Tracer la caractéristique $U_{AB} = f(I)$
Échelle : 1cm → 10 mA
1cm → 0,5 V



2. Donner l'expression de la tension U_{AB} aux bornes d'un électrolyseur.
3. Sur quel domaine de fonctionnement cette relation est-elle applicable ?
4. Déterminer graphiquement la f.c.é.m et la résistance r de l'électrolyseur.

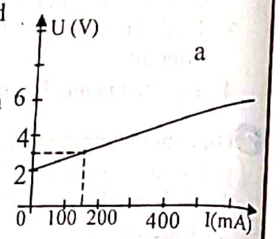
7 Un circuit série comprend :

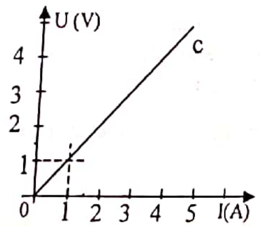
- une pile de f.é.m. $E = 4{,}5$ V et de résistance interne $r = 1\ \Omega$,
- un moteur de f.c.é.m. $E' = 2{,}5$ V et de résistance $r' = 1{,}5\ \Omega$,
- un conducteur ohmique de résistance $R = 7{,}5\ \Omega$.

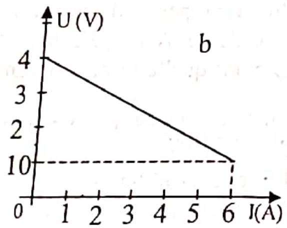
1. Calculer l'intensité du courant dans le circuit.
2. Faire le bilan des puissances échangées par les différents dipôles.

8 Parmi les courbes suivantes, laquelle correspond à la caractéristique $U = f(I)$ d'un générateur de tension.

1. Déterminer graphiquement la f.é.m. E et la résistance interne r du générateur.
2. Le générateur est monté en série avec des dipôles. L'intensité du courant qui traverse le circuit est $I = 1$A. Calculer la puissance fournie par le générateur au reste du circuit.

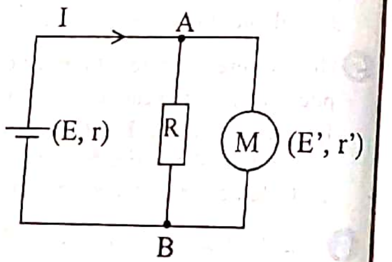




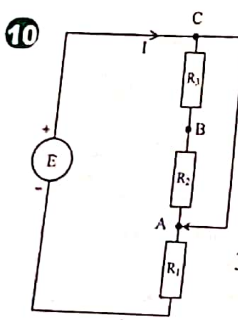


9 On considère le montage ci-contre.
Données : $E = 8$ V ; $r = 2\ \Omega$;
$R = 5\ \Omega$; $E' = 2$V; $r' = 1\ \Omega$.

1. Calculer l'intensité du courant dans chacune des branches.
2. Calculer la puissance fournie par le générateur au reste du circuit.
3. Calculer le rendement du moteur.



10



On considère le montage ci-contre.
On donne : $E = 100$V ; $R_1 = 10\Omega$.

1. Calculer la puissance électrique consommée P_e lorsque le curseur est en A .
2. Calculer la résistance R_2 pour obtenir une puissance consommée égale à $P_e/2$ lorsque le curseur est en B.
3. Calculer la résistance R_3 pour obtenir une puissance consommée égale à $P_e/4$ lorsque le curseur est en C.

8 LES CONDENSATEURS

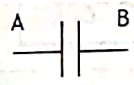
OBJECTIFS

- *Déterminer les caractéristiques d'un condensateur.*
- *Appliquer les lois d'association des condensateurs.*
- *Calculer l'énergie stockée par un condensateur.*

L'ESSENTIEL

1. Définition et caractéristiques

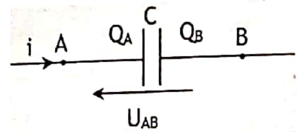
- Un condensateur est constitué de deux armatures conductrices séparées par un isolant ou diélectrique.



symbole

- Lorsque la tension entre les armatures est $U_{AB} = V_A - V_B$, l'armature A porte la charge $Q_A = CU_{AB}$ et l'armature B porte la charge $Q_B = -Q_A$.

$$\boxed{Q_A = CU_{AB}}$$



- La capacité d'un condensateur plan dont le diélectrique est le vide ou l'air est :

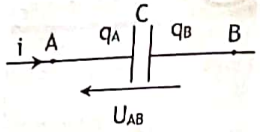
$$\boxed{C = \varepsilon_0 \frac{s}{d}}$$

C en Farad (F)
s : surface d'une armature en m²
d : épaisseur du diélectrique en m
$\varepsilon_0 = \dfrac{1}{36\pi\times10^9}$: permittivité du vide (F/m)

2. *Propriétés*

- L'intensité du courant électrique est proportionnelle à la dérivée de la tension aux bornes du condensateur.

$$\boxed{i = \frac{dq_A}{dt} = c\,\frac{dU_{AB}}{dt}}$$

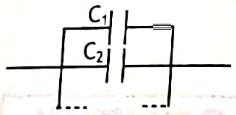


- L'énergie électrique stockée par un condensateur est :

$$\boxed{W = \frac{1}{2}CU_{AB}^2 = \frac{1}{2}QU_{AB} = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}}$$

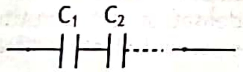
- Condensateurs en dérivation.
  La capacité équivalente est égale à la somme des capacités en parallèle.

$$\boxed{C_{éq} = C_1 + C_2 + \dots}$$



- Condensateurs en série
  L'inverse de la capacité équivalente est à la somme des inverses des capacités en série.

$$\boxed{\frac{1}{C_{éq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots}$$



EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment déterminer les caractéristiques d'un condensateur ?

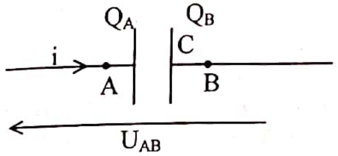
Énoncé

On applique aux bornes d'un condensateur de capacité $C = 1\mu F$ une tension $U_{AB} = 6\ V$.

1. *Représenter le schéma du condensateur ; faire figurer la tension U_{AB}, les charges portées par chacune des armatures.*
2. *Calculer la charge portée par chacune des armatures.*

Solution

1. Schéma du condensateur



$Q_B = -Q_A$

2. La charge portée par l'armature A est :
   $Q_A = CU_{AB}$ avec $C = 1\mu F = 10^{-6}F$.
   A.N. : $Q_A = 10^{-6} \times 6 = 6.10^{-6}\,C$
   La charge portée par l'armature B est :
   $Q_B = -Q_A = -6.10^{-6}\,C$.

2 Comment calculer l'énergie stockée dans un condensateur ?

Énoncé

Un condensateur de capacité $C = 4,7\ \mu F$ présente entre ses bornes, une tension $U_{AB} = 5V$.

1. *Calculer l'énergie électrique emmagasinée par ce condensateur.*
2. *Calculer la quantité d'électricité portée par chacune de ses armatures.*

Solution

1. L'énergie électrique emmagasinée est :

$W = \frac{1}{2}\ CU^2$

A.N. : $W = \frac{1}{2} \times 4{,}7.10^{-6} \times (5)^2$

$W = 5{,}8.10^{-5}$ J.

2. La quantité d'électricité portée par chacune de ses armatures.

$Q = C \times U$ avec $Q = |Q_A| = |Q_B|$

A.N. : $Q = 4{,}7.10^{-6} \times 5$

$Q = 2{,}35.10^{-5}$ C.

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux.

1. Le milieu situé entre les armatures d'un condensateur est isolant.
2. Les armatures d'un condensateur sont isolantes.
3. L'unité de la capacité d'un condensateur est le volt.
4. L'énergie emmagasinée dans un condensateur est $W = \frac{1}{2}\ CU^2$.
5. La somme des charges électriques portées par l'ensemble des deux armatures d'un condensateur est nulle.

2 Un condensateur de capacité $C = 1\mu F$ est chargé sous une tension $U = 9$ V.

1. Calculer la charge Q de ce condensateur.
2. Calculer l'énergie stockée dans ce condensateur.

3 Un condensateur plan est constitué de deux armatures identiques circulaires de rayon $r = 2$ cm, séparées par de l'air. La distance entre les armatures est $d = 1{,}5$ mm.

On charge ce condensateur sous une tension de 20 V.

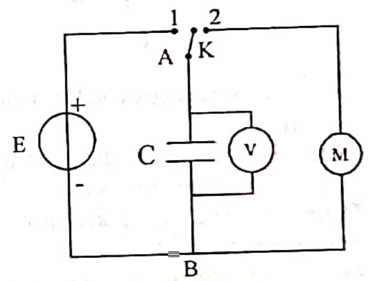
1. Calculer la capacité du condensateur.
2. Calculer la charge de ce condensateur et l'énergie emmagasinée.
3. Donner les caractéristiques du champ électrostatique qui règne alors entre ces armatures.

On donne : surface d'un disque : $s = \pi r^2$

$\varepsilon_0 = 8{,}85.10^{-12}$ F/m.

4 On dispose d'un générateur idéal de tension de f.é.m. $E = 4{,}5$ V, d'un condensateur de capacité $C = 1$ mF et d'un moteur M.

On réalise le montage suivant :



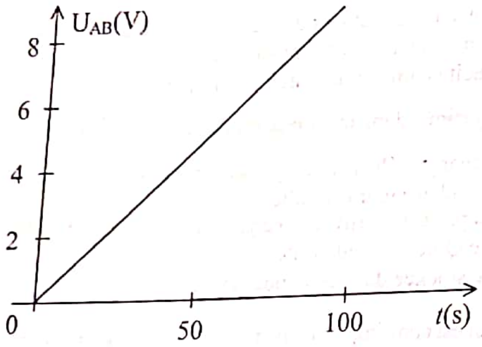
Le commutateur K est en position 1.

1. Que se passe-t-il au niveau du condensateur ?
2. Calculer l'énergie stockée par le condensateur en fin de charge.

Le commutateur K est en position 2. Le moteur se met en marche.

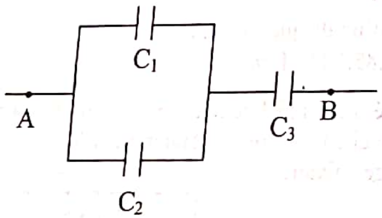
1. Pourquoi le moteur se met-il en marche ?
2. Lorsqu'il s'arrête, le voltmètre indique $U = 2$ V.
   Déterminer l'énergie transférée au moteur.

5 Au cours de l'étude de la charge d'un condensateur à intensité constante $I = 0{,}5$ mA, on a tracé la courbe donnant la tension U_{AB} aux bornes du condensateur en fonction du temps t.



1. Faire le schéma du montage.
2. Établir la relation entre I, t, C et U_{AB}.
3. Déterminer la valeur de la capacité C du condensateur.

6 Calculer la capacité du condensateur équivalent à l'association suivante.
On donne : $C_1 = 1\ \mu F$; $C_2 = 2\ \mu F$; $C_3 = 4\ \mu F$.



7 On associe en série deux condensateurs de capacité $C_1 = 100\ \mu$F et $C_2 = 22\ \mu$F.

1. Déterminer la capacité du condensateur équivalent.

On charge l'association sous une tension de 20 V.

2. Déterminer la charge portée par chaque condensateur, ainsi que celle portée par l'association.
3. On souhaite obtenir une capacité équivalente de 122μF. Comment doit-on procéder ?

8 La fiche technique d'un flash photographique donne les indications suivantes :

Alimentation	4 piles $U_0 = 1{,}5$V
Durée entre 2 éclairs	$\Delta t = 7$ s
Durée de l'éclair	$\Delta t' = 10^{-3}$ s
Durée de vie des piles	200 éclairs

L'énergie disponible au niveau de chaque pile est $W_0 = 10^3$ J.
Ces piles, montées en série, permettent de charger un condensateur qui à son tour alimente l'ampoule du flash.

1. Calculer l'énergie d'alimentation du flash.
2. Calculer l'énergie libérée par l'alimentation lors d'un éclair.
3. Calculer la capacité du condensateur sachant que l'énergie emmagasinée par celui-ci est la moitié de celle cédée par les piles.
4. Calculer la puissance électrique libérée lors d'un éclair. Expliquer pourquoi la lampe émet un flash lumineux intense.

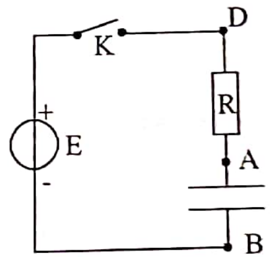
9 Entre les armatures A et B d'un condensateur plan de surface $S = 10$ cm², distantes de 3 mm, on applique une tension $U_{AB} = 200$ V.

1. Calculer la capacité du condensateur sachant que le diélectrique est l'air.
2. Calculer la charge du condensateur.
3. Calculer la valeur du champ électrostatique qui règne entre les armatures du condensateur.

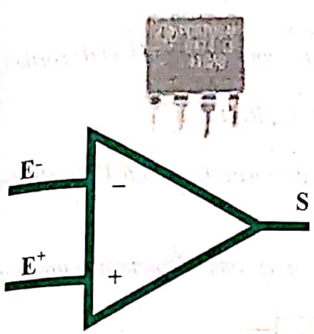
10 Le circuit schématisé ci-contre est constitué par :

- un générateur idéal de tension de f.é.m. $E = 7{,}6$ V,
- un condensateur de capacité $C = 4{,}7\ \mu$F,
- un conducteur ohmique de résistance $R = 1$ kΩ.

1. Calculer à la fermeture du circuit :
   a. la tension aux bornes du condensateur.
   b. la tension aux bornes du conducteur ohmique.
   c. L'intensité du courant dans le circuit.
2. Calculer en fin de charge :
   a. la tension aux bornes du conducteur ohmique,
   b. la tension aux bornes du condensateur,
   c. l'énergie emmagasinée par le condensateur.



9 L'AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL



OBJECTIFS

- *Connaître les propriétés d'un amplificateur opérationnel idéal.*
- *Déterminer le gain en tension d'un amplificateur opérationnel fonctionnant en régime linéaire.*

L'ESSENTIEL

- L'amplificateur opérationnel (AO) est un circuit intégré possédant :
  - deux entrées (E^+ entrée non inverseuse et E^- entrée inverseuse),
  - une sortie.

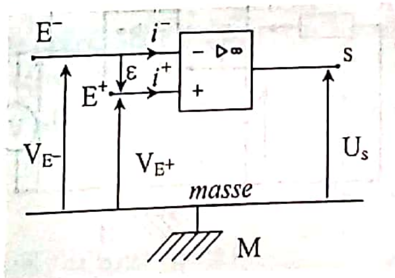
Son fonctionnement nécessite une alimentation symétrique.

- Pour un AO idéal (parfait) :
  - les courants d'entrée sont toujours nuls :

    $I^- = I^+ = 0$
- En régime linéaire : $\varepsilon = U_{E^+E^-} = 0$
- En régime de saturation :

  $\varepsilon \neq 0$ et $U_S = \pm V_{Sat}$
- En régime linéaire, le gain en tension d'un montage avec un AO est :

$$\boxed{G = \frac{U_S}{U_e}}$$



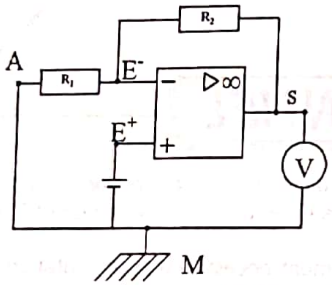
EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment déterminer le gain en tension d'un montage avec AO fonctionnant en régime linéaire ?

Énoncé

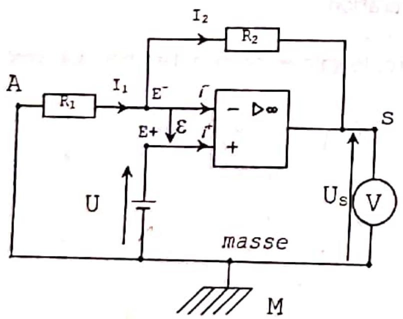
On considère le montage représenté ci-dessous.

1. *Reproduire le schéma et représenter les tensions d'entrée U_e et de sortie U_s.*
2. *On suppose l'AO idéal en régime linéaire.*
   a. *Exprimer la tension U_s en fonction de U_e, R_1 et R_2.*
   b. *Calculer le gain en tension de ce montage.*
   c. *Sur le voltmètre, on lit la tension de sortie $U_s = 4{,}6$ V ; calculer la valeur de la tension d'entrée U_e.*
   Donnée : $R_1 = 10$ kΩ et $R_2 = 20$ kΩ
   d. *Pourquoi ce montage est-il appelé montage amplificateur non inverseur ?*



Solution

1.



2. a.

- Considérons la branche SE^-AM

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{SM} = U_{SE^-} + U_{E^-A} + U_{AM}$

avec $\begin{cases} U_S = U_{SM} \\ U_{SE^-} = -R_2I_2 \text{ et } U_{E^-A} = -R_1I_1 \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{AM} = 0 \end{cases}$

d'où $U_s = -R_2I_2 - R_1I_1$.

La loi des nœuds en E^- s'écrit :

$I_1 = I_2 + I^-$.

Or $I^- = 0$ car l'AO est idéal.

D'où $I_1 = I_2 = I$.

Finalement $U_s = -(R_2 + R_1)I$ (1)

- Considérons ensuite la branche E^+E^-AM

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{E^+M} = U_{E^+E^-} + U_{E^-A} + U_{AM}$

avec $\begin{cases} U_e = U_{E^+M} \\ U_{E^+E^-} = 0 \text{ car l'AO idéal fonctionne en régime linéaire} \\ U_{E^-A} = -R_1I_1 = -R_1I \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{AM} = 0 \end{cases}$

D'où $U_e = -R_1 I$ (2)

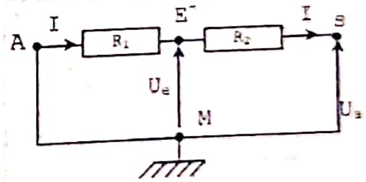
D'après les relations (1) et (2)

$-I = \dfrac{U_e}{R_1} = \dfrac{U_s}{R_1+R_2}$

d'où $U_s = (1 + \dfrac{R_2}{R_1})U_e$

Autre méthode de résolution de la question 2.a

- l'AO étant idéal $I^- = 0$;donc R_1 et R_2 sont traversés par le même courant $I_1 = I_2 = I$.
- $U_{E^-M} = U_{E^-E^+} + U_{E^+M} = U_{E^+M} = U_e$ car $U_{E^-E^+} = 0$ (AO en régime linéaire)
- en tenant compte des résultats précédents, le montage est électriquement équivalent à :



Ue : tension aux bornes de la résistance R_1

Us : tension aux bornes de l'association série R_1 et R_2.

Appliquons donc la formule du diviseur de tension.

On a : $Ue = \frac{R_1}{R_1 + R_2} Us$.

b. le gain en tension de ce montage.

$$G = \frac{Us}{Ue} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

A.N. : $G = 1 + \frac{20}{10} = 3$

c. $Ue = \frac{1}{G} Us$

A.N. : $Ue = \frac{1}{3} \times 4,6$

$Ue \simeq 1,5V$.

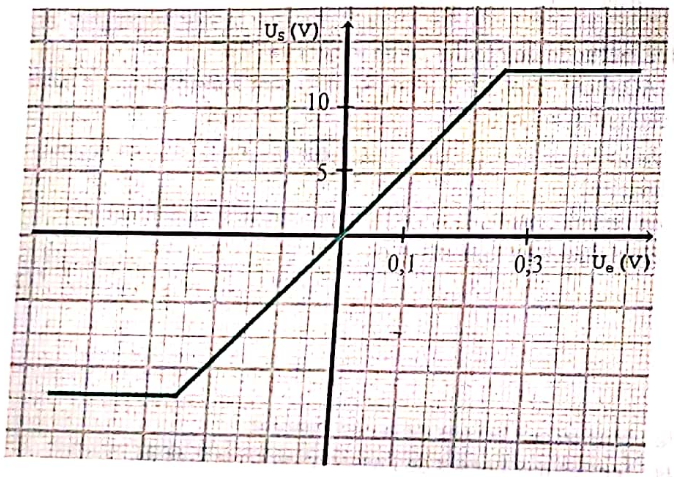
d. G >0 ; Ue et Us sont de même signe. Le montage est un amplificateur non inverseur.

2 Comment déterminer la nature d'un montage à amplificateur opérationnel à partir du graphe Us = f(Ue) ?

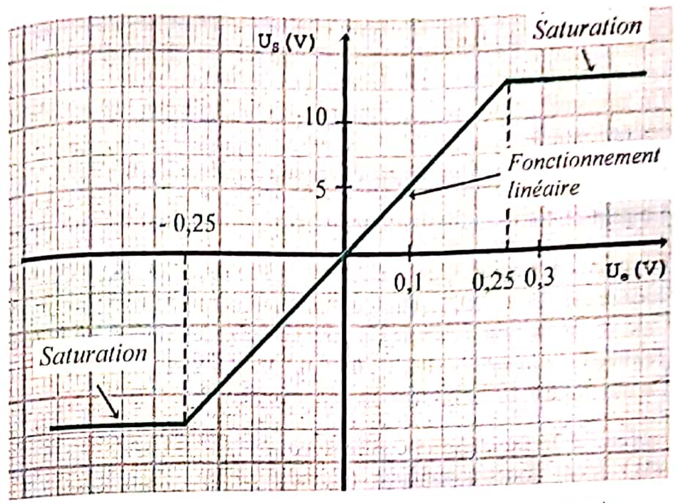
Énoncé

Le graphe $U_s = f(U_e)$ ci-dessous représente la tension de sortie U_s d'un amplificateur opérationnel en fonction de la tension d'entrée U_e.

1. *Quelles sont les valeurs de tensions de saturation ?*
2. *Entre quelles valeurs de U_e l'amplificateur est-il linéaire ?*
3. *Déterminer le gain en tension.*
4. *Ce montage est-il inverseur ou non inverseur ?*



Solution



1. Pour des valeurs de U_e la tension de sortie reste constante L'AO est en régime de saturation graphique $U_s = \pm 12,5V$
2. L'amplificateur fonctionne en régime linéaire pour des valeurs de U_e comprises entre –0,25V et 0,25V. Dans ce domaine U_s est proportionnelle à U_e.
3. Le gain en tension représente la pente du segment de droite du domaine de fonctionnement linéaire.
   Il est déterminé graphiquement à partir des points de coordonnées (0,0) et (0,2 V,10 V)

   $$G = \frac{\Delta U_s}{\Delta U_e} = \frac{10-0}{0,2-0}$$

   D'où $G = \frac{100}{2} = 50.$
4. U_e et U_s sont de même signe, l'amplificateur est non inverseur.

EXERCE-TOI

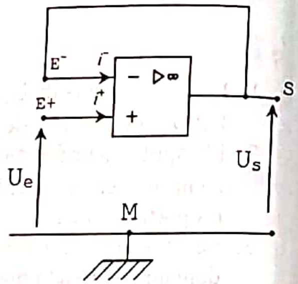
1 Répondre par vrai ou faux

1. Les courants d'entrée de l'AO sont très faibles.
2. Un appareil radio, une guitare électrique utilisent des amplificateurs opérationnels.
3. Pour un AO idéal fonctionnant en régime de saturation $\varepsilon = V_{E^+} - V_{E^-} = 0$.
4. Le gain en tension d'un montage en régime linéaire est : $G = \frac{Ue}{Us}$.

2 1. Le gain en tension d'un montage utilisant un AO idéal en régime linéaire est : $G = -10$. La tension de saturation de l'AO est $Vs = \pm 13$ V. Calculer la tension de sortie Us pour chacune des valeurs de la tension d'entrée Ue suivantes : $-0{,}2$ V ; 0 V ; 0,1 V ; 0,6 V et 2 V.

2. Ce montage est-il inverseur ou non inverseur ?

3 On a réalisé le montage ci-contre avec un AO idéal fonctionnant en régime linéaire.

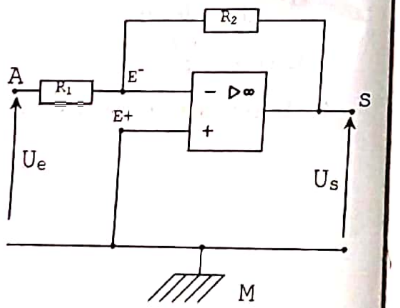


1. Exprimer Us en fonction de Ue.
2. Pourquoi ce montage est-il appelé montage suiveur ?
3. La tension Ue est délivrée par une pile de f.é.m. E = 4,5 V et de résistance interne r = 10 Ω.

Entre S et la masse M, on place un conducteur ohmique de résistance R = 200 Ω.

Déterminer l'intensité du courant circulant dans le conducteur ohmique.

4 Dans le montage ci-contre, l'AO est idéal et fonctionne en régime linéaire. Les conducteurs ohmiques R_1 et R_2 ont pour résistances respectives 1 kΩ et 10 kΩ.



1. Exprimer Us en fonction de Ue, R_1 et R_2.
2. En déduire le gain en tension de ce montage.
3. Pourquoi ce montage est-il appelé montage amplificateur inverseur ?

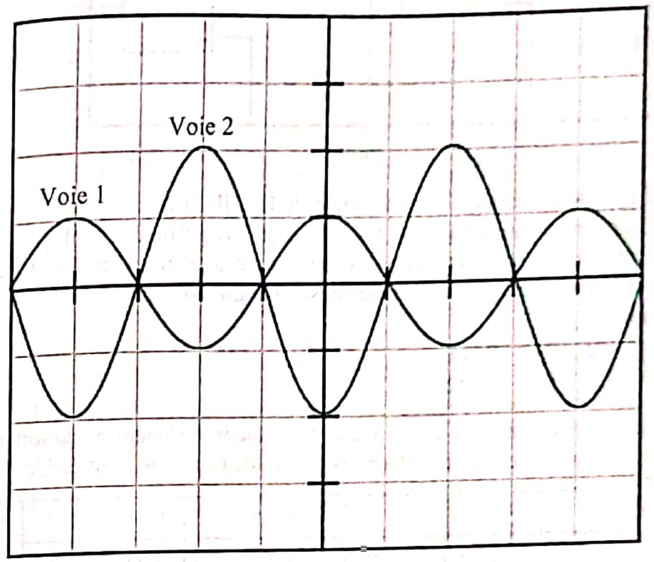
5 On réalise un montage amplificateur à l'aide d'un AO et de 2 conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2. Le conducteur ohmique de résistance R_2 est monté entre la sortie et l'entrée inverseuse de l'AO. Une tension sinusoïdale délivrée par un GBF est appliquée à l'entrée du montage.

La voie 1 visualise la tension d'entrée $u_e(t)$.

La voie 2 visualise la tension de sortie $u_s(t)$.

Données : sensibilité voie 1 : 1V/DIV.

sensibilité voie 2 : 5V/DIV.



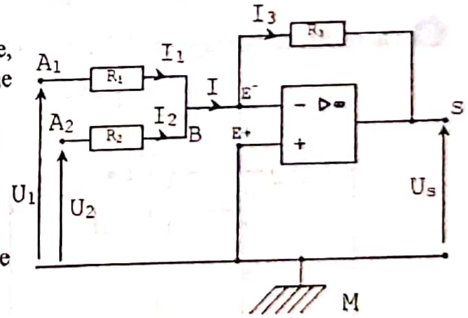
1. Le montage est-il inverseur ou non inverseur ?
2. Déterminer la valeur maximale de chacune des tensions visualisées.
3. En déduire le gain en tension de ce montage et la valeur de R_1 sachant que $R_2 = 1$ kΩ.

6 Dans le montage ci-contre, l'AO est idéal et fonctionne en régime linéaire.

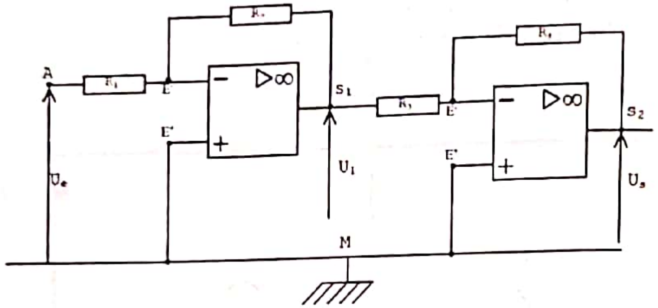
Les résistances sont identiques $R_1 = R_2 = R_3 = R$.

Exprimer Us en fonction de U_1 et U_2.

Justifier le nom du montage sommateur-inverseur.



7 On réalise un montage amplificateur à deux étages, avec deux AO et 4 conducteurs ohmiques de résistances R_1, R_2, R_3, R_4.
Les AO sont idéaux et fonctionnent en régime linéaire.



1. Exprimer la tension U_1 en fonction de Ue, R_2 et R_1.
2. Calculer le gain en tension G_1 de la première partie du montage.
3. Exprimer Us en fonction de U_1 et en déduire la relation entre Us et Ue.
4. Calculer le gain en tension de l'ensemble du montage.

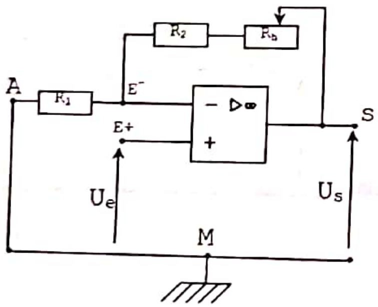
Données :
$R_1 = 2\ k\Omega$ $R_2 = 10\ k\Omega$
$R_3 = 5\ k\Omega$ $R_4 = 30\ k\Omega$.

8 Au cours d'une séance de TP on a relevé les valeurs de la tension de sortie Us d'un amplificateur pour différentes valeurs de la tension d'entrée Ue.

U_e(v)	0	1	1,5	2	2,5	3	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4	4,5
U_s(v)	0	−2	−3	−4	−5,1	−6,1	−6,5	−6,9	−7,1	−7,5	−7,9	−7,9	−7,9

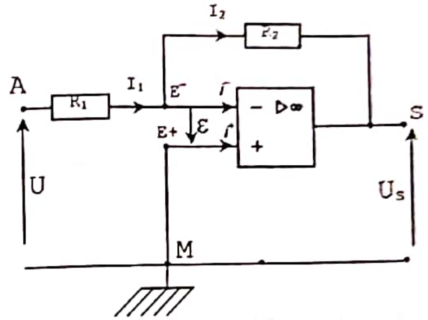
1. Tracer le graphe Us en fonction de Ue.
2. Déterminer le gain en tension de l'amplificateur.
3. Pourquoi peut-on dire qu'il s'agit d'un amplificateur inverseur ?

9 On réalise le montage amplificateur suivant :

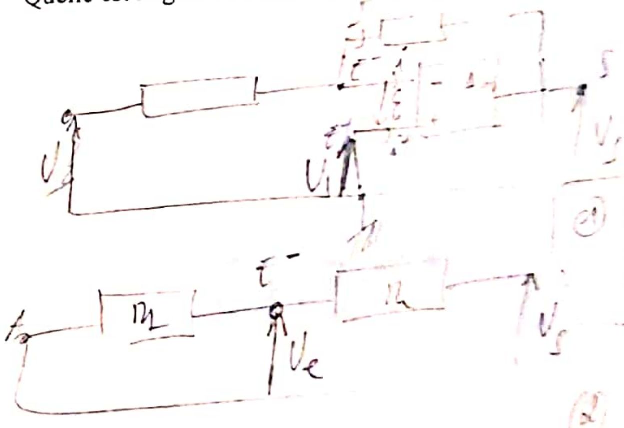


1. Ce montage est-il un amplificateur inverseur ou non-inverseur ?
2. Indiquer le rôle du rhéostat placé en série avec le conducteur ohmique de résistance R_2.
3. Exprimer le gain en tension en fonction de R_1, R_2 et R_3 valeur de la portion de la résistance du rhéostat mise dans le circuit.
4. On donne : $R_1 = 1\ k\Omega$, $R_2 = 3\ k\Omega$; $R_{h\ total} = 10\ k\Omega$.
Entre quelles valeurs extrêmes peut-on ajuster le gain en tension ?

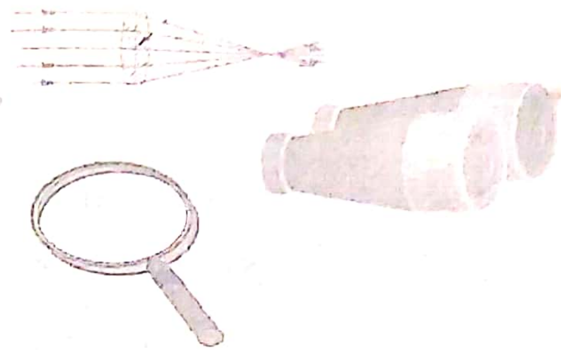
10 Dans le montage ci-dessous, l'AO est idéal et fonctionne en régime linéaire.



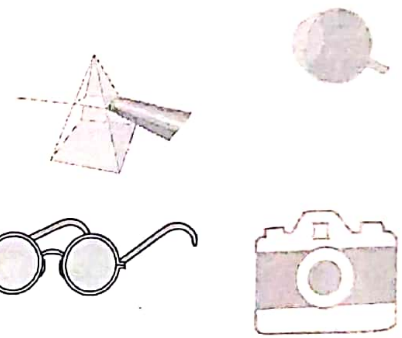
1. Faire le schéma électrique équivalent du montage. En déduire la relation entre Us, Ue, R_1 et R_2.
2. On donne : $R_1 = 10\ k\Omega$ $R_2 = 30\ k\Omega$.
Quelle est le gain en tension du montage ?



TROISIÈME PARTIE



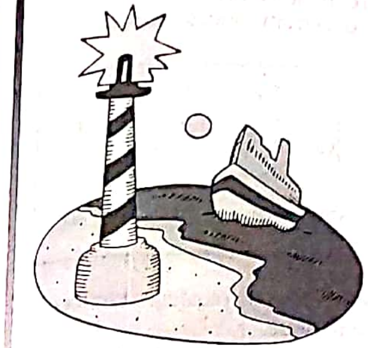
OPTIQUE



LES UNITÉS EN OPTIQUE

Grandeur	Notations	Unité S.I
Longueur d'onde	λ	mètre (m)
Vergence	C	dioptrie (δ)
Distance focale	f	mètre (m)
Période	T	seconde (s)
Fréquence	N	hertz (Hz)
Célérité	c	$m.s^{-1}$

10 ÉMISSION, PROPAGATION ET RÉCEPTION DE LA LUMIÈRE



OBJECTIFS

- *Connaître quelques sources et récepteurs de lumière.*
- *Connaître la nature de la lumière.*
- *Définir l'indice de réfraction d'un milieu.*
- *Savoir que la vitesse de propagation dépend du milieu.*

L'ESSENTIEL

- Il existe 2 types de sources de lumière :
  - les sources primaires de lumière qui produisent la lumière par elles-mêmes : lampe, flamme, étoiles, laser ...
  - les objets diffusants qui renvoient dans toutes les directions une partie de la lumière qu'ils reçoivent d'une source : lune, planète, ...
- Les récepteurs de lumière sont sensibles à la lumière. L'œil, les films photographiques, les végétaux chlorophylliens, les photopiles, les photorésistances ...
- Dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite.
- La vitesse (ou célérité) de la lumière dans le vide et pratiquement dans l'air est : $c = 3.10^8$ m.s^{-1}
- L'indice de réfraction d'un milieu transparent et homogène est :

$$\boxed{n_i = \frac{c}{c_i}} \quad \begin{cases} c\text{: célérité de la lumière dans le vide (m.s}^{-1}\text{)} \\ c_i\text{: célérité de la lumière dans le milieu (m.s}^{-1}\text{)} \\ n_i\text{ : indice de réfraction (sans unité)} \end{cases}$$

- L'année-lumière (a-l) est la distance parcourue dans le vide par la lumière en une année.
  1a-l ≈ 10^{13} km.

- La lumière est une onde lumineuse caractérisée par :
  - sa période T(s),
  - sa longueur d'onde (ou la distance parcourue pendant une période)

$$\boxed{\lambda = c.T \text{ ou } \lambda = \frac{c}{\nu}} \quad \begin{cases} \lambda \text{ en m} \\ c \text{ en m.s}^{-1} \\ \nu : \text{fréquence en Hz} \end{cases}$$

- Classification des ondes lumineuses monochromatiques visibles.

Fréquence ($\times 10^{14}$ Hz)	4	4,9	5,1	5,3	6	6,7	7,5
Couleur	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu	violet	
λ dans le vide en nm	750	610	590	570	500	450	400

- La lumière blanche résulte de la superposition de plusieurs lumières monochromatiques : elle est polychromatique.
- Certains dispositifs permettent de décomposer la lumière blanche; on obtient un spectre continu du rouge au violet.
  ex : Le prisme, le réseau.

EXERCICES RÉSOLUS

1 Distinguer sources et récepteurs de lumière.

Énoncé

Par une nuit de pleine lune, un enfant observe un oiseau perché sur un arbre. Quelle chaîne de lumière peut-on mettre en évidence du soleil à l'enfant ? Préciser les émetteurs et récepteurs de lumière.

Solution

La chaîne de lumière est la suivante :

Soleil → Lune → Oiseau → Les yeux de l'enfant

Source primaire — *1er objet diffusant* — *2e objet diffusant* — *récepteur*

2 Comment évaluer la célérité de la lumière dans un milieu ?

Énoncé

L'indice de réfraction de l'eau est $n_{eau} = 1,33$.
Calculer la vitesse de la lumière dans ce milieu.

Solution

Par définition l'indice de réfraction de l'eau est :

$$n_{eau} = \frac{c}{c_{eau}} \quad \text{avec} \begin{cases} c : \text{vitesse de la lumière dans le vide} \\ c_{eau} : \text{vitesse de la lumière dans l'eau} \end{cases}$$

d'où $c_{eau} = \frac{c}{n_{eau}}$

A.N. : $c_{eau} = \frac{3.10^8}{1,33} = 2,25.10^8 \text{ m.s}^{-1}$

soit $c_{eau} = 2,25.10^5$ km/s.

3 Comment déterminer les caractéristiques d'une onde lumineuse ?

Énoncé

Une radiation lumineuse émise par une lampe à vapeur de mercure a pour longueur d'onde 436 nm dans le vide.

1. *Cette radiation est-elle visible ?*
2. *Quelle est sa couleur ?*
3. *Calculer sa fréquence.*
4. *Calculer la période de cette radiation lumineuse.*

Solution

1. Le domaine des radiations lumineuses visibles est tel que :
$400\ nm \leqslant \lambda \leqslant 750\ nm$.
La radiation émise a pour longueur d'onde $\lambda = 436$ nm, elle est donc visible.
2. La longueur d'onde λ de la radiation est comprise entre 400 nm et 450 nm. Sa couleur est donc violette.
3. La fréquence de la radiation est donnée par la relation :
$\lambda = \frac{c}{\nu}$ d'où $\nu = \frac{c}{\lambda}$
A.N. : $\nu = \frac{3.10^8}{436.10^{-9}}$
$\nu = 6{,}88.10^{14}$ Hz.
4. La période de la radiation lumineuse est :
$T = \frac{1}{\nu}$
A.N. : $T = \frac{1}{6{,}88.10^{14}}$
$T = 1{,}45.10^{-15}$ s.

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux

1. Un corps qui diffuse de la lumière est une source de lumière.
2. La nuit dans le ciel, les planètes sont visibles : elles sont des sources primaires de lumière.
3. Pour se propager, la lumière nécessite un milieu matériel.
4. La fréquence, la vitesse de propagation et la longueur d'onde sont liées par la relation $\lambda = \frac{c}{\nu}$.
5. La lumière blanche est composée de toutes les radiations lumineuses de longueur d'onde comprise entre 400 nm et 750 nm.

2 Classer en sources primaires ou objets diffusants, les sources lumineuses suivantes : étoiles, lune, mars, comètes, écran de télévision, D.E.L, soleil, laser, tubes fluorescents.

3
1. On projette un film dans une salle de cinéma. L'écran de cette salle est-il une source de lumière ?
2. On regarde un film à la télévision. L'écran du téléviseur est-il une source de lumière ?

4
1. La mesure de la vitesse de la lumière dans une matière plastique transparente donne $c_1 = 2{,}3.10^5\ km.s^{-1}$. Calculer l'indice de réfraction n_1 de ce matériau.
2. Calculer la vitesse de la lumière c_2 dans un autre matériau dont l'indice de réfraction est $n_2 = 1{,}47$.

Donnée : vitesse de la lumière dans le vide $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.

5 Calculer la durée nécessaire à la lumière pour nous parvenir :

a. Du soleil situé à 150 millions de kilomètres.
b. D'une étoile située à 100 années-lumière de la terre.

6 À un moment de la journée, un poteau vertical de hauteur $h = 1$ m, donne sur le sol horizontal une ombre de longueur 40 cm. Au même moment, l'ombre d'un arbre mesure 2 m sur le sol horizontal.
Déterminer la hauteur de l'arbre.

7 La foudre tombe à 9 km d'un observateur.

1. Quelle durée faut-il à la lumière émise par l'éclair pour atteindre l'observateur ?
2. Quelle durée faut-il au son émis par le tonnerre pour atteindre l'observateur ?
Données : vitesse du son dans l'air $v = 340$ m/s.
3. Conclure.

8 On cache la pleine lune en plaçant une pièce de 10 F C.F.A. à 2,5 m de l'œil observateur.

Déterminer le diamètre de la Lune.

Données : diamètre de la pièce : 23 mm

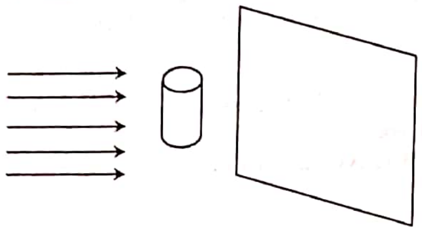
distance Terre-Lune : 38.10^4 km.

9 Une radiation lumineuse a pour longueur dans le vide $\lambda_0 = 656{,}28$ nm.

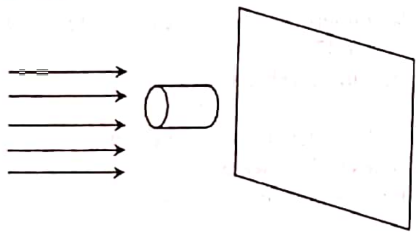
1. Quelle est sa couleur ?
2. Déterminer sa longueur d'onde dans un milieu d'indice $n = 1{,}52$.
3. Calculer sa fréquence dans ce milieu.
4. Calculer la vitesse de propagation de l'onde dans ce milieu.

10 Un objet cylindrique opaque est éclairé par un faisceau de lumière parallèle. Dessiner sur un écran l'ombre portée pour les positions suivantes du cylindre.

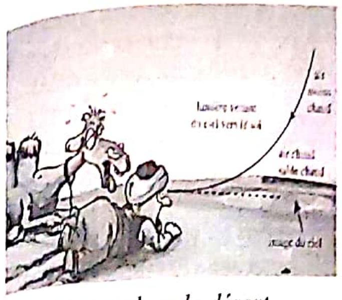
1er cas



2^e cas



11 RÉFLEXION ET RÉFRACTION DE LA LUMIÈRE



Un mirage dans le désert

OBJECTIFS

- ✔ *Appliquer les lois de la réflexion et de la réfraction.*
- ✔ *Construire la marche d'un rayon incident et des rayons réfléchi et réfracté.*
- ✔ *Calculer l'angle limite de réfraction.*

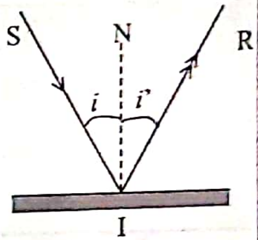
L'ESSENTIEL

- **Lois de la réflexion**

Un faisceau lumineux arrivant sur un miroir est réfléchi suivant les lois de Descartes :

- le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence (défini par la normale IN et le rayon incident SI)
- l'angle de réflexion i' est égal à l'angle d'incidence i.

$\boxed{i' = i}$



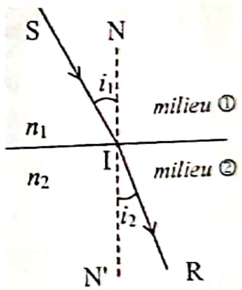
- **Lois de réfraction**

Lorsque la lumière traverse la surface de séparation entre deux milieux transparents, elle subit une déviation : c'est le phénomène de réfraction qui obéit aux lois de Descartes-Snell

- Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.
- L'angle d'incidence i_1 et l'angle de réfraction i_2 sont liés par la relation.

$\boxed{n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2}$

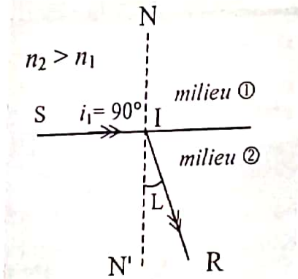
n_1 et n_2 étant les indices de réfraction respectifs des milieux 1 et 2.



- **Réflexion totale**

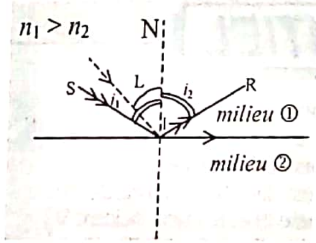
La lumière peut toujours passer d'un milieu dans un autre plus réfringent.
L'angle de réfraction est toujours inférieur à l'angle de réfraction limite L :

$$\boxed{\sin L = \frac{n_1}{n_2}}$$



- Lorsque la lumière passe d'un milieu dans un autre moins réfringent, il n'existe un rayon réfracté que si $i_1 < L$.
- Si $i_1 > L$, il y a réflexion totale.

avec $\sin L = \frac{n_2}{n_1}$.



EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment appliquer les lois de la réflexion et de la réfraction ?

Énoncé

Un rayon lumineux se propageant dans l'air atteint en un point I la surface libre de l'eau (n_2=1,33).
L'angle d'incidence est i_1= 48°.

1. *Déterminer les valeurs correspondantes de l'angle de réflexion et de l'angle de réfraction.*
2. *Représenter les rayons incident, réfléchi et réfracté.*

Solution

1. Notons i'_1 l'angle de réflexion.

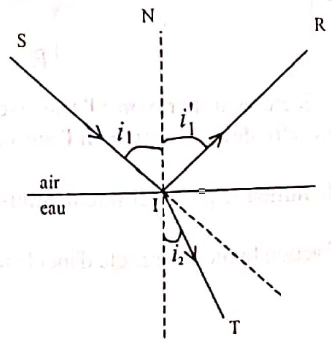
Au cours d'une réflexion, les angles d'incidence et de réflexion sont égaux :
$i'_1 = i_1 = 48°$.
Notons i_2 l'angle de réfraction.
La loi de Snell-Descartes relative à la réfraction s'écrit :
$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

d'où $\sin i_2 = \dfrac{n_1 \sin i_1}{n_2}$.

A.N. : $\sin i_2 = \dfrac{1 \times \sin 48°}{1{,}33} \simeq 0{,}56$.

On en déduit la valeur de i_2 : $i_2 \simeq 34°$.

2. Représentation des rayons incident, réfléchi et réfracté.

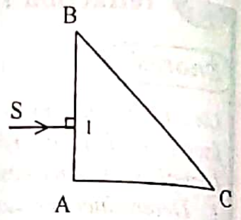


2 Comment construire la marche d'un rayon lumineux ?

Énoncé

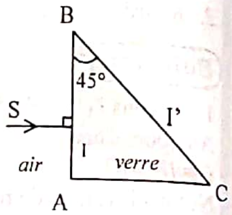
Un prisme de verre d'indice de réfraction $n_v = 1,6$ a pour section droite le triangle rectangle isocèle ABC d'hypoténuse BC. Un rayon lumineux incident SI frappe normalement la face AB.
Tracer la marche du rayon lumineux jusqu'à la sortie du prisme, lorsque le prisme est plongé :

1. dans l'air ($n_{air} = 1$).
2. dans l'alcool ($n_{alcool} = 1,36$).



Solution

1. Le prisme est dans l'air, le rayon incident SI arrive normalement sur la face AB. Il n'est donc pas dévié.
Le rayon incident II' arrive en I' sous un angle d'incidence i_1 tel que i_1 = mes (I I'N) = mes (ABC) car les deux angles ont leurs cotés perpendiculaires deux à deux : $i_1 = 45°$.

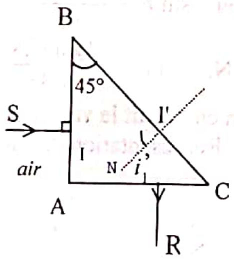


- Le rayon lumineux I I' situé dans le milieu le plus réfringent subit-il la réflexion totale sur la face BC ?

Pour le savoir comparons l'angle de réfraction limite L à l'angle d'incidence i_1

$\sin L = \frac{n_{air}}{n_{verre}} = \frac{1}{1,6}$ d'où $L \simeq 39°$.

$i_1 > L$: il y a réflexion totale $i_1 = i'_1 = 45°$.
d'où la marche du rayon lumineux :



2. Le prisme est dans l'alcool .
Pour les mêmes raisons évoquées précédemment, le rayon SI' traverse la surface de séparation alcool-verre sans être dévié et arrive en I' sur la face BC sous l'angle d'incidence $i_1 = 45°$.

- Le rayon lumineux I I' situé dans le milieu le plus réfringent subit-il la réflexion totale ?

Pour le savoir comparons l'angle de réfraction limite L à l'angle d'incidence i.

$\sin L = \frac{n_{alcool}}{n_{verre}} = \frac{1,36}{1,6} = 0,85.$

Soit $L = 58,2°$

$i_1 < L$: il n'y a pas réflexion totale mais réflexion et réfraction.

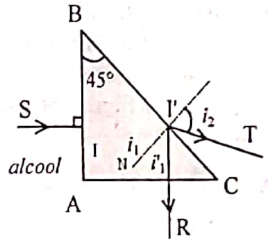
- Déterminons l'angle de réfraction à partir de la loi de Snell-Descartes

$\sin i_2 = \frac{n_{verre}.\sin i_1}{n_{alcool}}$

A.N. : $\sin i_2 = \frac{1,6 \times \sin 45°}{1,36} = 0,83$

d'où $i_2 = 56,3°$

- Le rayon réfléchi vérifie la relation de Descartes : $i_1 = i'_1 = 45°$ d'où la marche du rayon lumineux .

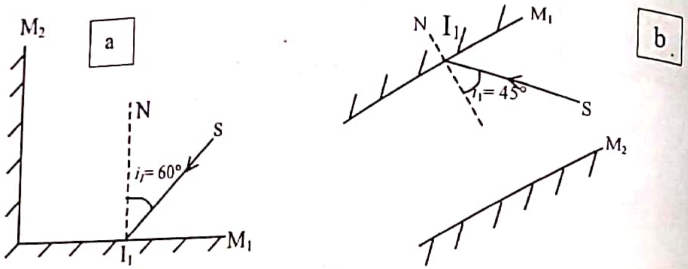


EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux

1. Lorsqu'une surface renvoie la lumière dans toutes les directions, on dit qu'elle réfléchit la lumière.
2. Le mirage dans un désert est dû à une série de réfractions successives et une réflexion totale.
3. Le rayon réfléchi n'est pas dans le plan d'incidence.
4. Un rayon lumineux qui se propage dans l'air et qui arrive sur la surface air-eau subit une réfraction et une réflexion.
5. Le guidage de la lumière dans les fibres optiques est assuré par une suite de réflexions totales.

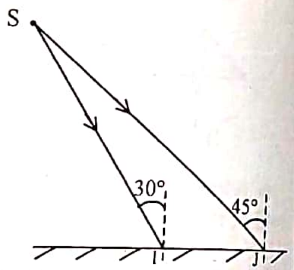
2 On dispose de deux miroirs plans M_1 et M_2 comme indiqué sur les figures ci-dessous.



Construire dans chaque cas la marche du rayon lumineux SI_1.

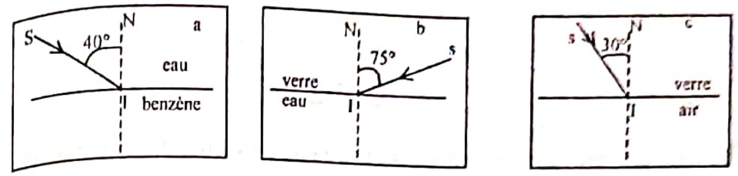
3 Une source ponctuelle de lumière éclaire un miroir plan.

1. Construire les rayons réfléchis en I et J.
2. Indiquer la position de l'image S' que le miroir donne de la source S.
3. Indiquer la position de l'œil de l'observateur qui voit S' à travers le miroir.



4 On dispose d'un miroir plan. On place un point A.
Quel point I du miroir faut-il viser avec un laser, pour que la lumière passant par A et I passe après réflexion par B ?

5 Reproduire les schémas ci-dessous en les complétant par le tracé des rayons réfléchis et réfractés. (Justifier le tracé.)



Données : $n_{air} = 1$ $n_{verre} = 1{,}5$
$n_{eau} = 1{,}33$ $n_{benzène} = 1{,}66$.

6 Un rayon lumineux arrive à la surface de séparation de deux milieux transparents
On désigne par :
- i_1, l'angle d'incidence,
- i_2, l'angle de réfraction,
- i'_1, l'angle de réflexion.

Compléter le tableau ci-dessous.

Milieu 1	i_1	30°		90°	
Milieu 2	i_2	22°	30°		
	i'_1				60°

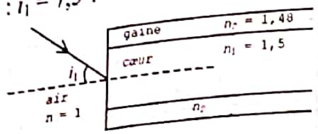
7 Un prisme de verre d'indice $n = 1{,}5$ a pour section droite un triangle équilatéral ABC.
Le prisme est dans l'air.
Un rayon incident (SI) parallèle à (BC) frappe la face AB en I.

1. Calculer l'angle incident i_1 et l'angle de réfraction i_2.
2. Sous quel angle incident i_3, le rayon lumineux II' arrive-t-il en I' sur la face AC ?
3. a. Déterminer l'angle limite de réfraction correspondant à la réflexion totale sur la face AC.
   b. Déduire si le rayon II' subit ou non la réflexion totale sur la face AC.
   c. Calculez l'angle de réfraction i_4.

8 On considère le trajet d'un rayon lumineux pénétrant dans une fibre optique <<à saut d'indice>>.

1. Calculer l'angle de réfraction en I.
2. Calculer l'angle d'incidence du rayon lumineux à la surface de séparation cœur-gaine.
3. Calculer l'angle limite de réfraction à la surface de séparation cœur-gaine. Déduire s'il y a réflexion totale sur la surface de séparation cœur-gaine.

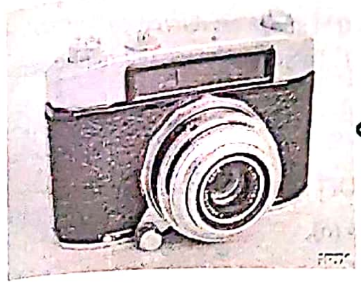
4. Tracer le trajet du rayon lumineux dans la fibre.
   Donnée : $i_1 = 7{,}5°$.



9 Un rayon lumineux (SI) arrive sur une lame de verre à faces parallèles sous une incidence $i_1 = 30°$.
L'indice de réfraction du verre est $n_v = 1{,}5$.
1. Déterminer la marche du rayon lumineux.
2. Que peut-on dire des directions des rayons incident et émergent ?

10 Un rayon lumineux se propageant dans l'air arrive en I sur la surface de séparation air-verre avec un angle d'incidence $i_1 = 40°$.
1. Construire le rayon réfracté en utilisant une règle et un compas (voir fiche méthode du livre de cours).
2. Mesurer l'angle de réfraction et vérifier ce résultat à partir de la loi relative à la réfraction.

12 LES LENTILLES MINCES



Un appareil photo

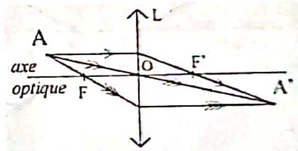
OBJECTIFS

- ✔ *Distinguer lentilles minces convergentes et lentilles minces divergentes.*
- ✔ *Construire la marche d'un rayon lumineux à travers une lentille mince.*
- ✔ *Déterminer la nature et les caractéristiques d'une image.*

L'ESSENTIEL

1. *Lentilles minces convergentes*

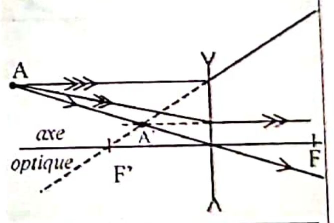
- Tout rayon passant par le centre optique O n'est pas dévié.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe émerge en passant par le foyer image F'.
- Tout rayon incident passant par le foyer objet F émerge parallèlement à l'axe.



$\overline{OF'} > 0$	$C = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$; $C > 0$

2. *Lentilles minces divergentes*

- Tout rayon passant par le centre optique n'est pas dévié.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe émerge en semblant provenir du foyer image.
- Tout rayon incident se dirigeant vers le foyer objet F, émerge parallèlement à l'axe.



$\overline{OF'} < 0$	$C = \dfrac{1}{\overline{OF'}}$, $C < 0$

3. Propriétés des lentilles minces

- Formule de conjugaison

$$\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF}}}$$

$\begin{cases} A : \text{point objet} \\ A' : \text{point image} \end{cases}$

- Grandissement

$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}}$$

$\begin{cases} \text{si } \gamma < 0 : \text{l'image est renversée} \\ \text{si } \gamma > 0 : \text{l'objet et l'image ont même sens} \end{cases}$

- Vergence

$$\boxed{C = \frac{1}{f}}$$

$\begin{cases} f = |\overline{OF'}| = |\overline{OF}| : \text{distance focale en mètre.} \\ C \text{ en dioptries } (\delta). \end{cases}$

- Association de lentilles

$\boxed{C = C_1 + C_2 + \ldots}$ C est la vergence de l'association .

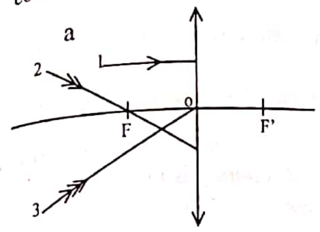
EXERCICES RÉSOLUS

1 Comment construire le trajet d'un rayon lumineux à travers une lentille mince ?

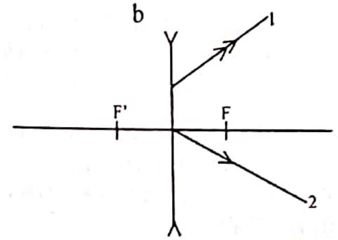
Énoncé

1. *Reproduire les schémas a et b ci-dessous et tracer les rayons émergents correspondants en énonçant la règle appliquée.*

a

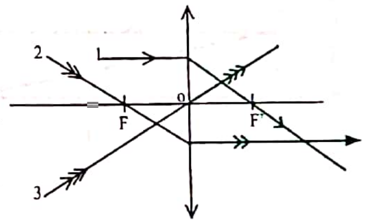


b

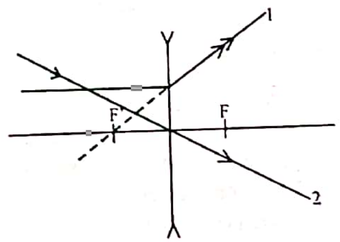


Solution

a.
- Le rayon incident 1 parallèle à l'axe optique émerge en passant par le foyer image F'.
- Le rayon incident 2 passant par le foyer image F émerge parallèlement à l'axe optique.
- Le rayon incident 3 passant par le centre optique O n'est pas dévié.



b.
- Le rayon incident 2 passe par le centre optique. Il n'est pas dévié.
- Le rayon incident 1 est parallèle à l'axe optique car son rayon émergent semble provenir du foyer image F'.



2 Comment déterminer la nature et les caractéristiques d'une image ?

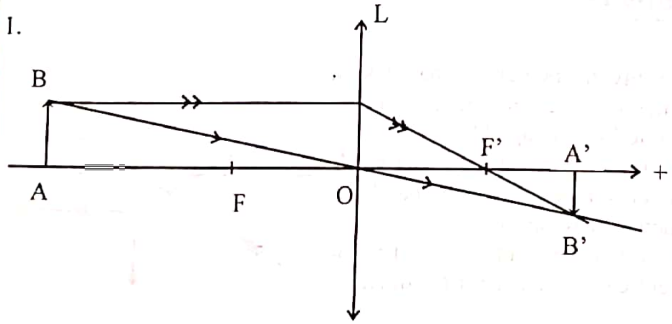
Énoncé

Un objet AB de longueur 2 cm est placé perpendiculairement à l'axe d'une lentille convergente de centre optique O et de distance focale 4 cm. Le point A est sur l'axe ; la distance objet-lentille est 10 cm. La lumière se propage de gauche à droite.

1. *Sur un schéma à l'échelle 1/2, placer les points F, F', A et B.*
2. *Déterminer $\overline{OF}$, $\overline{OF'}$ et $\overline{OA}$ en précisant le sens du repère choisi.*
3. *Construire l'image A'B' de AB.*
4. *Donner les caractéristiques de l'image obtenue (nature et sens).*
5. *Déterminer graphiquement $\overline{OA'}$ et $\overline{A'B'}$ puis vérifier ces résultats par le calcul en utilisant la formule de conjugaison.*
6. *Calculer le grandissement de l'image.*

Solution

1.



2. $\overline{OF} = -f = -4\text{cm}$

$\overline{OF'} = f = 4$ cm

$\overline{OA} = -10$ cm

3. Le rayon incident issu de B, parallèle à l'axe optique émerge en passant par le foyer image F' (voir schéma).
Le rayon incident issu de B et passant par le centre optique O n'est pas dévié (voir schéma).
L'image B' du point B est le point de concours des rayons lumineux issus de B.
L'image A' du point A est le projeté orthogonal de B' sur l'axe optique.
4. L'image obtenue est réelle et renversée.

5. Graphiquement,

$\overline{OA'} = 6{,}8$ cm

$\overline{A'B'} = -1{,}3$ cm

- La formule de conjugaison s'écrit :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}$$

d'où $\overline{OA'} = \dfrac{\overline{OA} \times \overline{OF'}}{\overline{OA} + \overline{OF'}}$

A.N. : $\overline{OA'} = \dfrac{(-10) \times 4}{(-10) + 4} = \dfrac{40}{6} = 6{,}7$ cm

$\overline{OA'} > 0$ l'image est réelle.

- La formule du grandissement donne

$$\overline{A'B'} = \overline{AB} \times \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

A.N. : $\overline{A'B'} = 2 \times \dfrac{6{,}7}{(-10)} = -1{,}3$ cm

$\overline{A'B'} < 0$ l'image est renversée.

6. Le grandissement de l'image est :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{6{,}7}{(-10)} = -0{,}67.$$

EXERCE-TOI

1 Répondre par vrai ou faux
1. Les lentilles à bords minces sont divergentes.
2. Tout rayon lumineux passant par le centre optique d'une lentille mince n'est pas dévié.
3. La vergence d'une lentille mince est $C = \frac{1}{f} = \frac{1}{\overline{OF'}}$
4. L'image A' de A à travers une lentille mince est virtuelle si $\overline{OA'} < 0$.

2 La distance focale d'une lentille divergente est 20 cm.
Un objet AB de hauteur 10 cm est placé perpendiculairement à l'axe de la lentille à 40 cm devant celle-ci.
Le point A est situé sur l'axe optique. La lumière se propage de gauche à droite.
1. Sur un schéma à l'échelle $\frac{1}{10}$, placer les points F, F', A et B.
2. Construire l'image A'B' de AB.
3. Donner les caractéristiques de l'image obtenue (nature et sens).
4. Déterminer le grandissement de l'image.

3 Un objet de grandeur 2 cm est placé à 4 cm d'une loupe, dans un plan perpendiculaire à l'axe optique de celle-ci.
La vergence de la loupe est $C = 20$ dioptries.
1. Calculer la distance focale de cette loupe.
2. Construire l'image de cet objet à travers la loupe (échelle $\frac{1}{4}$).
3. Donner les caractéristiques de cette image (nature et sens).
4. Donner sa position par rapport à la loupe.
5. Déterminer le grandissement de l'image.

4 Un objet AB de hauteur 2 cm est placé à 6 cm d'une lentille convergente de distance focale 4 cm.
1. Faire un schéma à l'échelle 1/2 et placer F, F', A et B.
2. Construire l'image A'B' de l'objet.
3. Donner les caractéristiques de cette image (nature, position, sens).
4. Construire l'objet CD dont l'image C'D' mesure 3 cm, est inversée et située à 12 cm de la lentille.

5 Une lentille divergente a une vergence de −3 dioptries.
1. Calculer la distance focale de cette lentille.
2. Déterminer la nature, la taille, le sens, et la position de l'image d'un objet AB de 5 cm de haut placé à 20 cm de la lentille. (Le point A est sur l'axe optique).

6 Le cristallin de l'œil est assimilable à une lentille mince dont la distance focale est variable.
L'image se forme sur la rétine qui est à la distance d du centre optique O ; $d = 15$ mm pour un œil normal.
1. Un observateur possédant une vision normale regarde un objet de 10 cm de haut placé à 1 m de lui.
Déterminer la taille et le sens de l'image.
Calculer la vergence du cristallin.
2. Quelle est la vergence du cristallin lorsque l'œil regarde le même objet à 25 cm de lui ? à 12 cm de lui ?

7 1. Une lentille mince très convergente a pour distance focale $f_1 = 5$ mm.
Un objet AB de 0,2 mm est placé à 5,14 mm de son centre optique.
Déterminer la nature, le sens et la taille de l'image A_1B_1.
2. Une autre lentille mince convergente dont l'axe optique coïncide avec celui de la précédente, a pour distance focale $f_2 = 19$ mm.
La distance entre les centres optiques des lentilles est 20 cm.
A_1B_1 joue le rôle d'objet pour cette seconde lentille.
Déterminer la nature, le sens et la taille de l'image A_2B_2.
3. Quel appareil repose sur ce principe ?

8 On désire obtenir, à partir d'une photo, l'image la plus grande possible du soleil.
Pour cela on dispose de plusieurs lentilles de vergences +0,5 δ ; −0,5 δ ; 2 δ ; −2 δ ; 5δ et −5 δ.
1. On souhaite utiliser une seule lentille, laquelle doit-on choisir ?
2. La photographie du soleil est un cercle brillant de diamètre 1,92 cm.
En déduire le diamètre apparent du soleil.

9 Un filament lumineux rectiligne vertical est placé à 30 cm d'une lentille convergente de distance focale $f = 20$ cm.
Le filament a une épaisseur e = 1 mm et une hauteur $h = 2$ cm.
1. À quelle distance de la lentille doit-on placer l'écran pour obtenir une image nette du filament ?
2. Calculer les dimensions de l'image obtenue.

10 L'objectif d'un appareil photographique est assimilable à une lentille mince convergente (L) de centre optique O et de distance focale f.
La pellicule est assimilable à un écran E.
Un objet AB de hauteur 4 cm est placé à 24 cm devant la lentille.
On recueille alors son image A'B' sur l'écran E placé à 14 cm de la lentille.

1. Construire l'image A'B' de l'objet AB sur l'écran E.
2. Construire le foyer image F' et en déduire la position du foyer objet F.
3. Déterminer la distance focale f de la lentille.
4. En appliquant la formule de conjugaison, calculer la distance focale f. Comparer avec le résultat de la question 3.

QUATRIÈME PARTIE

MÉCANIQUE
Électricité
OPTIQUE

CORRIGÉS

OPTIQUE
Électricité
MÉCANIQUE

CHAPITRE 1

❶ 1. Faux : Le travail d'une force constante est égal au produit scalaire de la force par le vecteur déplacement.

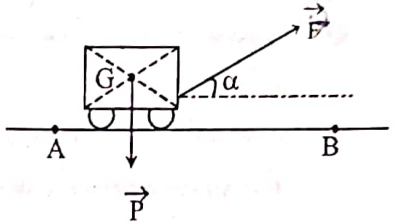
2. Vrai.
3. Faux.
4. Faux : $\mathscr{P}_m = \dfrac{W}{\Delta t}$.

❷ 1. Le travail de la force de traction est :

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

A.N. : $W_{AB}(\vec{F}) = 100 \times 200 \times \cos 60°$

$W_{AB}(\vec{F}) = 10^4$ J.



2. Le travail du poids $\vec{P}$ est :

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P}.\vec{AB} = 0$ car $\vec{P} \perp \vec{AB}$.

Remarque :

$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B) = 0$ car A et B étant à la même altitude, $z_A = z_B$.

3. La puissance moyenne développée par le manœuvre est :

$\mathscr{P}_m = \dfrac{W_{AB}(\vec{F})}{\Delta t}$

A.N. : $\mathscr{P}_m = \dfrac{10^4}{5 \times 60} = 33{,}3$ W.

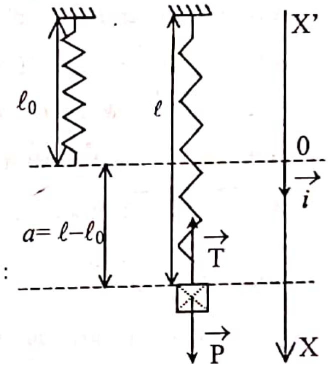
❸ 1.

Système : l'objet

Forces appliquées :

- Le poids $\vec{P}$ de l'objet
- La tension $\vec{T}$ du ressort

À l'équilibre : $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$



Projetons sur un axe vertical descendant $(O, \vec{i})$:

$P - T = 0$, soit $T = P = mg$ or $T = k.a$

donc $a = \dfrac{T}{k} = \dfrac{mg}{k}$

A.N. : $a = \dfrac{0{,}8 \times 10}{2} = 4$ cm.

2.

2.1. Le travail du poids de l'objet est :

$W(\vec{P}) = mga$

A.N. : $W(\vec{P}) = 0{,}8 \times 10 \times 4.10^{-2} = 0{,}32$ J.

2.2 Le travail de la tension du ressort

$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}\, ka^2$

A.N. : $W(\vec{T}) = -\frac{1}{2} \times 2.10^2 \times (4.10^{-2})^2$ soit $W(\vec{T}) = -0{,}16$ J.

<u>Remarque</u> : $|W(\vec{T})| \neq |W(\vec{P})|$.

4 1. Le travail de la force $\vec{F}$ est :

$W_{AC}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AC}$.

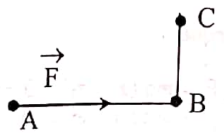
2. a. $W_{AC}(\vec{F}) = W_{AB}(\vec{F}) + W_{CB}(\vec{F})$ or $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = F.AB$

car $\vec{F}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de même sens et $W_{BC}(\vec{F}) = 0$ car $\vec{F} \perp \vec{BC}$ d'où

$W_{AC}(\vec{F}) = F.AB$

A.N. : $AB = 30$ m

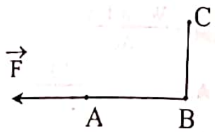
$W_{AC}(\vec{F}) = 300 \times 30 = 9000$ J.



b. $W_{AC}(\vec{F}) = W_{AB}(\vec{F}) + W_{BC}(\vec{F})$

or $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{AB} = -F.AB$

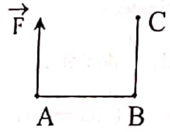
car $\vec{F}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de sens contraires



et $W_{BC}(\vec{F}) = 0$ car $\vec{F} \perp \vec{BC}$ d'où $W_{AC}(\vec{F}) = -F.AB$

A.N. : $W_{AC}(\vec{F}) = -300 \times 30 = -9000$ J.

c. $W_{AC}(\vec{F}) = W_{AB}(\vec{F}) + W_{BC}(\vec{F})$



or $W_{AB}(\vec{F}) = 0$ car $\vec{F} \perp \vec{AB}$ et

$W_{BC}(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{BC} = F \times BC$ car $\vec{F}$ et $\vec{BC}$ sont colinéaires et de même sens

d'où $W_{AC}(\vec{F}) = F \times BC$

A.N. : $BC = 20$ m

$W_{AC}(\vec{F}) = 300 \times 20 = 6000$ J.

<u>Remarque</u> : On aurait pu déterminer l'angle que fait $\vec{F}$ avec $\vec{AC}$ et utiliser la relation $W_{AC}(\vec{F}) = F \times AC \times \cos(\vec{F}, \vec{AC})$.

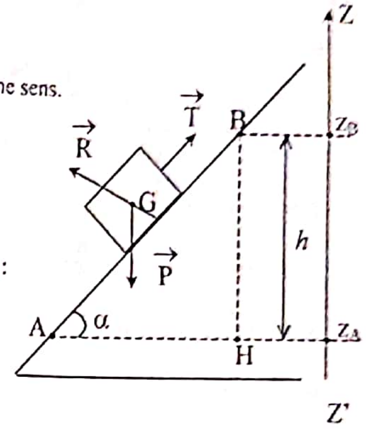
5 1. Le travail de la tension $\vec{T}$ du câble est :

$W_{AB}(\vec{T}) = \vec{T}.\vec{AB} = T.AB$

car $\vec{T}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de même sens.

A.N. : $W_{AB}(\vec{T}) = 5000 \times 5 = 25\,000$ J.

2. Le travail du poids est :



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

Sur un axe zz' vertical, orienté vers le haut, la dénivellation entre A et B est :

$z_A - z_B = -HB = -h$ or $h = AB \sin\alpha$

d'où $z_A - z_B = -AB\sin\alpha$

Finalement $W_{AB}(\vec{P}) = -mg\, AB\sin\alpha$

A.N. : $W_{AB}(\vec{P}) = -200 \times 10 \times 5 \times \sin 30$

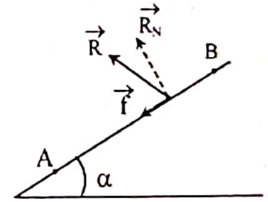
$W_{AB}(\vec{P}) = -5\,000$ J.

3. Le solide (S) soumis aux forces $\vec{P}$, $\vec{R}$ et $\vec{T}$ a un mouvement rectiligne uniforme ; donc d'après le principe de l'inertie :

$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = 0$ (les forces se compensent).

Faisons le produit scalaire par le vecteur déplacement $\vec{AB}$ pour faire apparaître les travaux :

$\vec{P}.\vec{AB} + \vec{T}.\vec{AB} + \vec{R}.\vec{AB} = 0$



soit $W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{T}) + W_{AB}(\vec{R}) = 0$

d'où $W_{AB}(\vec{R}) = -(W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{T}))$

A.N. : $W_{AB}(\vec{R}) = -(-5000 + 25\,000)$

$W_{AB}(\vec{R}) = -20\,000$ J.

4. $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$ avec $\vec{R}_N$ la réaction normale du plan.

$W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R}_N.\vec{AB} + \vec{f}.\vec{AB}$

$\vec{R}_N.\vec{AB} = 0$ car $\vec{R}_N \perp \vec{AB}$

$\vec{f}.\vec{AB} = -f.AB$ car $\vec{f}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de sens contraires.

d'où $W_{AB}(\vec{R}) = -f.AB$ et finalement $f = -\frac{W_{AB}(\vec{R})}{AB}$.

A.N. : $f = \frac{20\,000}{5} = 4\,000$ N.

6 1. Le travail du poids $\vec{P}$ est :

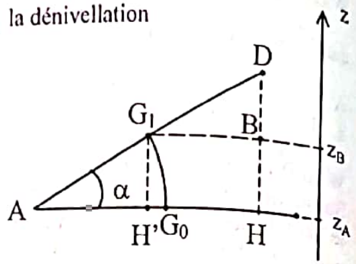
$W(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$

Sur un axe vertical orienté vers le haut, la dénivellation entre A et B est $z_A - z_B = H'G_1$

or $\sin\alpha = \dfrac{H'G_1}{AG_1} = \dfrac{HD}{AD}$ et $AG_1 = \dfrac{1}{2}AD$

donc $z_A - z_B = -\dfrac{HD}{2}$

finalement $W(\vec{P}) = -mg\dfrac{HD}{2}$



A.N. : $W(\vec{P}) = -20 \times 10 \times \dfrac{0{,}5}{2}$

$W(\vec{P}) = -50$ J.

2. La durée du mouvement est : $\Delta t = \dfrac{W(\vec{P})}{P_m}$

A.N. : $\Delta t = \dfrac{-50}{-5}$, soit $\Delta t = 10$ s.

7 1. Le travail de la tension $\vec{T}$ du ressort est :

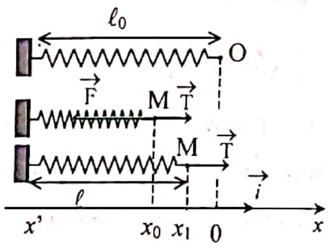
$W(\vec{T}) = -\dfrac{1}{2}kx_0^2$ avec $x_0 = \dfrac{\ell_0}{4} - \ell_0 = -3\dfrac{\ell_0}{4}$

A.N. : $x_0 = -3 \times \dfrac{20}{4} = -15$ cm

$x_0 = -0{,}15$ m

$W(\vec{T}) = -\dfrac{1}{2} \times 20 \times (-0{,}15)^2$

$W(\vec{T}) = -22{,}5.10^{-2}$ J.



2. Le travail de la force exercée par l'opérateur :

$W(\vec{F}) = -W(\vec{F}) = 22{,}5.10^{-2}$ J.

3. L'allongement passe de x_0 à x_1 ; le travail de la tension $\vec{T}$ du ressort est :

$W(\vec{T}) = +\dfrac{1}{2}k(x_0^2 - x_1^2)$ avec $x_1 = \ell - \ell_0$

A.N. : $x_1 = 10 - 20 = -10$ cm soit $x_1 = -0{,}1$ m

$W(\vec{T}) = +\dfrac{1}{2} \times 20[(-0{,}15)^2 - (0{,}10)^2]$

$W(\vec{T}) = 12{,}5.10^{-2}$ J.

8 1. La puissance moyenne du poids est :

$\mathscr{P}_{AB}(\vec{P}) = \dfrac{W_{AB}(\vec{P})}{\Delta t}$

Or $W(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$

Sur un axe zz' vertical orienté vers le haut, la dénivellation entre A et B est :

$z_A - z_B = -10\,h_0$

d'où $W(\vec{P}) = -10\,mg\,h_0$

finalement $\mathscr{P}_{AB}(\vec{P}) = \dfrac{-10\,mg\,h_0}{\Delta t}$

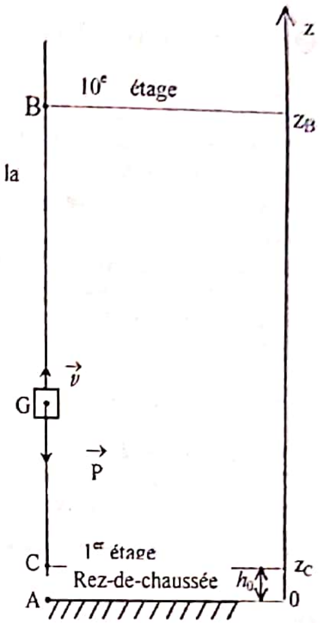
A.N. : $\mathscr{P}_{AB}(\vec{P}) = \dfrac{-10 \times 500 \times 10 \times 3{,}5}{20}$

$\mathscr{P}_{AB}(\vec{P}) = -8750$ W.

2. La puissance instantanée du poids est :

$\mathscr{P} = \vec{P}\,.\,\vec{v} = -Pv = -mgv.$

A.N. : $\mathscr{P} = -10 \times 500 \times 3 = -15000$ W.



9 1. Le travail du poids du cycliste est :

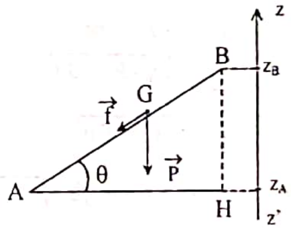
$W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$

Sur un axe zz' vertical orienté vers le haut, la dénivellation entre A et B est :

$z_A - z_B = -HB$

or $HB = AB\sin\theta$

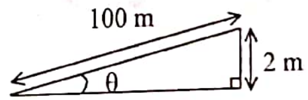
d'où $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = -mg\,AB\sin\theta}$



A.N. : $\sin\theta = \dfrac{2}{100} = 0{,}02$ car pour une côte de pente 2%, on s'élève verticalement de 2m pour un trajet de 100 m, le long de la pente.

$W_{AB}(\vec{P}) = -90 \times 10 \times 500 \times 0{,}02$

$W_{AB}(\vec{P}) = -9\,000$ J.



2. Le travail de la force $\vec{f}$ est :

$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}\,.\,\vec{AB} = -f\,.\,AB$ car $\vec{f}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de sens opposés.

A.N. : $W_{AB}(\vec{f}) = -5 \times 500 = -2500$ J.

10 1. Le travail du poids $\vec{P}$ est :

$W_{AC}(\vec{P}) = mg\,(z_A - z_C)$

Sur un axe zz' vertical orienté vers le haut, la dénivellation entre A et C est :

$z_C - z_A = AH = OA - OH$

or $OA = \ell$ et $OH = \ell\cos\theta$

donc $z_C - z_A = \ell - \ell\cos\theta$

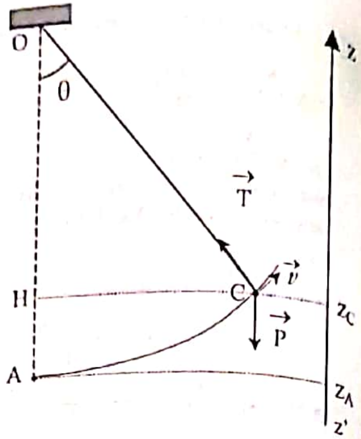
$z_A - z_C = -\ell\,(1-\cos\theta)$

finalement $W_{AC}(\vec{P}) = -\,mg\,\ell\,(1-\cos\theta)$

A.N. :

$W_{AC}(\vec{P}) = -0{,}2\times 10\times 0{,}8\times(1-\cos 40°)$

$W_{AC}(\vec{P}) = -\,0{,}37$ J.



2. La sphère décrit un arc de cercle. À chaque instant le fil est dirigé suivant un rayon de cet arc de cercle. La tension du fil est donc toujours perpendiculaire à la trajectoire. Par conséquent $W_{AC}(\vec{T}) = 0$.

11 1. Le travail du poids $\vec{P}$ est :

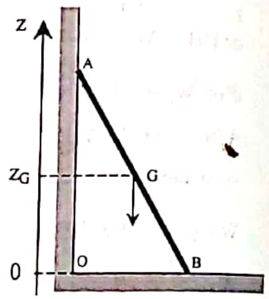
$W(\vec{P}) = mg(z_G - z_B)$ avec

$z_G - z_B = \dfrac{OA}{2} = \dfrac{1}{2}\sqrt{AB^2 - OB^2}$

$W(\vec{P}) = \dfrac{1}{2}mg\sqrt{AB^2 - OB^2}$

A.N. : $W(\vec{P}) = 0{,}5\times6\times10\times\sqrt{5^2-(1{,}2)^2} = 146$

$W(\vec{P}) = 146$ J.



2. Le travail du poids $\vec{P}$ est :

$W(\vec{P}) = mg(z_B - z_G)$ avec

$z_B - z_G = -\dfrac{OA}{2} = -\dfrac{1}{2}\sqrt{AB^2 - OB^2}$

$W(\vec{P}) = -\dfrac{1}{2}mg\sqrt{AB^2 - OB^2}$

A.N. : $W(\vec{P}) = -0{,}5\times6\times10\times\sqrt{5^2-(1)^2} = 146{,}97$

$W(\vec{P}) = -147$ J.

CHAPITRE 2

1 1. Vrai.
2. Faux : les points situés sur l'axe de rotation sont immobiles.
3. Vrai.
4. Faux : le travail d'une force de moment constant est $W(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\times\theta$.
5. Vrai.

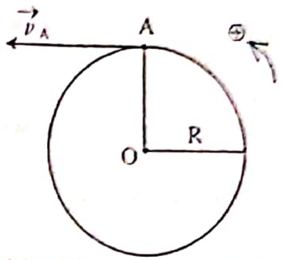
2 1. La vitesse angulaire est :

$\omega = \dfrac{\theta}{\Delta t}$

A.N. : $\theta = 1500\times 2\pi = 3\,000\pi$ rad

$\Delta t = 1$ min $= 60$ s

$\omega = \dfrac{3\,000\pi}{60} = 157$ rad/s.



2. En régime permanent, la vitesse angulaire de la meule est constante. Le mouvement du point A est donc circulaire et uniforme.

Sa vitesse linéaire est :

$v_A = R\times\omega$

A.N. : $v_A = 0{,}155\times157$

$v_A = 24{,}3$ m/s.

3 1. Le moment de la force $\vec{F}$ est :

$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F\times OH$

or $OH = OA\times\sin\alpha$

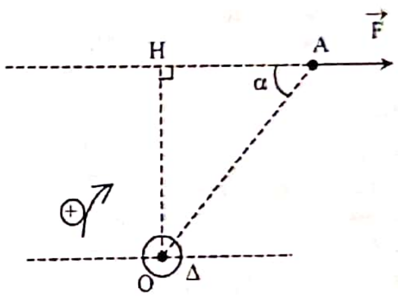
d'où $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F\times OA\times\sin\alpha$

Finalement, l'intensité de $\vec{F}$ est :

$F = \dfrac{\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}}{OA\times\sin\alpha}$

$F = \dfrac{20}{0{,}1\times\sin 60°}$

$F = 231$ N.



2. Le travail de $\vec{F}$ est :

$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta}\times\theta$ or $\theta = 30° = \dfrac{\pi}{6}$ rad

A.N. : $W(\vec{F}) = 20\times\dfrac{\pi}{6}$

$W(\vec{F}) = 10{,}5$ J.

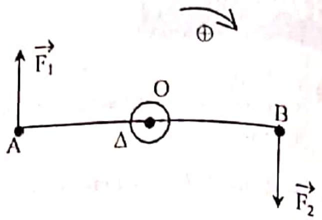
❹ 1. Le moment du couple $(\vec{F_1},\vec{F_2})$est :

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta} = F \times AB$ avec $F = F_1 = F_2$

D'où l'intensité des forces est

$$F = \frac{\mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta}}{AB}$$

A.N. : $F = \frac{0,3}{0,03} = 10$ N.



2. Le travail de ce couple est :

$W = \mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta} \times \theta$ or $\theta = \frac{1}{2} \times 2\pi = \pi$ rad

A.N. : $W = 0,3 \times \pi$.

$W = 0,94$ J.

❺ 1. Par définition, la puissance d'un couple est :

$\mathcal{P} = \mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta} \times \omega$

D'où le moment du couple est :

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta} = \frac{\mathcal{P}}{\omega}$ avec $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$

A.N. : $\theta = 2000 \times 2\pi = 4000\pi$

$\Delta t = 1$ min $= 60$ s

$\omega = \frac{4000\pi}{60} = 209$ rad/s

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta} = \frac{600}{209} = 3$ N.m.

2. Le travail fourni par le moteur est :

$W = \mathcal{M}_{\mathcal{C}\Delta} \times \theta$

A.N. : $\theta = 4000\pi \times 10 = 40000\,\pi$ rad.

$W = 3 \times 40000\pi$

$W = 0,4.10^6$ J soit 0,4 MJ.

❻ 1. Système : le treuil

Bilan des forces :

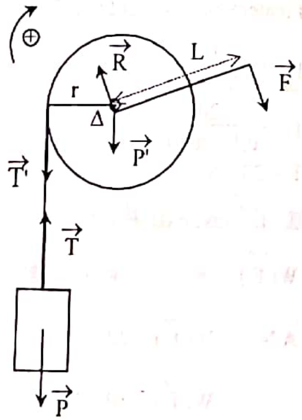
$\vec{T'}, \vec{F}, \vec{R}, \vec{P'}$

Le treuil est animé d'un mouvement de rotation uniforme.

$\sum \mathcal{M}_{\vec{F}_{ext}} = 0$

$\mathcal{M}_{\vec{T'}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{R}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{P'}/\Delta} = 0$ (1)

$\mathcal{M}_{\vec{R}/\Delta} = \mathcal{M}_{\vec{P'}/\Delta} = 0$ car les droites d'action de ces forces rencontrent l'axe Δ.



$\mathcal{M}_{\vec{T'}/\Delta} = -T' \times r$

$\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F \times L$

d'où la relation (1) donne :

$$F = \frac{T' \times r}{L}$$

Or le seau d'eau soumis aux forces $\vec{T}$ et $\vec{P}$ est animé d'un mouvement rectiligne uniforme.

D'après le principe d'inertie : $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

- La projection de cette relation vectorielle sur un axe vertical ascendant donne :

$T = P = mg$

- La corde transmet la tension $T = T' = mg$

finalement $F = \frac{mg \times r}{L}$

A.N. : $F = \frac{20 \times 10 \times 0,1}{0,5}$

$F = 40$ N.

2. Le travail de la force $\vec{F}$ est :

$W(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \theta$

Or $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F \times L$ d'où $W(\vec{F}) = F \times L \times \theta$

A.N. : $\theta = 10 \times 2\pi = 20\pi$ rad

$W(\vec{F}) = 40 \times 0,5 \times 20 \times \pi$

$W(\vec{F}) = 1256$ J.

3. La puissance de la force motrice :

$\mathcal{P} = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \omega$

$\mathcal{P} = F \times L \times \omega$.

A.N. : $\omega = 5 \times 2\pi = 10\pi$ rad/s

$\mathcal{P} = 40 \times 0,5 \times 10\pi$

$\mathcal{P} = 628$ W.

❼ 1. Par définition, le moment du couple est :

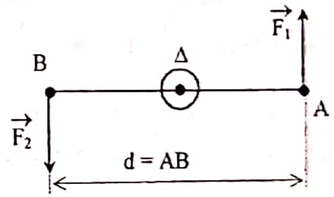
$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = F \times d$ avec $F = F_1 = F_2$

1. $d = AB$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = F \times AB$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 100 \times 0,4$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 40$ N.m

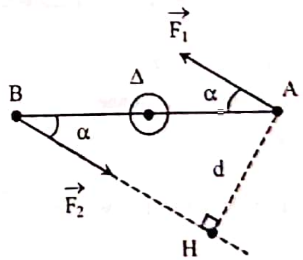


2. $d = AH = AB\sin\alpha$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = F \times AB \times \sin\alpha$

A.N. : $\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 100 \times 0,4 \times \sin 60°$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 34,6$ N.m.



2. Le travail du couple est : $W = \mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} \times \theta$

A.N. : $\theta = 10 \times 2\pi = 20\pi$ rad

$W = 34,6 \times 20\pi$

$W = 2174$ J.

La puissance développée par le technicien est :

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

A.N. : $\mathcal{P} = \frac{2174}{2\times 60} \simeq 18$ W.

8 1. La vitesse angulaire Ω du grand pignon :

$$\Omega = \frac{2\pi}{T}$$

A.N. : $\Omega = \frac{2\pi}{0,9} \simeq 7$ rad/s.

2. La vitesse linéaire d'un point de la périphérie de chaque pignon est égale à la vitesse linéaire d'un point de la chaîne.

$v = b \times \omega = a \times \Omega$

d'où $\omega = \frac{a}{b} \times \Omega$

A.N. : $\omega = \frac{8}{3,5} \times 7 = 16$ rad/s.

3. Les vitesses angulaires de la roue arrière et du petit pignon sont identiques. La vitesse linéaire d'un point de la périphérie de la roue est :

$v_o = R \times \omega$

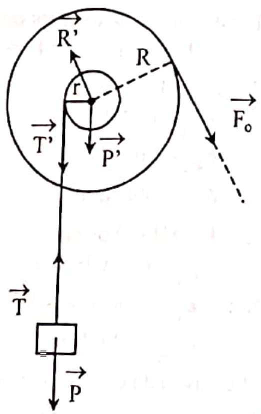
Or $v_o = \frac{d}{\Delta t}$

d'où $\Delta t = \frac{d}{R\times\omega}$

A.N. : $\Delta t = \frac{100}{0,19\times 16} \simeq 33$ s.

9 1. L'intensité minimale F_o de la force à appliquer correspond à l'état d'équilibre.

Système : La poulie



Bilan des forces : $\vec{T'}$; $\vec{F_o}$; $\vec{R'}$; $\vec{P'}$

A l'équilibre : $\sum \mathcal{M}_{\vec{F}ext/\Delta} = 0$

$\mathcal{M}_{\vec{T'}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F_o}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{R'}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{P'}/\Delta} = 0$ (1)

$\mathcal{M}_{\vec{R'}/\Delta} = \mathcal{M}_{\vec{P'}/\Delta} = 0$ car les droites d'action des forces $\vec{R'}$ et $\vec{P'}$ rencontrent l'axe Δ

$\mathcal{M}_{\vec{T'}/\Delta} = -T' \times r$

$\mathcal{M}_{\vec{F_o}/\Delta} = F_o \times R$

La relation (1) donne

$$F_o = \frac{T' \times r}{R}$$

La charge soumise aux forces $\vec{T}$ et $\vec{P}$ étant en équilibre : $\vec{T} + \vec{P} = \vec{0}$

La projection sur un axe vertical ascendant donne :

$T = P = mg$

La corde transmet la tension $T' = T = mg$

Finalement : $F_o = \frac{mgr}{R}$

A.N. : $F_o = \frac{20\times 10\times 2}{20} = 20$ N.

2. La poulie a un mouvement de rotation uniforme.

$\sum \mathcal{M}_{\vec{F}ext/\Delta} = 0$ d'où

$\mathcal{M}_{\vec{T'}/\Delta} + \mathcal{M}_{\vec{F_o}/\Delta} + \mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 0$

avec $\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta}$: moment du couple de frottement

Soit $-T' \times r + F \times R + \mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 0$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = T' \times r - F \times R$

or $T' = mg$

d'où $\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = mgr - F \times R$

A.N. : $\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = 20 \times 10 \times 0,02 - 1,2 \times 20 \times 0,2$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} = -0,8$ N.m

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}/\Delta} < 0$: Les forces de frottement s'opposent au mouvement.

3. La puissance de la force motrice.

$\mathcal{P}(\vec{F}) = \mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} \times \omega$ avec $\mathcal{M}_{\vec{F}/\Delta} = F \times R$

Or les deux gorges ont la même vitesse angulaire ;

$\omega = \frac{v}{r}$, finalement $\mathcal{P}(\vec{F}) = F \times R \times \frac{v}{r}$

$\mathcal{P}(\vec{F}) = 12$ W.

10 1. La vitesse linéaire d'un point de la périphérie de la poulie de rayon r est égale à la vitesse linéaire v de déplacement de la charge.

$v = r \times \omega$ soit $\omega = \frac{v}{r}$

A.N. : $\omega = \frac{0,5}{0,2} = 2,5$ rad/s.

2. La puissance instantanée de la tension $\vec{T}$ du câble est :

$\mathcal{P}(\vec{T}) = \vec{T} \cdot \vec{v} = T.v$

$\vec{T}$ et $\vec{v}$ sont colinéaires et de même sens d'où $T = \frac{\mathcal{P}(\vec{T})}{v}$

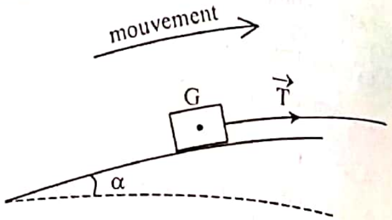
A.N. : $T = \frac{1800}{0,5} = 3600$ N

3. Le moment du couple $\mathcal{C}$ du moteur est :

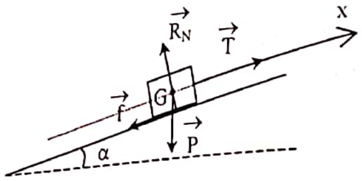
$\mathcal{P}_{\mathcal{C}} = \mathcal{M}_{\mathcal{C}} \times \omega$

d'où $\mathcal{M}_{\mathcal{C}} = \dfrac{\mathcal{P}_{\mathcal{C}}}{\omega}$

A.N. : $\mathcal{M}_{\mathcal{C}} = \dfrac{1800}{2,5} = 720$ N.m.



4.



La charge soumise aux forces $\vec{P}$, $\vec{R}_N$, $\vec{T}$ et $\vec{f}$ a un mouvement rectiligne uniforme.

D'après le principe de l'inertie,

$\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{T} + \vec{f} = \vec{0}$

Projetons ces forces sur l'axe (G x)

$-P\sin\alpha - f + T = 0$ soit $f = T - P\sin\alpha$

$f = T - mg\sin\alpha$

A.N. : $f = 3600 - (100\times10\times\sin12°)$.

$f = 3392$ N

5. La puissance $\mathcal{P}_{\mathcal{C}'}$ du couple de frottement est égale à 40% de $\mathcal{P}_{\mathcal{C}}$

$\mathcal{P}_{\mathcal{C}'} = \dfrac{40}{100} \times \mathcal{P}_{\mathcal{C}}$

or $\mathcal{P}_{\mathcal{C}'} = \mathcal{M}_{\mathcal{C}'} \times \omega$

d'où $\mathcal{M}_{\mathcal{C}'} = \dfrac{40}{100} \times \dfrac{\mathcal{P}_{\mathcal{C}}}{\omega}$

A.N. : $\mathcal{M}_{\mathcal{C}'} = \dfrac{40}{100} \times \dfrac{720}{2,5}$

$\mathcal{M}_{\mathcal{C}'} = 115,2$ N.m.

CHAPITRE 3

1
1. Vrai.
2. Faux. l'énergie cinétique d'un solide en translation est égale à la moitié du produit de la masse du solide par le carré de sa vitesse. $E_c = \dfrac{1}{2}mv^2$.
3. Vrai.
4. Vrai.

2 1. L'énergie cinétique d'un solide en translation est : $E_c = \dfrac{1}{2}mv^2$

A.N. : $m = 0,1$ kg ; $v = 50$ m.s^{-1}

$E_c = \dfrac{1}{2} \times 0,1 \times (50)^2 = 125$ J.

2. A.N. : $m = 1000$ kg ; $v = 27,8$ m.s^{-1}

$E_c = \dfrac{1}{2} \times 1000 \times (27,8)^2$

$E_c = 3,8.10^5$ J.

3 L'énergie cinétique d'un solide en rotation autour d'un axe fixe est :

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

1. Le moment d'inertie de la jante est : $J_\Delta = m.R^2$

A.N. $J_\Delta = 5\times(0,2)^2 = 0,2$ kg.m^2

d'où l'énergie cinétique de la jante

$E_c = \dfrac{1}{2} \times 0,2 \times (10)^2$

$E_c = 10$ J.

2. Le moment d'inertie d'un cylindre plein homogène est :

$J_\Delta = \dfrac{1}{2} mR^2$.

A.N. : $J_\Delta = \dfrac{1}{2} \times 100 \times (1,3)^2 = 84,5$ kg.m^2

d'où l'énergie cinétique du cylindre

$E_c = \dfrac{1}{2} \times 84,5 \times (12,56)^2 = 6,7.10^3$ J.

4 L'énergie cinétique de l'ensemble { barre + masselottes} est :

$E_c = E_{c\ barre} + 2\ E_{c\ masselotte}$ (1)

Le moment d'inertie de la barre est : $J_\Delta = \dfrac{1}{12} M\ell^2$

d'où l'énergie cinétique de la barre est :

$E_{c\ barre} = \dfrac{1}{2} J_\Delta\ \omega^2 = \dfrac{1}{24} M\ \ell^2\ \omega^2$.

Le moment d'inertie d'une masselotte est $J'_\Delta = m\left(\dfrac{\ell}{2}\right)^2$; d'où l'énergie cinétique d'une masselotte :

MÉCANIQUE

$E_{c\,\text{masselotte}} = \frac{1}{2} J'_A \omega^2 = \frac{1}{8} m\ell^2 \omega^2.$

Finalement $E_c = \frac{1}{24} M\ell^2\omega^2 + \frac{2}{8} m\ell^2\omega^2$;

$E_c = \frac{\ell^2\omega^2}{8} \left(\frac{M}{3} + 2m\right).$

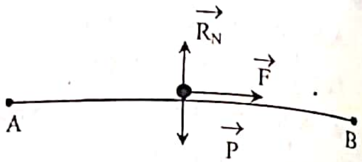
A.N. : $E_c = \frac{(0.5)^2 \times 2^2}{8} \left(\frac{0,3}{3} + 0,2\right)$

$E_c = 75.10^{-4}$ J.

5 1. • Système : le solide

• bilan des forces

- le poids $\vec{P}$ du solide
- la réaction normale $\vec{R}_N$ du plan
- la force $\vec{F}$



Calculons les travaux de ces forces .

$W_{AB}(\vec{P}) = 0$ car $\vec{P} \perp \vec{AB}$

$W_{AB}(\vec{R}_N) = 0$ car $\vec{R}_N \perp \vec{AB}$

$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F{\times}AB$ car $\vec{F}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de même sens.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique.

$\Delta E_c = \sum W(\vec{F})$

$E_{cB} - E_{cA} = W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}_N) + W_{AB}(\vec{F})$

$\frac{1}{2} m v_B^2 = F{\times}AB$ car $E_{cA} = 0$ (le solide étant initialement au repos).

$v_B = \sqrt{\frac{2{\times}F{\times}AB}{m}}$

A.N. : $v_B = \sqrt{\frac{2{\times}10{\times}1,5}{0,5}} = 7,74$

$v_B = 7,7\ \text{m.s}^{-1}$

2. Entre B et C le solide est soumis aux forces $\vec{P}$ et $\vec{R}_N$ qui se compensent

$\vec{P} + \vec{R}_N = \vec{0}$.

D'après le principe de l'inertie, son mouvement est rectiligne uniforme de vitesse v_B

d'où $v_C = v_B = 7,7\ \text{m.s}^{-1}$.

<u>Autre méthode</u>

L'application du théorème de l'énergie cinétique donne :

$E_{cB} - E_{cA} = W_{BC}(\vec{P}) + W_{BC}(\vec{R}_N)$

Or $W_{BC}(\vec{P}) = W_{BC}(\vec{R}_N) = 0$ car $\vec{P} \perp \vec{BC}$ et $\vec{R}_N \perp \vec{BC}$

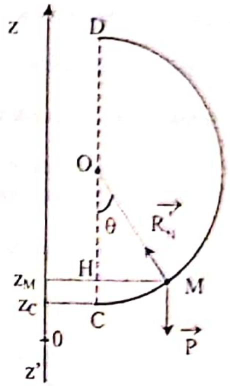
d'où $\frac{1}{2} m v_C^2 - \frac{1}{2} m v_B^2 = 0$

$v_C = v_B = 7,7\ \text{m.s}^{-1}$.

3. • Système : le solide

• bilan des forces

- le poids $\vec{P}$ du solide
- la réaction $\vec{R'}_N$ de la piste



Calculons les travaux des forces.

$W(\vec{R}_N) = 0$ car $\vec{R'}_N \perp \vec{v}_M$

$\vec{v}_M$: vecteur vitesse du solide au point M.

$W(\vec{P}) = m\,g\,(z_C - z_M)$

Sur un axe vertical z'z orienté vers le haut, la dénivellation entre C et H est :

$z_C - z_M = -HC = -(OC - OH)$

$z_C - z_M = -(r - r\cos\theta) = -r\,(1 - \cos\theta)$

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

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique

$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$

$E_{CM} - E_{CC} = W_{CM}(\vec{P}) + W_{CM}(\vec{R'}_N)$

$\frac{1}{2} m v_M^2 - \frac{1}{2} m v_C^2 = -mgr\,(1 - \cos\theta)$

$v_M^2 - v_C^2 = -2gr\,(1 - \cos\theta)$

$v_M = \sqrt{v_C^2 - 2gr(1 - \cos\theta)}$

A.N. : $v_M = \sqrt{(7,74)^2 - 2{\times}10{\times}1(1 - \cos 30°)} = 7,56$

$v_M = 7,6\ \text{m.s}^{-1}$.

4. Au point D , $\theta = \pi$ rad ; $\cos\theta = -1$

$v_D = \sqrt{v_C^2 - 4gr}$

A.N. : $v_D = \sqrt{(7,74)^2 - 4{\times}10{\times}1}$

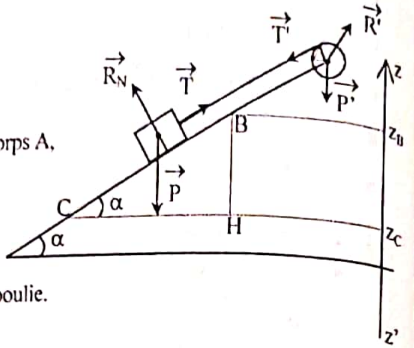
$v_D = 4,5\ \text{m.s}^{-1}$.

MÉCANIQUE

6 • Système : { corps A + poulie }

• Bilan des forces :

- le poids $\vec{P}$ du corps A,
- la réaction normale $\vec{R_N}$ du plan,
- la force $\vec{T}$ exercée par le fil sur le corps A,
- le poids $\vec{P'}$ de la poulie,
- la réaction $\vec{R'}$ de l'axe de la poulie,
- la force $\vec{T'}$ exercée par le fil sur la poulie.



Calculons les différents travaux.

$W_{BC}(\vec{P}) = M.g\,(z_B - z_C)$.

Sur l'axe z'z vertical orienté vers le haut, la dénivellation entre B et C est :

$z_B - z_C = BH = BC\sin\alpha$

d'où $W_{BC}(\vec{P}) = MgBC\sin\alpha$

$W_{BC}(\vec{R_N}) = 0$ car $\vec{R_N} \perp \vec{BC}$

Le fil est inextensible et sans masse ; d'où $\vec{T} + \vec{T'} = \vec{0}$

$W(\vec{T}) + W(\vec{T'}) = 0$

$W(\vec{P'}) = W(\vec{R'}) = 0$ car les droites d'action de ces forces rencontrent l'axe Δ.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre B et C :

$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$

$E_{CC} - E_{CB} = W_{BC}(\vec{P}) + W_{BC}(\vec{T}) + W_{BC}(\vec{R_N}) + W(\vec{T'}) + W(\vec{P'}) + W(\vec{R'})$

$E_{CB} = 0$ car l'ensemble est initialement au repos.

$$E_{CC} = \frac{1}{2}Mv_C^2 + \frac{1}{2}J_\Delta\,\omega^2 \quad \text{avec} \quad \omega = \frac{v_C}{r} \quad \text{et} \quad \begin{cases} \frac{1}{2}Mv_C^2 = E_C \text{ corps A} \\ \frac{1}{2}J_\Delta\,\omega^2 = E_C \text{ poulie} \end{cases}$$

d'où $\frac{1}{2}Mv_C^2 + \frac{1}{2}J_\Delta\left(\frac{v_C}{r}\right)^2 = MgBC\sin\alpha$

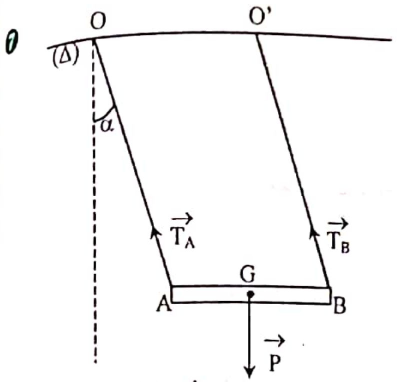
$\frac{1}{2}v_C^2\left(M + \frac{J_\Delta}{r^2}\right) = MgBC\sin\alpha$

d'où $v_C = \sqrt{\dfrac{2MgBC\sin\alpha}{M + \frac{J_\Delta}{r^2}}}$

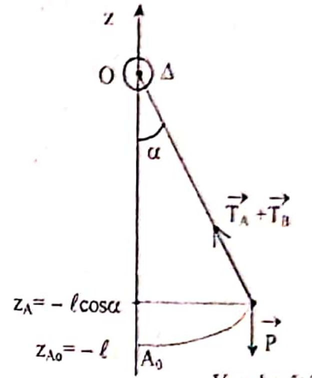
A.N. : $v_C = \sqrt{\dfrac{2\times2\times10\times2\times0{,}5}{2 + \frac{18.10^{-4}}{(0{,}06)^2}}}$

$v_C = 4\ \text{m.s}^{-1}$.

7



Vue en perspective



Vue de côté

• Système : { La planche + enfants}

• Bilan des forces :

- le poids $\vec{P}$ du système,
- la tension $\vec{T_A}$ du fil en A,
- la tension $\vec{T_B}$ du fil en B.

Calculons les différents travaux .

Soit A_0 la position la plus basse.

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

Sur un axe vertical (oz) orienté vers le haut la dénivellation entre A et A_0 est :

$z_A - z_{A_0} = -\ell\cos\alpha + \ell = \ell(1-\cos\alpha)$

d'où $W(\vec{P}) = mg\,\ell\,(1-\cos\alpha)$

$W(\vec{T_A}) = W(\vec{T_B}) = 0$ car $\vec{T_A} \perp \vec{v}$ et $\vec{T_B} \perp \vec{v}$

$\vec{v}$: vecteur vitesse de la planche.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique. $\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$

$E_{CA_0} - E_{CA} = W(\vec{P}) + W(\vec{T_A}) + W(\vec{T_B})$

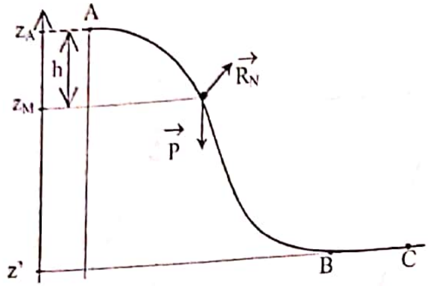
$v_A = 0$ d'où $\frac{1}{2}\,mv_{A_0}^2 = mg\ell\,(1-\cos\alpha)$

$v_{A_0} = \sqrt{2g\ell(1-\cos\alpha)}$

A.N. : $v_{A_0} = \sqrt{2\times10\times2(1-0{,}5)}$

$v_{A_0} = 4{,}5\ \text{m.s}^{-1}$.

8



1.
- Système : le solide.
- Bilan des forces :

- le poids $\vec{P}$ du solide,
- la réaction normale $\vec{R}_N$ de la piste.

2. Calculons les différents travaux.

$W_{AM}(\vec{P}) = mg(z_A - z_M)$ avec $z_A - z_M = h$

$W_{AM}(\vec{P}) = mgh$

$W_{AM}(\vec{R}_N) = 0$ car $\vec{R}_N \perp \vec{v}$; $\vec{v}$: vecteur vitesse du solide.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique.

$E_{CM} - E_{CA} = W_{AM}(\vec{P}) + W_{AM}(\vec{R}_N)$

$\frac{1}{2} m v_M^2 = mgh$

d'où $v_M^2 = 2gh$

$v_M = \sqrt{2gh}$.

3. $v_M = \sqrt{2gh}$; $h = \frac{v^2}{2g}$; $E_C = mgh$

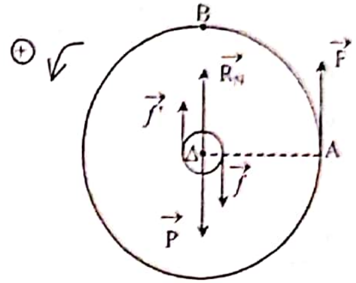
Position du solide	A	B	C
h (m)	0	0,8	0,8
v (m.s^{-1})	0	4	4
E_C (J)	0	0,4	0,4

Remarque : Entre B et C, le solide est soumis aux forces $\vec{P}$ et $\vec{R}_N$ qui se compensent.
D'après le principe de l'inertie, le mouvement est rectiligne et uniforme, de vitesse v_B = 4 m.s^{-1}.

9 1. Le moment d'inertie de la roue par rapport à l'axe Δ est :
$J_\Delta = mR^2$
A.N. : $J_\Delta = 0{,}8 \times (0{,}25)^2 = 0{,}05$ kg.m^2.

2.
- Système : la roue
- Bilan des forces :

- la force $\vec{F}$
- la réaction $\vec{R}_N$ de l'axe Δ
- le poids $\vec{P}$ de la roue
- le couple de frottement $\mathscr{C}(\vec{f}, \vec{f'})$



Calculons les différents travaux entre A et B.

$W(\mathscr{C}) = -\mathscr{M}_{\mathscr{C}} \times \theta$

$W(\vec{P}) = W(\vec{R}_N) = 0$ car les droites d'action des forces $\vec{P}$ et $\vec{R}_N$ rencontrent l'axe Δ.

$W(\vec{F}) = F \times \text{arcAB}$ avec $\text{arcAB} = R \times \theta$

$W(\vec{F}) = F \times R \times \theta$

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique.

$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$

$E_{CB} - E_{CA} = W(\vec{P}) + W(\vec{R}_N) + W(\vec{F}) + W(\mathscr{C}_f)$

$\frac{1}{2} J_\Delta \omega_B^2 = W(\vec{F}) + W(\mathscr{C})$

d'où $\frac{1}{2} J_\Delta \omega_B^2 = F \times R \times \theta - \mathscr{M}_{\mathscr{C}} \times \theta$

finalement $F = \dfrac{\frac{1}{2} J_\Delta \omega_B^2 + \mathscr{M}_{\mathscr{C}} \times \theta}{R \times \theta}$

A.N. : $F = \dfrac{0{,}5 \times 0{,}05 \times (6{,}28)^2 + 0{,}004 \times \frac{\pi}{2}}{0{,}25 \times \frac{\pi}{2}}$

$F = 2{,}6$ N.

Déterminons le nombre de tours effectués par la roue jusqu'à l'arrêt.
Appliquons le théorème de l'énergie cinétique :

$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$

$0 - \frac{1}{2} J_\Delta \omega_B^2 = W(\mathscr{C})$

$-\frac{1}{2} J_\Delta \omega_B^2 = -\mathscr{M}_{\mathscr{C}} \times \theta'$

$$\theta' = \frac{J_\Delta \omega_n^2}{2.\mathcal{M}_f}$$

A.N. : $\theta' = \frac{0,05\times(6,28)^2}{2\times 0,004} = 246,49 \text{ rad} \simeq 246,5 \text{ rad}$

d'où le nombre de tours

$n = \frac{\theta'}{2\pi} = \frac{246,5}{6,28}$

$n = 39,2$ tours.

10 1.

- système : le gong
- bilan des forces :
  - le poids $\vec{P}$ du gong
  - la tension $\vec{T}$ du câble.

Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre G_0 et G.

$$E_{C final} - E_{C initial} = W(\vec{P}) + W(\vec{T}) \qquad (1)$$

$W(\vec{T}) = 0$

$W(\vec{P}) = mg\,(z_{G_0} - z_G)$

Or $z_{G_0} - z_G = -r + r\cos\theta = -r\,(1-\cos\theta)$

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

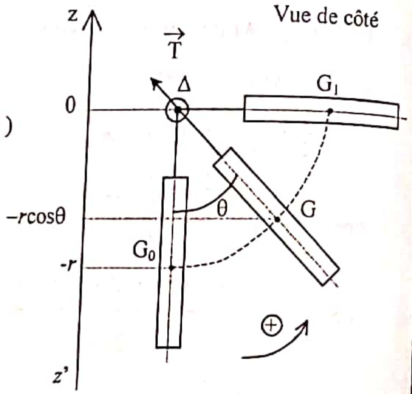
La relation (1) devient :

$0 - \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2 = -mgr(1-\cos\theta)$

soit $\frac{1}{2}\times\frac{3}{2}mr^2\times\omega^2 = -\,mgr(1-\cos\theta)$

finalement $\omega^2 = \frac{4g}{3r}(1-\cos\theta)$

soit $\omega = \sqrt{\frac{4g}{3r}(1-\cos\theta)}$.



2. En position horizontale, $\theta = 90°$

$\cos 90° = 0$ d'où

$\omega = \sqrt{\frac{4g}{3r}(1-0)}$

$\omega = \sqrt{\frac{4g}{3r}}$

A.N. : $\omega = \sqrt{\frac{4\times10}{3\times0,1}}$

$\omega = 11,5$ rad/s.

CHAPITRE 4

1 1. Vrai

2. Faux : l'énergie potentielle d'un ressort de raideur k subissant une élongation x est : $E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2$

3. Faux : le travail d'une force de frottement dépend du chemin suivi. La force de frottement n'est pas une force conservative.

4. Vrai.

2 L'énergie potentielle du bus est : $E_P = mgz$

1. Par rapport au sommet de la côte :

$z = -\frac{BH}{2}$ avec $BH = d\sin\alpha$

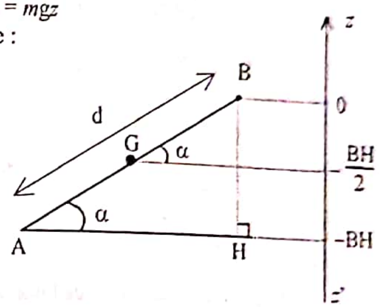
$z = -\frac{d\sin\alpha}{2}$

A.N. : $\sin\alpha = 0,05$

$z = -\frac{400\times0,05}{2} = -10$ m

$E_P = 40\times1000\times10\times(-10)$

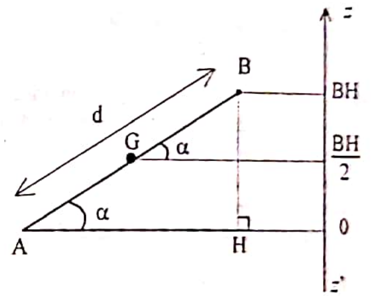
$E_P = -\,4.10^6$ J.



2. Par rapport au bas de la côte

$z = +\frac{BH}{2} = \frac{d.\sin\alpha}{2}$

A.N. : $E_P = +\,4.10^6$ J.



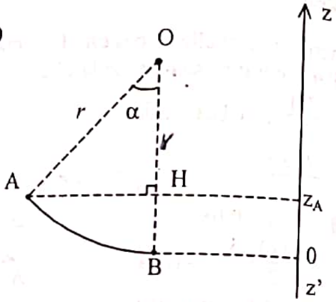
3 L'énergie potentielle élastique du ressort est :

$E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2$

A.N. : $E_{Pe} = \frac{1}{2}\times240\times(0,06)^2$

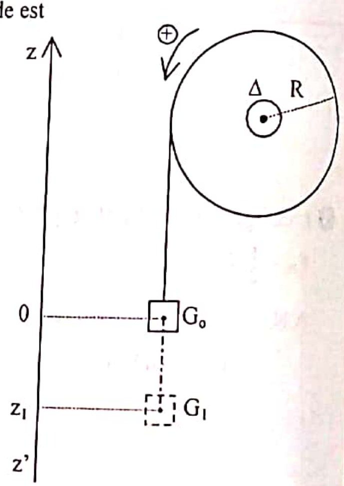
$E_{Pe} = 0,432$ J.

4 1. L'énergie mécanique du système {mobile + Terre} en A
$E_A = E_{CA} + E_{PA}$ (origine des énergies potentielles en B)
$E_A = mgz_A$ car $v_A = 0$
Or $z_A = BH = OB - OH$
$z_A = r - r\cos\alpha = r(1 - \cos\alpha)$
$E_A = mgr(1 - \cos\alpha)$
A.N. : $E_A = 0{,}2 \times 10 \times 0{,}6\,(1 - \cos 60°) = 0{,}6$ J.
2. Les frottements sont négligeables.
L'énergie mécanique du système { mobile + Terre} se conserve.
$E_B = E_A$ (1)
Avec $E_B = E_{CB} = \frac{1}{2} m v_B^2$ car $E_{PB} = 0$



La relation (1) devient :
$$\frac{1}{2} m v_B^2 = E_A$$
d'où $v_B = \sqrt{\frac{2E_A}{m}}$
A.N. : $v_B = \sqrt{\frac{2 \times 0{,}6}{0{,}2}}$
$v_B = 2{,}4$ m.s^{-1}.
3. Appliquons la conservation de l'énergie mécanique.
$E_B = E_C$
$E_{CB} = E_{CC}$ car $E_{PB} = E_{PC} = 0$
D'où $v_C = v_B = 2{,}4$ m.s^{-1}.

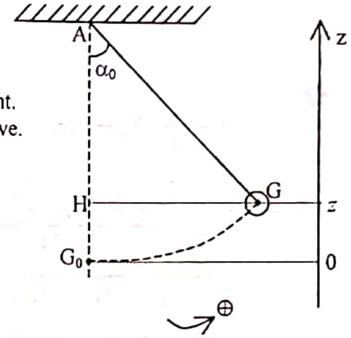
5 • système : {Terre + solide + cylindre }
Choisissons comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur le point où le solide est abandonné sans vitesse initiale.
Les frottements sont négligeables.
L'énergie mécanique se conserve.
$E_{G_0} = E_{G_1}$ (1)
$E_{G_0} = 0$ car $E_{C_0} = E_{P_0} = 0$
$E_{G_1} = E_{C_1} + E_{P_1}$
Avec $E_{C_1} = \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2 + \frac{1}{2} m v^2$
Et $E_{P_1} = mgz_1$
Or $\omega = \frac{v}{R}$ et $z_1 = -\ell$
La relation (1) devient :
$$\frac{1}{2} J_\Delta \frac{v^2}{R^2} + \frac{1}{2} m v^2 - mg\ell = 0$$
soit $\frac{1}{2}\left(\frac{J_\Delta}{R^2} + m\right) v^2 = mg\ell$



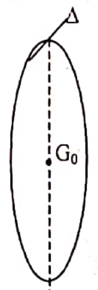
finalement $v = \sqrt{\frac{2mg\ell}{\frac{J_\Delta}{R^2} + m}}$

A.N. : $v = \sqrt{\frac{2 \times 5 \times 10 \times 2}{\frac{0{,}08}{(0{,}1)^2} + 5}} \simeq 4$ m.s^{-1}.

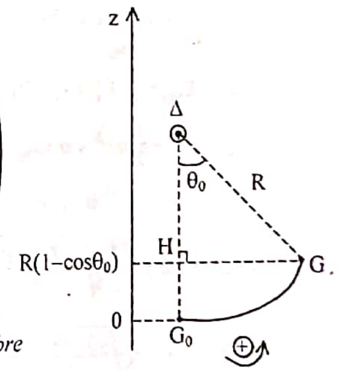
6 1. a. L'énergie potentielle de pesanteur du système { Terre + pendule} est :
$E_P = mgz$ avec $z = AG_0 - AH$
$z = \ell(1 - \cos\alpha_0)$
d'où $E_P = mg\ell(1 - \cos\alpha_0)$
b. $E_P = 0{,}2 \times 10 \times 0{,}6\,(1 - \cos 30°)$
$E_P = 0{,}16$ J.
2. On suppose qu'il n'y a pas de frottement.
L'énergie mécanique du système se conserve.
$E_G = E_{G_0}$
$E_G = E_P = 0{,}16$ J car $v = 0$
$E_{G_0} = E_{C_0} = \frac{1}{2} m v_0^2$ car $E_{PG_0} = 0$
D'où $= \frac{1}{2} m v_0^2 = E_P$
$v_0 = \sqrt{\frac{2E_P}{m}}$
A.N. : $v_0 = \sqrt{\frac{2 \times 0{,}16}{5}}$
$v_0 = 0{,}25$ m.s^{-1}.



7 • système : { Terre +cerceau}
choisissons le plan horizontal passant par le centre d'inertie à la position d'équilibre comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.
L'énergie mécanique du système En G est :



Position d'équilibre



$E_C + E_P = E_P$ car $v = 0$
$E_P = mgz = mgR(1 - \cos\theta_0)$
d'où $E = mgR(1 - \cos\theta_0)$
L'énergie mécanique du système en G_0
$E_0 = E_{C0} + E_{P0} = E_{C0} = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} J_\Delta \omega^2$ car $E_{P_0} = 0$
Or $\omega = \frac{v}{R}$ d'où $E_0 = \frac{1}{2}\left(m + \frac{J_\Delta}{R^2}\right) v^2$

Les frottements sont négligeables donc l'énergie mécanique se conserve.

$E_0 = E$

$mgR\,(1-\cos\theta_0) = \frac{1}{2}\,(m + \frac{J_\Delta}{R^2})v^2$

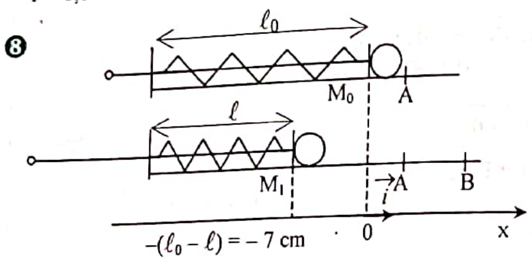
finalement

$$v = \sqrt{\frac{2\,mgR\,(1-\cos\theta_0)}{m + \frac{J_\Delta}{R^2}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2\times1\times10\times0.3\,(1-\cos40°)}{1 + \frac{0,18}{(0,3)^2}}}$$

$v = 0,68\ m.s^{-1}$.

8



1. • Système : {bille + ressort}
Choisissons comme état de référence de l'énergie potentielle de pesanteur le plan horizontal passant par les points A et B de sorte que $E_{PP} = 0$ en tous les points de la droite (AB).
Il n'y a pas de frottement ; l'énergie mécanique du système se conserve.
La bille est éjectée en M_0.
Donc $E_{M_1} = E_{M_0}$

$E_{M_1} = E_{Pe_1} = \frac{1}{2}\,k\,[-(\ell_0 - \ell)]^2$ car $v_1 = 0$

$E_{M_0} = E_{C_0} = \frac{1}{2}mv^2$ car $E_{Pe_0} = 0$

D'où $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k(\ell_o - \ell)^2$

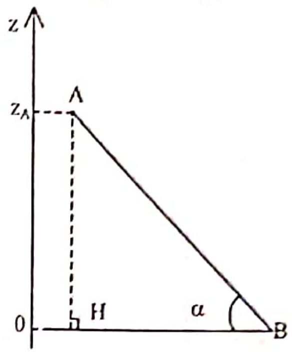
Finalement $v = \sqrt{\frac{k(\ell_o - \ell)^2}{m}}$

A.N. : $v = \sqrt{\frac{40\times49.10^{-4}}{0,02}}$

$v = 3,13\ m.s^{-1}$.

2. Appliquons la conservation de l'énergie mécanique entre les points A et B.
$E_B = E_A$ d'où $E_{C_B} = E_{C_A}$
Finalement $v_B = v_A = 3,13\ m.s^{-1}$.

9 1. • Système {solide + Terre}
Choisissons comme niveau de référence de l'énergie potentielle de pesanteur le plan horizontal passant par B.
Les frottements sont négligeables donc l'énergie mécanique se conserve.



$E_B = E_A$

$E_A = E_{PA} = mgz_A = mg\ell\sin\alpha$ car $E_{CA} = 0$

$E_B = E_{CB} = \frac{1}{2}mv_B^2$ car $E_{PB} = 0$

d'où $\frac{1}{2}mv_B^2 = mg\ell\sin\alpha$

finalement $v_B = \sqrt{2gl\sin\alpha}$

A.N. : $v_B = \sqrt{2\times10\times2\times\sin30°}$

$v_B = 4,5\ m.s^{-1}$.

2. À cause des forces de frottement, l'énergie mécanique du système ne se conserve pas.

$\Delta E = W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f}.\vec{AB}$.

Comme les vecteurs $\vec{f}$ et $\vec{AB}$ sont colinéaires et de sens opposés,

$\Delta E = -f\,AB = -f\,\ell$

$E_B - E_A = -f\,\ell$

$\frac{1}{2}mv_B^2 - mg\ell\sin\alpha = -f\,\ell$

$\frac{1}{2}m\,(v_B^2 - g\ell\sin\alpha) = -f\,\ell$

d'où $f = -\frac{m}{2}(\frac{v_B^2}{\ell} - g\sin\alpha)$

A.N. : $f = -\frac{003}{2}(\frac{2,8^2}{2} - 10\times\sin30°)$

$f = 0,016$ N.

10 1. L'énergie potentielle élastique du système {ressort + solide} est :

$E_P = E_{Pe} + E_{PP} = E_{Pe} = \frac{1}{2}\,k\,x^2$ car $E_{PP} = 0$ ($E_{Pe} = 0$ quand le ressort est au repos)

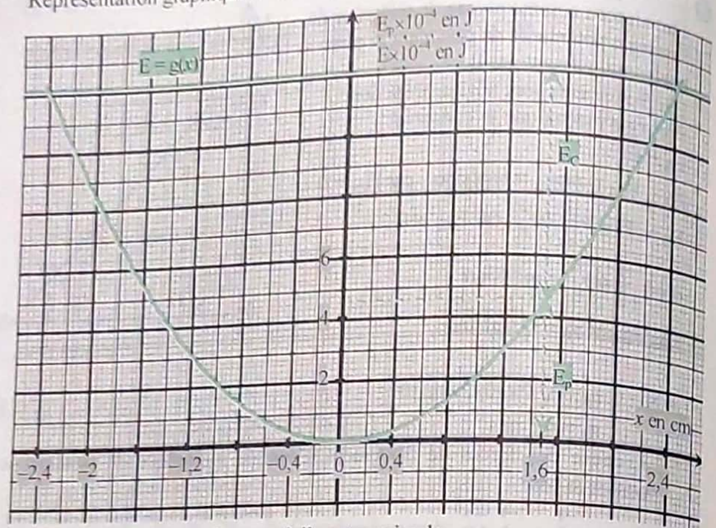
d'où $E_{pe} = \frac{1}{2}\times4,15x^2 = 2,07\,x^2$.

2. Tableau des valeurs

x (cm)	−2,4	−2	−1,6	−1,2	−0,8	− 0,4	0
$E_P\times10^{-4}$ (J)	12	8,3	5,3	3	1,31	0,33	0

x (cm)	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4
$E_P\times10^{-4}$ (J)	0	0,33	1,33	3	5,3	8,3	12

Représentation graphique : $E_P = f(x)$



3. Pour $x = \pm x_m$ l'énergie potentielle est maximale.

Graphiquement :

$E_{Pemax} = 1{,}2.10^{-3}$ J.

4.

a. Les frottements sont négligés; donc l'énergie mécanique se conserve.

$E = E_{\text{position extrême}} = E_{Pemax}$

Car à chaque position extrême, le solide s'arrête ($v = 0$)

$E = 1{,}2.10^{-3}$ J.

b. Graphe : $E = g(x)$

voir représentation à la question (2).

5. Graphiquement $E_P = 4{,}6\ .10^{-4}$ J

$E_C = E - E_P$

$E_C = 12.10^{-4} - 4{,}6.10^{-4}$

$E_C = 7{,}4.0^{-4}$ J

d'où $v = \sqrt{\dfrac{2E_C}{m}}$

A.N. : $v = \sqrt{\dfrac{2\times7{,}4.10^{-4}}{0{,}206}}$

$v = 0{,}08\ m.s^{-1}$ ou $v = 8\ cm.s^{-1}$.

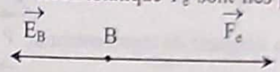
CHAPITRE 5

1

1. Faux : la force électrostatique est une force à distance.
2. Vrai : $\vec{F_e} = q\,\vec{E}$. Le champ et la force électrostatiques sont toujours colinéaires. Cependant ils n'ont pas toujours le même sens.
3. Faux : le champ électrostatique créé par une charge ponctuelle positive est centrifuge.
4. Faux : dans un champ électrostatique uniforme, les lignes de champ sont parallèles et équidistantes.
5. Vrai.

2

1. Le champ électrostatique E_B et la la force électrostatique F_e sont liés par la relation : $\vec{F_e} = q\vec{E_B}$



(q<0)

- $\vec{E_B}$ a donc la même direction que $\vec{F_e}$ c'est à dire celle de l'horizontale passant par B.
- $q < 0$ $\vec{F_e}$ et $\vec{E_B}$ sont de sens opposés; $\vec{E_B}$ est donc dirigé vers la gauche.

2. L'intensité de la force électrostatique est :

$F_e = |q|\,E_B$

A.N. : $F_e = 5.10^{-8} \times 2.10^{5}$

$F_e = 10^{-2}$ N.

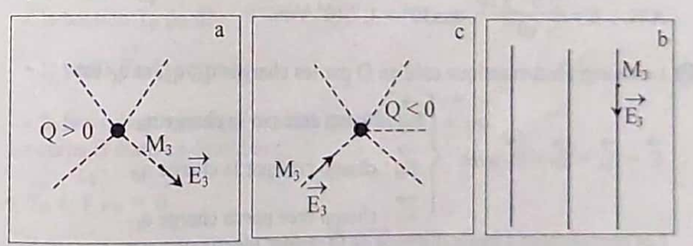
3

1. figure a : champ créé par une charge ponctuelle positive.

figure c : champ créé par une charge ponctuelle négative.

2. figure b : champ uniforme car les lignes de champ sont parallèles et équidistantes.

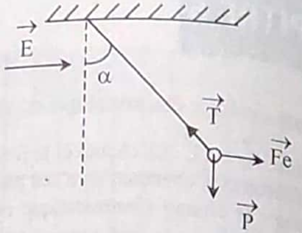
3.



❹ • Système : La boule

• Bilan des forces :

- le poids $\vec{P}$ de la boule,
- la tension $\vec{T}$ du fil,
- la force électrostatique $\vec{F_e}$.



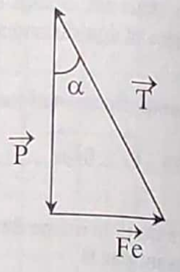
La boule est en équilibre

$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F_e} = \vec{O}$

Construisons le triangle des forces.

Échelle : 1cm représente 10^{-2} N

$P = mg = 3.10^{-3} \times 10 = 3.10^{-2}$ N



La longueur du représentant de $\vec{P}$ est 3 cm.

La longueur du représentant de $\vec{F_e}$ est 1,7 cm.

Compte tenu de l'échelle :

$F_e = 1{,}7 \,.\, 10^{-2}$ N

Or $F_e = |q| \,.\, E$

d'où $E = \dfrac{F_e}{|q|}$

A.N. : $E = \dfrac{1{,}7.0^{-2}}{10^{-6}} = 1{,}7.10^4$ V/m.

<u>Remarque</u>

On aurait pu utiliser la relation trigonométrique.

$\tan\alpha = \dfrac{F_e}{P}$ avec $F_e = |q| .E$ et $P = mg$

$\tan\alpha = \dfrac{q|E|}{mg}$ d'où $E = \dfrac{mg}{q} .\tan\alpha$

A.N. : $E = \dfrac{3.0^{-3} \times 10}{10^{-6}} \times \tan 30° = 1{,}7.10^4$ V/m.

❺ Le champ électrostatique créé en O par les charges q_A, q_B, et q_C est :

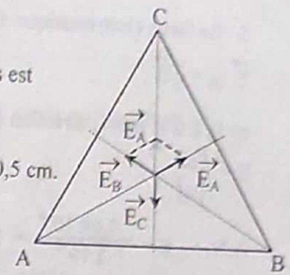
$$\vec{E} = \vec{E_A} + \vec{E_B} + \vec{E_C} \text{ avec } \begin{cases} \vec{E_A} : \text{champ créé par la charge } q_A \\ \vec{E_B} : \text{champ créé par la charge } q_B \\ \vec{E_C} : \text{champ créé par la charge } q_C \end{cases}$$

Les charges sont à égale distance de O et sont identiques.

Donc $E_A = E_B = E_C = 1000$ V/m.

Construisons cette somme vectorielle :

Échelle : 0,5 cm représente 1000 V/m.

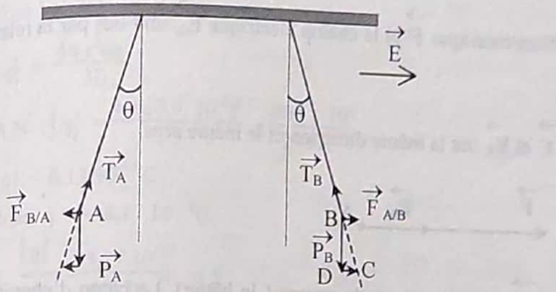


- La somme $\vec{E_A} + \vec{E_B}$ a la même direction mais est de sens contraire que $\vec{E_C}$.
- La longueur du représentant de $\vec{E_A} + \vec{E_B}$ est 0,5 cm.

Donc $\vec{E_A} + \vec{E_B} = -\vec{E_C}$

D'où $\vec{E_A} + \vec{E_B} + \vec{E_C} = \vec{E} = \vec{0}$.

❻



1.

- Système : le corps chargé A
- Bilan des forces :
  - la tension $\vec{T_A}$ du fil
  - le poids $\vec{P_A}$ du corps A
  - La force électrostatique exercée par B sur A $\vec{F}_{B/A}$
- Système : le corps chargé B
- Bilan des forces
  - la tension $\vec{T_B}$ du fil
  - le poids $\vec{P_B}$ du corps B
  - la force électrostatique exercée par A sur B : $\vec{F}_{A/B}$.

2. Le corps B étant en équilibre ;

$\vec{P_B} + \vec{T_B} + \vec{F}_{A/B} = \vec{0}$

Dans le triangle BDC, rectangle en D, $\vec{P}$ et $\vec{F}_{A/B}$ sont orthogonaux.

$\tan\theta = \dfrac{F_{A/B}}{P}$

d'où $F_{A/B} = P.\tan\theta = m.g \tan\theta$

A.N. : $F_{A/B} = 10 \times \tan 15° = 2{,}68.10^{-3}$ N.

ÉLECTRICITÉ

3. La force électrostatique $\vec{F}_{A/B}$ et le champ $\vec{E}$ sont liés par la relation

$\vec{F}_{A/B} = q\vec{E}$

$q > 0$, E a la même direction et le même sens que $\vec{F}_{A/B}$ (voir figure)

$E = \dfrac{F_{A/B}}{|q|}$

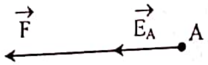
A.N. : $E = \dfrac{2{,}68.10^{-3}}{2.10^{-8}} = 133974{,}6$ V/m

$E \simeq 1{,}34.10^{5}$ V/m.

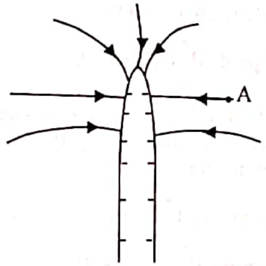
7 1. La force électrostatique $\vec{F}$ et le champ électrique $\vec{E}_A$ sont liés par la relation

$\vec{F} = q_A.\vec{E}_A$

$q_A > 0$ donc $\vec{F}$ et $\vec{E}_A$ ont la même direction et le même sens.



2. Le champ $\vec{E}_A$ est orienté vers la source (le bâton). Le bâton d'ébonite est donc chargé d'électricité négative.
3. Le bâton étant chargé d'électricité négative, les lignes de champ sont orientées à l'intérieur.
Le champ est centripète.



8 1.

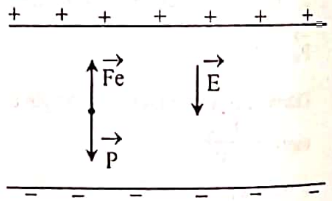
- Système : la goutte d'huile chargée.
- Bilan des forces :

- le poids $\vec{P}$ de la goutte d'huile
- la force électrostatique $\vec{F}_e$

La goutte d'huile est en équilibre :

$\vec{F}_e + \vec{P} = \vec{0}$

d'où $\vec{F}_e = -\vec{P}$.



La force $\vec{F}_e$ est verticale et orientée vers le haut.

Or $\vec{F}_e = q.\vec{E}$

$\vec{F}_e$ et $\vec{E}$ étant de sens contraires, la charge portée par la goutte d'huile est négative.

2. $\vec{F}_e = -\vec{P}$ donc $F_e = P$

$F_e = |q|\,E$ et $P = mg = a \times (\frac{4}{3} \times \pi \times r^3) \times g$

d'où $|q|.E = \frac{4}{3}\,\pi r^3 ag$

$|q| = \dfrac{4\pi r^3 ag}{3E}$

A.N. : $|q| = \dfrac{4\,\pi\,(0{,}9.\,10^{-6})^3}{3} \times \dfrac{800 \times 10}{29875}$

$|q| = 8{,}17.10^{-19}$ C

donc $q = -8{,}17.10^{-19}$C.

3. $\dfrac{|q|}{e} = \dfrac{8{,}17.10^{-19}}{1{,}6.10^{-19}} \simeq 5$

d'où $|q| = 5e$.

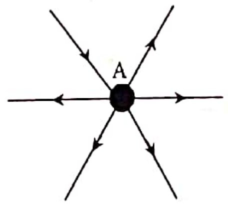
9 1. D'après le principe des actions réciproques

$\vec{F}_{A/C} = -\vec{F}_{C/A}$ avec $\vec{F}_{A/C}$: force exercée par la charge A sur la charge C.
d'où : $F_{A/C} = F_{C/A} = 4.10^{-5}$ N

2. Représentation des forces :

1 cm représente $2{,}5.10^{-5}$ N ; $F_{A/C} = F_{C/A} = 4.10^{-5}$ N est représentée par 1,6 cm

3. $q>0$; le champ est centrifuge.



4. $E_C = \dfrac{F_{A/C}}{|q|}$

A.N. : $E_C = \dfrac{4.10^{-5}}{2.10^{-2}}$

$E_C = 2.10^{-3}$ V/m.

⑩ 1.

1.1 La force électrostatique $\vec{F}$ et le champ $\vec{E}$ sont liés par la relation

$\vec{F} = q\vec{E}$

donc $F = |q| E$

or $q = 3e$

d'où $F = 3eE$

A.N. : $F = 3 \times 1,6.10^{-19} \times 5000$

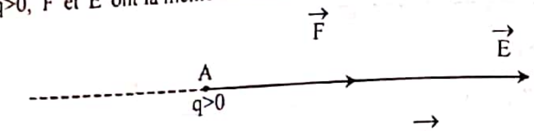
$F = 2,4.10^{-15}$ N.

1.2 Représentation de $\vec{F}$ et $\vec{E}$

Échelle : 1 cm représente 1000 V/m

1 cm représente 10^{-15} N

$q>0$, $\vec{F}$ et $\vec{E}$ ont la même direction et le même sens.



2. l'ion Cl^- est soumis à la force électrostatique $\vec{F'}$

$\vec{F'} = q'\vec{E}$

or $q' = -e < 0$

donc $\vec{F'}$ et $\vec{E}$ ont la même direction mais sont de sens opposés.

L'intensité de $\vec{F'}$ est :

$F' = |q'| .E$

A.N. : $F' = 1,6.10^{-19} \times 5.10^3$

$F' = 0,8.10^{-15}$ N

CHAPITRE 6

❶ 1. Faux : $E = \frac{u}{d}$.

2. Vrai.
3. Vrai.
4. Vrai.

❷ Le travail de la force électrostatique $\vec{F_e}$ exercée sur une charge q qui se déplace de A en B est :

$W_{AB}(\vec{F_e}) = q(V_A - V_B) = qU_{AB}$

- Pour un électron : $q = -e = -1,6.10^{-19}$ C

$W_{AB}(\vec{F_e}) = -1,6.10^{-19} \times 100$

$W_{AB}(\vec{F_e}) = -1,6 . 10^{-17}$ J

- Pour un ion sulfate SO_4^{2-} : $q = -2e = -3,2.10^{-19}$ C

$W_{AB}(\vec{F_e}) = -3,2.10^{-19} \times 100$

$W_{AB}(\vec{F_e}) = -3,2.10^{-17}$ J

- Pour un ion aluminium Al^{3+} $q = +3e = 4,8.10^{-19}$ C

$W_{AB}(\vec{F_e}) = 4,8.10^{-19} \times 100$

$W_{AB}(\vec{F_e}) = 4,8.10^{-17}$ J.

❸ 1. $U_{AC} > 0$ donc $V_A > V_C$

Le champ électrostatique est orienté de la plaque A vers la plaque C.

La force électrostatique $\vec{F}$ agissant sur l'électron est :

$\vec{F} = q\vec{E}$ avec $q = -e$

$q < 0$, donc $\vec{F}$ est orientée de C vers A.

2. La valeur du champ $\vec{E}$ est :

$E = \frac{U_{AC}}{d}$

A.N. : $E = \frac{1000}{3.10^{-2}} = 3,3.10^4$ V/m.

3. Le travail de la force électrostatique pour un déplacement de la cathode à l'anode est :

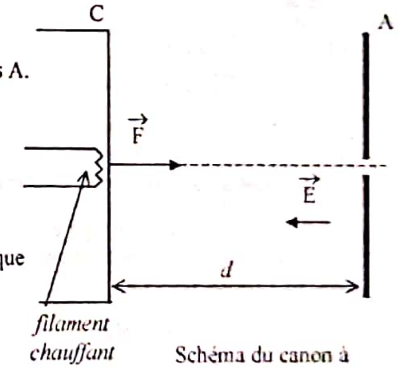


Schéma du canon à électrons

$W_{CA}(\vec{F}) = q(V_C - V_A)$

$W_{CA}(\vec{F}) = -e (V_C - V_A) = e (V_A - V_C)$

A.N. : $W_{CA}(\vec{F}) = 1{,}6.10^{-19} \times 1000$

$W_{CA}(\vec{F}) = 1{,}6.10^{-16}$ J.

4. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre C et A.

$\Delta E_C = \Sigma W(\vec{F})$

$E_{CA} - E_{CC} = W_{CA}(\vec{F})$

$\frac{1}{2} m v_A^2 - 0 = W_{CA}(\vec{F})$

d'où $v_A = \sqrt{\dfrac{2\, W_{CA}(\vec{F})}{m}}$

$v_A = \sqrt{\dfrac{2 \times 1{,}6.10^{-19}}{9{,}1.10^{-31}}}$

$v_A = 6 \,.\, 10^5$ m/s.

❹ La différence de potentiel entre les points A et B est :

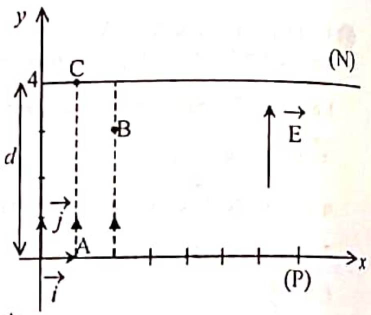
$V_A - V_B = \vec{E} \,.\, \vec{AB}$

Dans le repère orthonormé $(o, \vec{i}, \vec{j})$ les vecteurs ont pour coordonnées

$\vec{E} \begin{vmatrix} 5 \\ 0 \end{vmatrix}$ $\quad \vec{AB} \begin{vmatrix} 5 - 1 = 4 \text{ cm soit } 0{,}04 \text{ m} \\ -2 - 2 = -4 \text{ cm soit } -0{,}04 \text{ m} \end{vmatrix}$

d'où $V_A - V_B = \vec{E} \,.\, \vec{AB}$

$V_A - V_B = 5 \times 0{,}04 = 0{,}2$ V.



❺ 1. La valeur du champ $\vec{E}$ est :

$E = \dfrac{U_{AB}}{d}$

A.N. : $d = y = 4$ cm

$E = \dfrac{400}{0{,}04} = 10^4$ V/m.

2. $V_P - V_N > 0$ donc $V_P > V_N$

Le champ est orienté de P vers N.

3. Le travail de la force électrostatique est :

$W_{AC}(\vec{F_e}) = q\,(V_A - V_C)$ avec $q = e$

Or A et C se trouvent respectivement sur les plaques (P) et (N)

donc $V_A = V_P$ et $V_C = V_N$

d'où $W_{AC}(\vec{F_e}) = e\,(V_P - V_N)$

A.N. : $W_{AC}(\vec{F_e}) = 1{,}6.10^{-19} \times 400$

$W_{AC}(\vec{F_e}) = 6{,}4.10^{-17}$ J.

4. Appliquons le théorème de l'énergie cinétique entre A et C.

$\Delta E_C = \Sigma\, W(\vec{F})$

$E_{C_C} - E_{C_A} = W_{AC}(\vec{F_e})$

$\frac{1}{2} m_{H^+} v_C^2 - \frac{1}{2} m_{H^+} v_A^2 = W_{AC}(\vec{F_e})$

d'où $v_C = \sqrt{v_A^2 + \dfrac{2\, W_{AC}(\vec{F_e})}{m_{H^+}}}$

$v_C = \sqrt{(10^5)^2 + \dfrac{2 \times 6{,}4.10^{-17}}{1{,}67.10^{-27}}}$

$v_C \simeq 3.10^5$ m/s.

❻ Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au noyau H_e^{2+} entre A et B.

$\Delta E_C = \Sigma\, W(\vec{F})$

$E_{CB} - E_{CA} = W_{AB}(\vec{F_e})$

$\frac{1}{2} m v_B^2 = q\,(V_A - V_B)$ car $v_A = 0$

$v_B = \sqrt{\dfrac{2\, q\,(V_A - V_B)}{m}}$

A.N. : $q = 2e = 3{,}2 \,.\, 10^{-19}$ C

$v_B = \sqrt{\dfrac{2 \times 3{,}2.0^{-19} \times 2000}{6{,}68.10^{-27}}}$

$v_B = 4{,}4.10^5$ m/s.

❼ 1. $U_{AB} < 0$

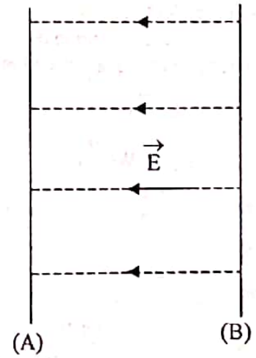
$V_A - V_B < 0$ d'où $V_B > V_A$

$\vec{E}$ est donc orienté de B vers A.

2. L'intensité E du champ électrostatique est :

$E = \dfrac{|U_{AB}|}{d}$

A.N. : $E = \dfrac{1000}{0{,}1} = 10000$ V/m.

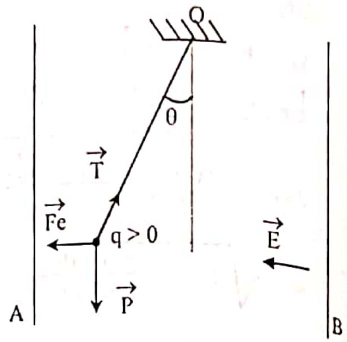


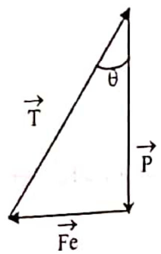
3. • Système : La boule
• Bilan des forces :
   - le poids $\vec{P}$ de la boule,
   - la tension $\vec{T}$ du fil,
   - la force électrostatique $\vec{F_e}$.

La boule est en équilibre :

$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F_e} = \vec{0}$.

Les forces délimitent un triangle rectangle.





$\tan\theta = \frac{F_e}{P}$ avec $F_e = |q| \cdot E$ et $P = mg$

$$m = \frac{|q| \cdot E}{g \cdot \tan\theta}$$

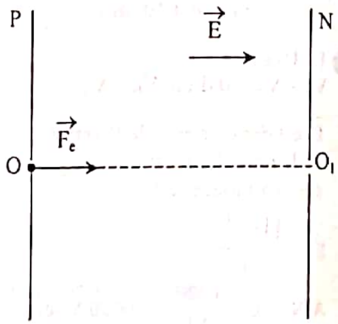
A.N. : $m = \frac{0{,}5.10^{-6} \times 10^{4}}{10 \times \tan 20°} = 1{,}4.10^{-3}$

$m = 1{,}4.10^{-3}$ g soit 1,4 mg.

8 • Système : un ion Hélium H_e^{2+}
• Bilan des forces :

La force électrique $\vec{F_e}$

Appliquons le théorème de L'énergie cinétique entre O et O_1



$\Delta E_C = \sum W(\vec{F})$

$E_{CO_1} - E_{CO} = W(\vec{F_e})$

$\frac{1}{2} m v_1^2 - \frac{1}{2} m v_0^2 = q\,(V_P - V_N) = q.U_{PN}$

avec q = 2e.

$U_{PN} = \frac{m}{4e}(v_1^2 - v_0^2)$

A.N. : $U_{PN} = \frac{6{,}68.10^{-27}}{4 \times 1{,}6.10^{-19}} \times [\,(2.10^6)^2 - (1{,}5.10^6)^2\,]$

$U_{PN} = 18266$ V.

Remarque

$U_{PN} > 0$ $\vec{E}$ est donc dirigé de P vers N.

9 1. Les lignes de champ sont orientées vers la charge q_A, donc $q_A < 0$.

2. Le champ électrostatique $\vec{E}$ est orienté du plus grand potentiel vers le plus petit potentiel ; donc $V_C > V_D$

3. $V_C - V_O = 9$ V

$V_O = 0$ donc $V_C = 9$ V d'où $E_{P_C} = + e \times V_C = 9$ eV.

$V_D - V_O = (V_D - V_C) + (V_C - V_O)$

$V_D - V_O = -3 + 9$

$V_D - V_O = 6$ V

$V_O = 0$ donc $V_D = 6$ V d'où $E_{P_D} = + e \times V_D = 6$ eV.

4. Le travail de la force électrostatique est :

$W_{CD}(\vec{F_e}) = q\,(V_C - V_D)$

A.N. : $q = -e = -1{,}6\ 10^{-19}$ C

$W_{CD}(\vec{F_e}) = -1{,}6.10^{-19} \times 3$

$W_{CD}(\vec{F_e}) = -4{,}8.10^{-19}$ J.

10 1. $V_A - V_B < 0$ donc $V_B > V_A$

Le champ $\vec{E}$ est uniforme et orienté de B vers A.

O étant le milieu du segment MN,

$V_M - V_O = V_O - V_N$,

$V_O = 0$ donc $V_M = - V_N$.

M et N sont respectivement sur les plaques A et B.

$V_M = V_A$ et $V_N = V_B$.

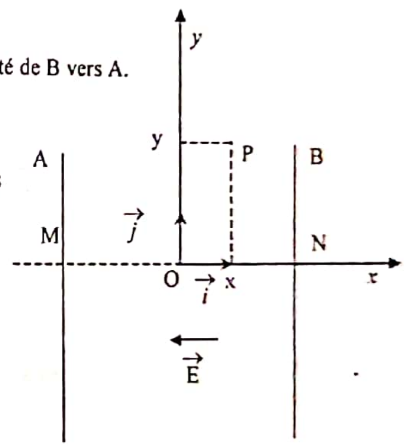
Donc $V_M - V_N = V_A - V_B$.

Par conséquent $-2\,V_N = V_A - V_B$,

$V_N = \frac{V_B - V_A}{2}$

$V_N = \frac{1500}{2} = 750$ V

$V_M = -V_N = -750$ V.



Remarque : On aurait pu utiliser les relations

$V_M - V_O = \vec{E}.\vec{MO}$ et $V_N - V_O = \vec{E}.\vec{NO}$.

2. Dans le repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ on a :

$\vec{E}\,(-E\,;0)$ $\vec{OP}(x\,;y)$

la différence de potentiel entre P et O est :

$V_P - V_O = \vec{E}.\vec{PO} = Ex$

$V_0 = 0$ d'où $V_P = -q\,E\,x$

$E_P = q.V_P = -q\,E\,x.$

A.N. : $E = \dfrac{|U_{AB}|}{d} = \dfrac{1500}{0{,}03} = 5.10^4$ V/m

$E_P = (-3.10^{-6}) \times 5.10^4 \times x$

$E_P = 0{,}15x.$

CHAPITRE 7

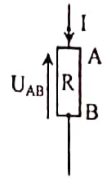
1 1. Vrai.

2. Faux : la plus grande partie de l'énergie reçue est transformée en énergie mécanique. L'autre partie est dissipée en chaleur par effet joule.
3. Vrai.
4. Faux : $U = E' + r'I$.

2 1. L'intensité du courant traversant un conducteur ohmique est donnée par la loi d'Ohm.

$$I = \frac{U_{AB}}{R}$$

A.N. : $I = \dfrac{14}{2} = 7$ A.



2. La puissance électrique consommée est :

$P_e = U_{AB} \times I$

A.N. : $P_e = 14 \times 7$

$P_e = 98$ W.

3. La quantité d'énergie consommée est :

$W_e = P_e \times \Delta t.$

A.N. : $\Delta t = 10 \times 60 = 600$ s.

$W_e = 98 \times 600 = 58.800$ W soit 58,8 kW.

3 1. L'énergie consommée est :

$W_e = P_e \times \Delta t$

A.N. : $W_e = 0{,}8 \times 2 = 1{,}6$ kWh.

1 kWh $= 3{,}6.10^6$ J d'où $W_e = 1{,}6 \times 3{,}6.10^6 = 5{,}76.10^6$ J.

2. Un fer à repasser est un dipôle résistif.

Toute l'énergie électrique reçue est donc transformée en chaleur.

4 1. La puissance mécanique utile est :

$P_m = \eta \times P_e$

$P_m = 0{,}92 \times 3{,}75$

$P_m = 3{,}45$ kW.

2. La puissance perdue par effet joule est :

$P_{th} = P_e - P_m$

$P_{th} = 3{,}75 - 3{,}45$

$P_{th} = 0{,}3$ kW.

3. L'énergie dissipée par effet joule est :

$W_{th} = P_{th} \times \Delta t$

A.N. : $W_{th} = 0{,}3 \times 5 = 1{,}5$ kWh

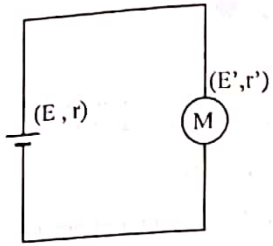
Soit $W_{th} = 5{,}4.10^6$ J.

5 1. L'intensité du courant dans un circuit série est donnée par la loi de Pouillet :

$$I = \frac{E-E'}{r+r'}$$

A.N. : $I = \frac{4,5-2}{1+0,12}$

$I \simeq 1,18$ A.



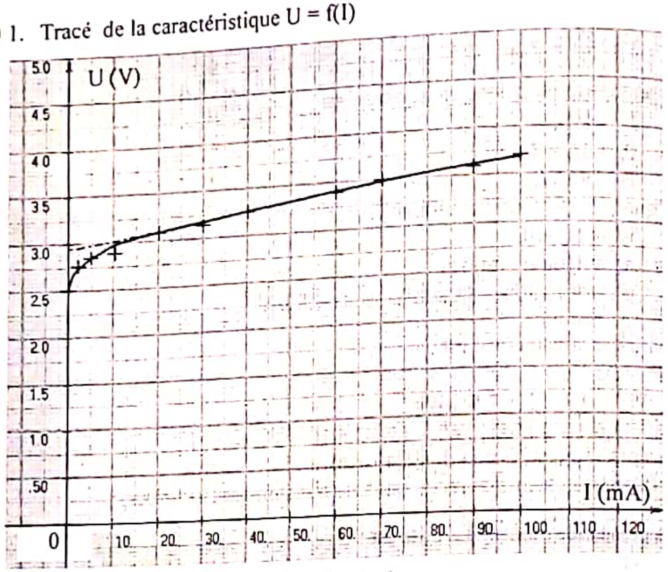
2. La puissance mécanique est :

$P_m = E'.I$

A.N. : $P_m = 2\times 1,18$

$P_m = 2,36$ W.

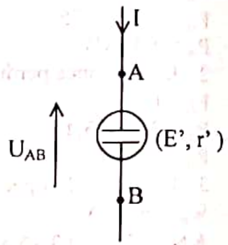
6 1. Tracé de la caractéristique U = f(I)



2. La tension U_{AB} aux bornes d'un électrolyseur
$U_{AB} = E' + r'I$.
3. La tension est de la forme $U_{AB} = a.I + b$. Sa représentation est donc une droite.

La relation $U_{AB} = E' + r'I$ est applicable sur la partie linéaire de la caractéristique.

Soit $3V < U_{AB} < 3,7$ V.



4. En prolongeant la droite tracée, on obtient pour I = 0, E' = 3 V.
5. r' représente la pente de la droite.

$$r' = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

A.N. : $r' = \frac{3,7-3,27}{(100-40).10^{-3}} \simeq 7,2$

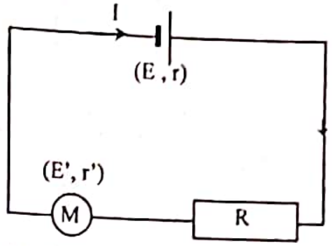
$r' = 7,2\ \Omega$.

7 1. L'intensité du courant dans un circuit série est donnée par la loi de Pouillet

$$I = \frac{E-E'}{r+r'+R}$$

A.N. : $I = \frac{4,5-2,5}{1+1,5+7,5}$

$I = 0,2$ A



2. Bilan des puissances échangées par les différents dipôles.

Dipôle	Puissance reçue	Puissance fournie
Conducteur Ohmique	$\mathscr{P}_{e_1} = RI^2$ A.N. : $\mathscr{P}_{e_1} = 7,5\times(0,2)^2\times = 0,3$ W	$\mathscr{P}_{th_1} = R.I^2$ $\mathscr{P}_{th_1} = 0,3$ W
Moteur	$\mathscr{P}_{e_2} = E'I + r'I^2$ A.N. : $\mathscr{P}_{e_2} = (2,5\times 0,2) + [1,5\times(0,2)^2]$ $\mathscr{P}_{e_2} = 0,56$ W	$\mathscr{P}_{th_2} = r'.I^2$ A.N. : $\mathscr{P}_{th2} = 1,5\times(0,2)^2$ $\mathscr{P}_{th_2} = 0,06$ W $\mathscr{P}_m = E'.I$ $\mathscr{P}_m = 2,5\times 0,2 = 0,5$ W
Générateur	$\mathscr{P}_{e_3} = E.I$ A . N. : $\mathscr{P}_{e_3} = 4,5\times 0,2$ $\mathscr{P}_{e_3} = 0,9$ W	$\mathscr{P}_f = EI - r\,I^2$ A.N. : $\mathscr{P}_f = (4,5\times 0,2) - [1\times 0,2)^2]$ $\mathscr{P}_f = 0,86$W $\mathscr{P}_{th_3} = r.I^2$ A.N. : $\mathscr{P}_{th_3} = 1\times(0,2)^2$ $\mathscr{P}_{th_3} = 0,04$ W

8 1. La tension aux bornes d'un générateur est :

$$U = E - rI \quad (r>0)$$

Sa représentation graphique $U = f(I)$ est une droite de pente négative car lorsque I croît, U diminue.

C'est donc la courbe (b).

2. Pour $I = 0$, $U = E$ graphiquement $E = 40$ V

En utilisant les couples (6 A ; 10 V) et (0 ; 40 V)

$$r = \left|\frac{\Delta U}{\Delta I}\right| = \left|\frac{40-10}{0-6}\right|$$

$r = 8{,}3\ \Omega$.

3. La puissance fournie par le générateur

$$P_f = E.I - r\,I^2$$

A.N. : $P_f = (40\times 1) - [8{,}3 \times (1)^2]$

$P_f = 31{,}7$ W.

9 1. Ces dipôles sont en dérivation :

$U_{AB} = E - rI = R\,I_1 = E' + r'I_2$

La loi des nœuds s'écrit : $I = I_1 + I_2$

On a donc le système d'équations $\begin{cases} E - r(I_1 + I_2) = R.I_1 & (1) \\ E - r(I_1 + I_2) = E' + r'.I_2 & (2) \end{cases}$

La relation (1) donne $I_1 = \dfrac{E - rI_2}{r + R}$

La relation (2) devient :

$$E - r\left(\frac{E - rI_2}{r + R}\right) - rI_2 = E' + r'I_2$$

D'où $$I_2 = \frac{\left(\frac{R}{r+R}\right)E - E'}{\left(\frac{Rr}{r+R}\right) + r'}$$

A.N. : $$I_2 = \frac{\left(\frac{5}{2+5}\right)\times 8 - 2}{\left(\frac{5\times 2}{2+5}\right) + 1} \simeq 1{,}53 \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{9 - 2\,(1{,}53)}{2+5} = 0{,}7 \text{ A}$$

$I = 2{,}23$ A.

2. La puissance fournie par le générateur au reste du circuit.

$$\mathscr{P}_f = E\,I - r\,I^2$$

A.N. : $\mathscr{P}_f = (8\times 2{,}23) - 2\times(2{,}23)^2$

$\mathscr{P}_f = 7{,}9$ W.

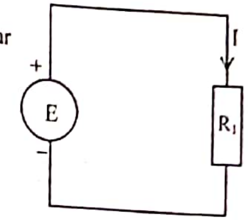
3. Le rendement est :

$$\eta = \frac{\mathscr{P}_f}{E\times I}$$

A.N. : $\eta = \dfrac{7{,}9}{8\times 2{,}23}$

$\eta = 0{,}44$ soit 44%.

10 1. La puissance électrique consommée par le conducteur ohmique :



$P_e = R_1.I^2$ avec $I = \dfrac{E}{R_1}$ (loi de Pouillet)

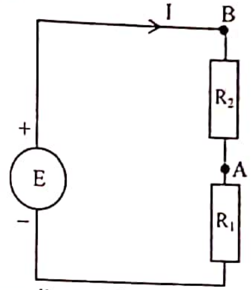
A.N. : $I = \dfrac{100}{10} = 10$ A

$P_e = 10 \times (10)^2 = 1000$ W.

2. La puissance électrique consommée par l'ensemble des deux conducteurs ohmiques est :

$P = (R_1 + R_2)\,I^2$ avec $I = \dfrac{E}{R_1 + R_2}$ (loi de Pouillet).

$P = \dfrac{P_e}{2}$



D'où $R_2 = \dfrac{2\,E^2}{P_e} \times R_1$

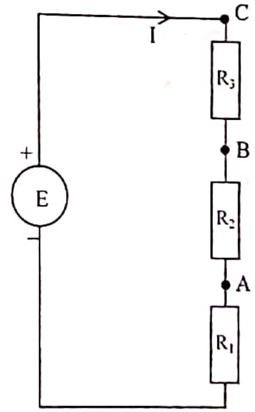
A.N. : $R_2 = \dfrac{2 \times (100)^2}{1000} - 10$

$R_2 = 10\ \Omega$.

3. La puissance électrique consommée par l'ensemble des trois conducteurs ohmiques :

$P = (R_1 + R_2 + R_3)I^2$ avec $I = \dfrac{E}{R_1 + R_2 + R_3}$

Or $P = \dfrac{Pe}{4}$



D'où $R_3 = \dfrac{4\,E^2}{P_e} - (R_1 + R_2)$

A.N. : $R_3 = \dfrac{4\times(100)^2}{1000} - 20$

$R_3 = 20\ \Omega$.

CHAPITRE 8

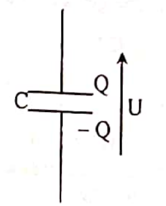
❶
1. Vrai.
2. Faux : les armatures sont conductrices de courant.
3. Faux : l'unité de la capacité est le farad (F).
4. Vrai.
5. Vrai.

❷
1. La charge Q du condensateur est

$Q = C.U$

A.N. : $Q = 10^{-6} \times 9$

$Q = 9.10^{-6}$ C.



2. L'énergie stockée dans ce condensateur est :

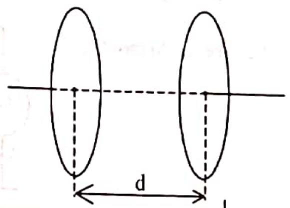
$W = \frac{1}{2}\ QU$

A.N. : $W = \frac{1}{2} \times 9.10^{-6} \times 9$

$W = 4{,}05.10^{-6}$ J.

❸
1. La capacité du condensateur est :

$C = \varepsilon_0 \frac{s}{d}$ avec $s = \pi r^2$



A.N. : $s = \pi \times (2.10^{-2})^2 = 1{,}26.10^{-3}\ m^2$

$C = 8{,}85.10^{-12} \times \frac{1{,}26.10^{-3}}{1{,}5.10^{-3}}$

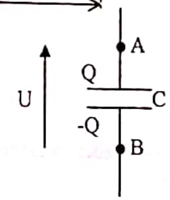
$C \simeq 7{,}5.10^{-12}$ F soit 7,5 pF

2. La charge de ce condensateur est :

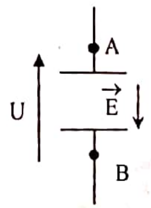
$Q = C\,U$

A.N. : $Q = 7{,}5.10^{-12} \times 1200$

$Q = 9.10^{-9}$ C.



3. Caractéristiques du champ électrostatique $\vec{E}$



$\vec{E}$
- direction : celle perpendiculaire aux plaques
- sens : du plus grand potentiel vers le plus petit potentiel (c à d de A vers B car U>0)
- intensité : $E = \frac{U}{d} = \frac{1200}{1{,}5.10^{-3}} = 8.10^5$ V/m.

4 1. Le condensateur se charge.

2. L'énergie emmagasinée par le condensateur est :

$W = \frac{1}{2} C U_{AB}^2$ avec $U_{AB} = E$ en fin de charge.

A.N. : $W = \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times (4{,}5)^2$

$W = 10^{-2}$ J.

3. Le condensateur chargé fournit de l'énergie au moteur. Celui-ci se met donc en marche.

4. Lorsque le moteur s'arrête, le condensateur n'est pas totalement déchargé. L'énergie restant dans le condensateur est :

$W' = \frac{1}{2} C U^2$

A.N. : $W' = \frac{1}{2} \times 10^{-3} \times 4$

$W' = 2.10^{-3}$ J

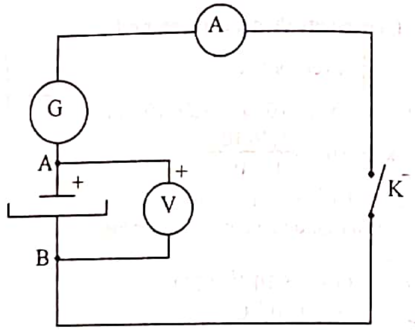
L'énergie transférée au moteur est :

$W_m = W - W'$

A.N. : $W_m = 10^{-2} - 2.10^{-3}$

$W_m = 8.10^{-3}$ J.

5 1. Le schéma du montage



2. Le condensateur reçoit une quantité d'électricité :

$Q = I \times t$

Or $Q = C \times U_{AB}$

D'où $I \times t = C \times U_{AB}$

3. La capacité du condensateur est :

$C = \frac{I \times t}{U_{AB}}$

Comme U_{AB} croit linéairement au cours du temps,

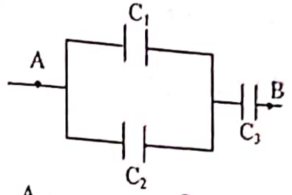
$U_{AB} = a \times t$ avec a, la pente du graphe d'où $C = \frac{I}{a}$

Graphiquement pour les couples de points (0;0) et (70s ; 6,6V)

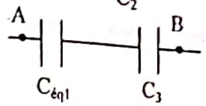
$a = \frac{\Delta U_{AB}}{\Delta t} = \frac{6{,}6-0}{70-0} = 9{,}4.10^{-2}$ V/s

A.N. : $C = \frac{0{,}5.10^{-3}}{9{,}4.10^{-2}} = 5{,}3.10^{-3}$ F soit C = 5,3 mF.

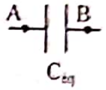
6 Le schéma suivant :



est équivalent à



qui est équivalent à



Les condensateurs de capacité C_1 et C_2 sont en parallèle.

$C_{éq1} = C_1 + C_2$.

- Les condensateurs de capacité $C_{éq1}$ et C_3 sont en série :

$$\frac{1}{C_{éq}} = \frac{1}{C_{éq1}} + \frac{1}{C_3}$$

soit $C_{éq} = \frac{C_{éq1} \times C_3}{C_{éq1} \times C_3}$

Finalement

$$C_{éq} = \frac{C_3 (C_1 + C_2)}{C_1 + C_2 + C_3}$$

A.N. : $C_{éq} = \frac{4(1+2)}{3+1+2} = 2$ µF.

7 1. Les condensateurs sont en série.

La capacité du condensateur équivalent est donnée par la relation :

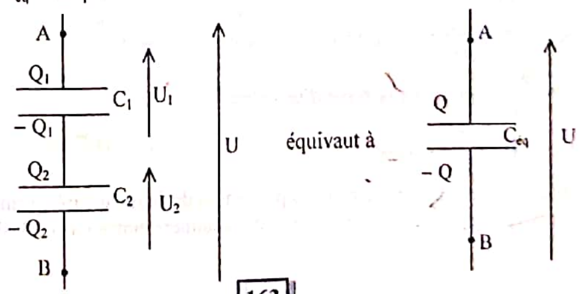
$$\frac{1}{C_{éq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

d'où $C_{éq} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$

A.N. : $C_{éq} = (\frac{100 \times 22}{100+22}).10^{-6}$

$C_{éq} = 18$ µF.

2.



La loi d'additivité des tensions donne :

$U = U_1 + U_2$

avec $U = \dfrac{Q}{C_{éq}}$; $U_1 = \dfrac{Q_1}{C_1}$; $U_2 = \dfrac{Q_2}{C_2}$.

D'où $\dfrac{Q}{C_{éq}} = \dfrac{Q_1}{C_1} + \dfrac{Q_2}{C_2}$

La somme des charges sur les deux armatures en contact est nulle.

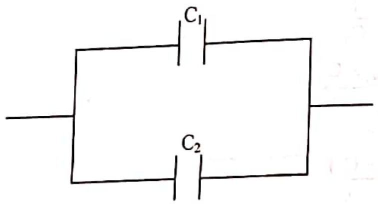
$-Q_1 + Q_2 = 0$ d'où $Q_1 = Q_2$

D'après la relation (1)

$Q_1 = Q_2 = Q = C_{éq}.U$

A.N. : $Q_1 = Q_2 = Q = 18.10^{-6} \times 20 = 3{,}6.10^{-3}$ C

3. Pour obtenir la capacité équivalente C = 122 µF, il suffit de réaliser le montage suivant.



8 1. L'énergie d'alimentation du flash est celle fournie par l'ensemble des 4 piles.

$W = 4\ W_o$ avec W_o énergie fournie par une pile.

A.N. : $W = 4 \times 1000 = 4000$ J.

2. La durée de vie des piles étant de 200 éclairs, pour chacun des éclairs, les piles libèrent l'énergie W' telle que : $W' = \dfrac{W}{200} = 20$ J.

3. Énergie emmagasinée par le condensateur

$We = \dfrac{W'}{2} = \dfrac{20}{2} = 10$ J

Or $We = \dfrac{1}{2} C (4 \times U_o)^2$ avec $U_o = 1{,}5$ V

soit $C = \dfrac{2We}{(4\ U_o)^2}$

A.N. : $C = \dfrac{20}{(4 \times 1{,}5)^2} = 0{,}55$ F.

4. $P = \dfrac{We}{\Delta t'}$ où Δt' est la durée d'un éclair.

A.N. : $P = \dfrac{10}{10^{-3}} = 10^4$W.

La puissance électrique mise en jeu pendant la décharge est très grande. C'est ce qui explique la forte intensité de la lumière émise par le flash.

9 1. La capacité du condensateur est :

$C = \dfrac{\varepsilon_o . S}{d}$

A.N. : $C = 8{,}85.10^{-12} \times \dfrac{10.10^{-4}}{3.10^{-3}}$.

$C \simeq 3.10^{-12}$ F soit $C \simeq 3$ pF.

2. La charge du condensateur est :

$Q = C.U$

A.N. : $Q = 3 . 10^{-12} \times 200 = 6 . 10^{-10}$ C

3. La valeur de l'intensité du champ électrostatique

$E = \dfrac{U}{d}$

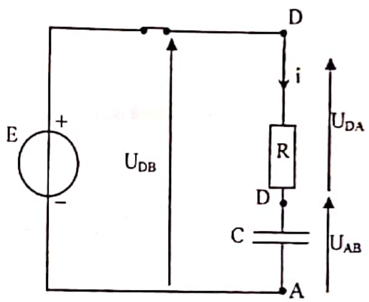
A.N. : $E = \dfrac{200}{3.10^{-3}}$

$E = 6{,}7.10^4$ V.

10 1. a. À la fermeture du circuit, le condensateur n'est pas chargé

$q_A = 0$ donc $U_{AB} = \dfrac{q_A}{C} = 0$

b. La loi d'additivité des tensions donne :



$U_{DB} = U_{DA} + U_{AB}$

Or à la fermeture du circuit $U_{AB} = 0$

d'où $U_{DA} = U_{DB} = E$

A.N. : $U_{DA} = 7{,}6$ V.

c. La loi d'ohm aux bornes du conducteur ohmique s'écrit :

$U_{DA} = Ri$

d'où $i = \dfrac{U_{DA}}{R}$

A.N. : $i = \dfrac{7{,}6}{1000} = 7{,}6 . 10^{-3}$ A soit 7,6 mA.

2.

a. En fin de charge $i = 0$

donc $U_{DA} = R.i = 0$

b. La loi d'additivité des tensions donne $E = U_{DA} + U_{AB}$

en fin de charge, $U_{AB} = E = 7{,}6$ V car $U_{DA} = 0$.

c. L'énergie emmagasinée est donc :

$W = \dfrac{1}{2} C E^2$

A.N. : $W = \dfrac{1}{2} \times 4{,}7.10^{-6} \times (7{,}6)^2 = 1{,}36.10^{-4}$ J.

ÉLECTRICITÉ

CHAPITRE 9

1
1. Vrai.
2. Vrai.
3. Faux : $\varepsilon \neq 0$.
4. Faux : $G = \frac{U_s}{U_e}$.

2
1. En régime linéaire

$U_s = G.U_e$

$U_s = -10 \times U_e$

Tableau des valeurs.

U_e (V)	–0,2	0	0,1	0,6
U_s (V)	2	0	–1	–6

2. $G < 0$: U_e et U_s sont de signes contraires. L'amplificateur est inverseur.

3
1. Considérons la branche $SE^- E^+M$

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{SM} = U_{SE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

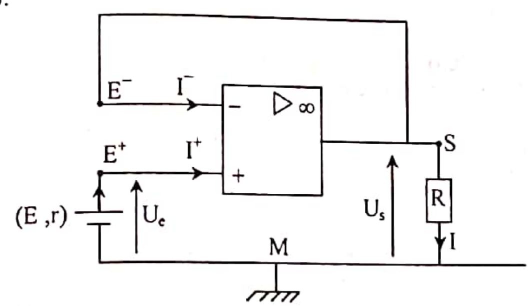
Avec $U_{SM} = U_S$; $U_{SE^-} = 0$; $U_{E^-E^+} = 0$ car l'AO idéal fonctionne en régime linéaire.

$U_{E^+M} = U_e$

d'où $U_S = U_e$

2. Ce montage est appelé montage suiveur c ar $U_s = U_e$.

3.



$I = \frac{U_s}{R}$ avec $U_s = U_e = E$ car la pile ne débite aucun courant :

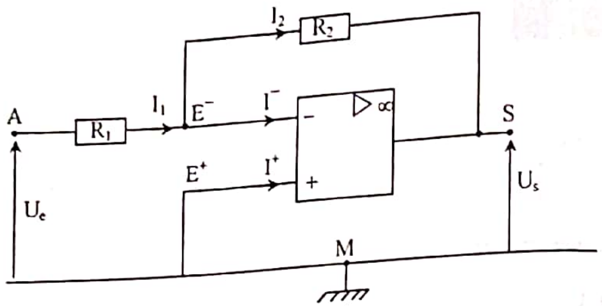
$I^+ = 0$; étant donné que l'AO est idéal.

A.N. : $I = \frac{4,5}{200}$

$I = 2,25 \cdot 10^{-2}$ A soit 2,25 mA.

ÉLECTRICITÉ

4



1.

- Considérons la branche AE^-E^+M

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{AM} = U_{AE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$ avec

$$\begin{cases} U_{AM} = U_e \\ U_{AE^-} = R_1 I_1 \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{E^-E^+} = 0 \text{ (AO idéal en fonctionnement linéaire)} \\ U_{E^+M} = 0 \end{cases}$$

d'où $U_e = R_1 I_1$

La loi des nœuds en E^- s'écrit :

$I_1 = I_2 + I^-$

Or $I^- = 0$ car l'AO est idéal

d'où $I_1 = I_2 = I$

finalement $U_e = R_1 . I$ (1)

- Considérons la branche SE^-E^+M.

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{SM} = U_{SE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

$$\text{avec} \begin{cases} U_{SM} = U_S \\ U_{SE^-} = -R_2 I \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{E^-E^+} = 0 \text{ (A.O. idéal en régime linéaire)} \\ U_{E^+M} = 0 \end{cases}$$

d'où $U_S = -R_2 . I$ (2)

d'après les relations (1) et (2)

$I = \dfrac{U_e}{R_1} = -\dfrac{U_s}{R_2}$

d'où $U_s = -\dfrac{R_2}{R_1} \times U_e$

2.

$G = \dfrac{U_s}{U_e}$ soit $G = -\dfrac{R_2}{R_1}$

A.N. : $G = -\dfrac{10}{1} = -10.$

3. $G < 0$: U_s et U_e sont de signes contraires. Le montage est un amplificateur inverseur.

5 1. U_s et U_e sont de signes contraires à chaque instant. Le montage est un amplificateur inverseur.

2. $U_{emax} = 1 \text{ Div} \times 1 \text{V/Div} = 1 \text{V}$

$U_{smax} = 2 \text{ Div} \times 5 \text{V/Div} = 10 \text{ V}$

3. Le gain en tension est :

$G = -\dfrac{U_{smax}}{U_{emax}} = -10$

Or $G = -\dfrac{R_2}{R_1}$ d'où $R_1 = -\dfrac{R_2}{G}$

A.N. : $R_1 = \dfrac{-1000}{-10} = 100\ \Omega.$

6 1.

- Considérons la branche SE^-E^+M

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{SM} = U_{SE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

$$\text{avec} \begin{cases} U_{SM} = U_S \\ U_{SE^-} = -R_3 I_3 \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{E^-E^+} = 0 \text{ (AO idéal en régime linéaire)} \\ U_{E^+M} = 0 \end{cases}$$

d'où $U_S = -R_3 I_3$

La loi des nœuds en E^- s'écrit :

$I = I_3 + I^-$

Or $I^- = 0$ (AO idéal) d'où $I = I_3$

finalement $U_s = -R_3 I$ (1).

- Considérons la branche $A_1 B E^- E^+ M$

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{A_1M} = U_{A_1B} + U_{BE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

$$\text{avec} \begin{cases} U_{A_1M} = U_1 \\ U_{A_1B} = R_1 I_1 \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{BE^-} = 0 \\ U_{E^-E^+} = 0 \text{ (AO idéal en régime linéaire)} \\ U_{E^+M} = 0 \end{cases}$$

d'où $U_1 = R_1 I_1.$ (2)

- Considérons la branche $A_2 B E^- E^+ M$

La loi d'additivité des tensions s'écrit

$U_{A_2M} = U_{A_2B} + U_{BE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

$U_{A_2M} = U_2$

$$\text{avec} \begin{cases} U_{A_2B} = R_2 I_2 \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{BE^-} = 0 \\ U_{E^-E^+} = 0 \text{ (AO idéal en régime linéaire)} \end{cases}$$

d'où $U_2 = R_2 I_2$ (3)

ÉLECTRICITÉ

La loi des nœuds en B s'écrit :

$I = I_1 + I_2$

D'après les relations (1) ; (2) et (3)

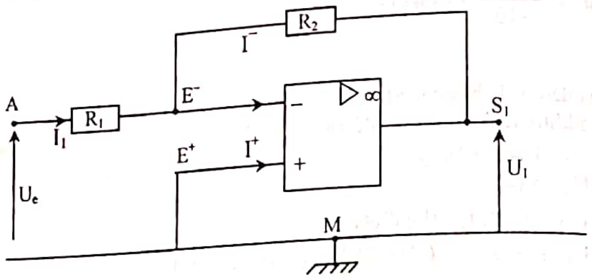
$-\frac{U_s}{R_3} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$

or $R_1 = R_2 = R_3$

d'où $U_s = -(U_1 + U_2)$

2. La tension de sortie est l'opposée de la somme des tensions d'entrée. C'est pour cela que ce montage est appelé montage sommateur- inverseur.

❼



- Considérons la branche $S_1 E^- E^+ M$

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{S_1M} = U_{S_1E^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

avec $\begin{cases} U_{S_1M} = U_1 \\ U_{S_1E^-} = -R_2 I_2 \text{ (loi d'ohm)} \\ U_{E^-E^+} = 0 \quad \text{(AO idéal en régime linéaire)} \\ U_{E^+M} = 0 \end{cases}$

d'où $U_1 = -R_2 I_2$

La loi des nœuds en E^- s'écrit :

$I_1 = I_2 + I^-$

Or $I^- = 0$ (AO idéal) d'où $I_1 = I_2$

Finalement $U_1 = -R_2 I_1$ (1)

- Considérons la branche $A E^- E^+ M$

La loi d'additivité des tensions s'écrit :

$U_{AM} = U_{AE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M}$

avec $\begin{cases} U_{AM} = U_e \\ U_{AE^-} = -R_1 I_1 \quad \text{(loi d'ohm)} \\ U_{E^-E^+} = 0 \quad \text{(AO idéal en régime linéaire)} \\ U_{E^+M} = 0 \end{cases}$

d'où $U_e = -R_1 I_1$ (2)

d'après les relations (1) et (2)

$I_1 = -\frac{U_1}{R_2} = \frac{U_e}{R_1}$

d'où $U_1 = -\frac{R_2}{R_1} \times U_e$. Le montage est un amplificateur inverseur.

2. $G_1 = \frac{U_1}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1}$

A.N. : $G_1 = -\frac{10}{2} = -5.$

3. La seconde partie du montage est aussi un amplificateur inverseur.

$U_s = -\frac{R_4}{R_3} \times U_1$

Or $U_1 = -\frac{R_2}{R_1} \times U_e.$

Finalement

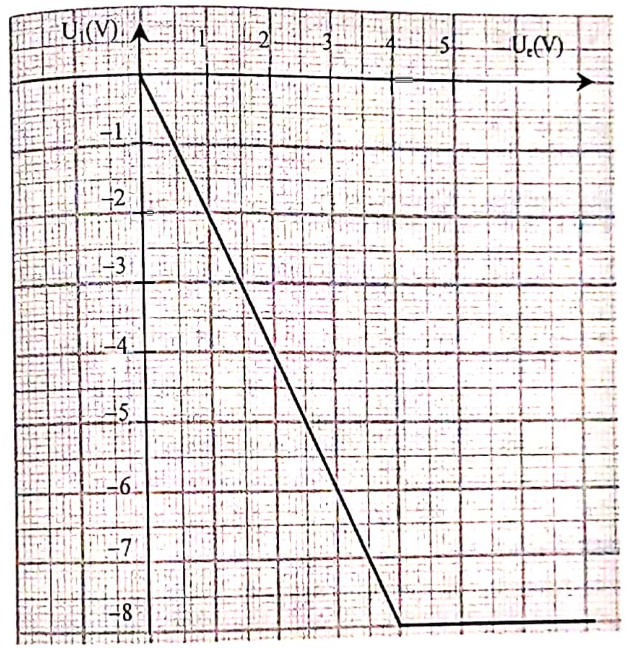
$U_s = \frac{R_4}{R_3} \times \frac{R_2}{R_1} . U_e$

4. Le gain en tension de l'ensemble du montage :

$G = \frac{U_s}{U_e} = \frac{R_4}{R_3} \times \frac{R_2}{R_1}$

A.N. : $G = \frac{30 \times 10}{5 \times 2} = 30.$

❽ 1. Représentation graphique $U_s = f(U_e)$



ÉLECTRICITÉ

ÉLECTRICITÉ

2. La courbe présente 2 parties :
   - l'une correspondant au régime linéaire ($0 \leq U_e < 3,9$ V).
   - l'autre au régime de saturation ($U_e > 3,9$ V).

Le gain en tension correspond à la pente du segment de droite du domaine de fonctionnement linéaire. Il est déterminé graphiquement à partir des points de coordonnées (0 ; 0) et (2V ; –4V).

$G = \dfrac{\Delta U_s}{\Delta U_e} = \dfrac{-4-0}{2-0} = -2$.

3. La tension a changé de signe et est amplifiée. Le montage est donc un amplificateur inverseur.

9 1. Ce montage est un amplificateur non inverseur car la tension d'entrée est appliquée à l'entrée non inverseuse E^+ et la masse.

2. Il sert à ajuster la valeur du gain en tension du montage.

3. $G = 1 + \dfrac{R_2 + R_3}{R_1}$

4. Pour $R_3 = 0$ $G_{min} = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$

A.N. : $G_{min} = 1 + \dfrac{3}{1} = 4$

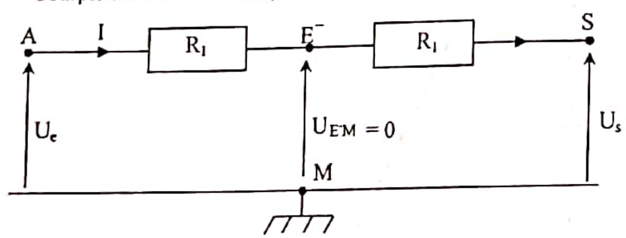
Pour $R_3 = 10\,k\Omega$, $G_{max} = 1 + \dfrac{3+10}{1} = 14$, d'où $4 \leq G \leq 14$.

10 1.
- L'AO est idéal : $I^- = 0$

donc les résistances R_1 et R_2 sont traversées par les mêmes courants : $I_1 = I_2 = I$
- L'AO idéal fonctionne en régime linéaire.

$U_{E^-E^+} = 0$ or E^+ et M sont au même potentiel

d'où $V_{E^-} = V_{E^+} = V_M = 0$.
- Compte tenu des résultats précédents, le schéma électrique équivalent est :



Relation entre U_e , U_s, R_1 et R_2.

D'après la loi d'ohm : $U_e = R_1\,I$ et $U_s = -R_2\,I$. D'où $U_s = -\dfrac{R_2}{R_1}\,U_e$.

2. Le gain en tension est :

$G = \dfrac{U_s}{U_e} = -\dfrac{R_2}{R_1}$

A.N. : $G = -\dfrac{30}{10} = -3$.

$G < 0$ U_s et U_e sont de signes contraires. Le montage est inverseur.

CHAPITRE 10

1 1. Vrai : c'est un objet diffusant.

2. Faux : les planètes sont des objets diffusants. Ce sont des sources secondaires de lumière.

3. Faux : la lumière se propage également dans le vide.

4. Faux : la relation qui les lie est : $\lambda = \dfrac{c}{v}$.

5. Vrai.

2

Objets diffusants	Lune, Mars, Comètes
Sources primaires	étoiles, écran de télévision, D.E.L, Soleil, Laser, Tubes fluorescents

3 1. L'écran d'une salle de cinéma diffuse la lumière émise par un projecteur. C'est un objet diffusant.

2. L'écran de télévision produit la lumière qu'il émet : c'est une source primaire de lumière.

4 1. L'indice de réfraction n_1 est donnée par la relation :

$n_1 = \dfrac{c}{c_1}$

A.N. : $n_1 = \dfrac{3.10^8}{2,3.10^8}$

$n_1 = 1,3$.

2. La vitesse de la lumière c_2 dans ce matériau est :

$n_2 = \dfrac{c}{c_2}$ soit $c_2 = \dfrac{c}{n_2}$

A.N. : $c_2 = \dfrac{3.10^8}{1,47} = 2,04.10^8$ m/s.

5 a. Durée du trajet de la lumière entre le soleil et la Terre.

$\Delta t = \dfrac{d_{S\text{-}T}}{c}$

A.N. : $d_{S\text{-}T} = 150.10^6$ km

$c = 3.10^5$ km/s

$\Delta t = \dfrac{150.10^6}{3.10^5} = 500$ s

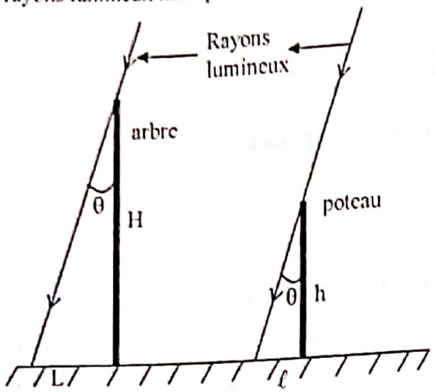
$\Delta t \simeq 8$ min 20 s.

b. Durée du trajet de la lumière de l'étoile à la Terre :

L'année-lumière est la distance parcourue par la lumière en une année. Donc pour une étoile située à 100 a-ℓ, $\Delta t = 100$ ans.

OPTIQUE

❻ Le soleil étant une source de lumière très éloignée, on admettra que les rayons lumineux nous parviennent en étant parallèles entre eux.



$\tan\theta = \frac{L}{H} = \frac{l}{h}$

d'où $H = \frac{L}{l} \times h$

A.N. : $H = \frac{2}{0,4} \times 1$

$H = 5$ m

La hauteur approximative de l'arbre est de 5 m.

❼ 1. Soit Δt_1, la durée mise par la lumière de l'éclair pour parvenir à l'observateur.

$\Delta t_1 = \frac{d}{c}$

A.N. : $\Delta t_1 = \frac{9.10^3}{3.10^8} = 3.10^{-5}$ s soit 30 µs.

2. Soit Δt_2 la durée mise par le son du tonnerre pour parvenir à l'observateur.

$\Delta t_2 = \frac{d}{v}$

A.N. : $\Delta t_2 = \frac{9.10^3}{340} = 26,5$ s

3. $\Delta t_1 << \Delta t_2$

l'observateur voit presque instantanément l'éclair mais le son lui parvient quelques instants après. Il voit donc d'abord l'éclair puis entend le coup de tonnerre par la suite.

❽ Soient : OO_1 : distance Terre-pièce

OO_2 : distance Terre-Lune

D_1 : diamètre de la pièce

D_2 : diamètre de la lune

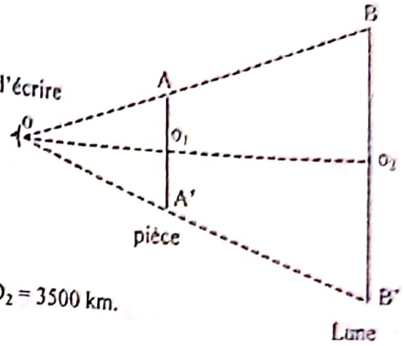
Le théorème de Thalès permet d'écrire

$\frac{D_1}{D_2} = \frac{OO_1}{OO_2}$

d'où $D_2 = D_1 \times \frac{OO_2}{OO_1}$

A.N. : $D_2 = 2,3.10^{-3} \times \frac{3810^7}{2,5}$

$D_2 = 3,5.10^6$ m soit $D_2 = 3500$ km.



❾ 1. La longueur d'onde λ_o de la radiation est comprise entre 610 nm et 750 nm.

La couleur de la radiation lumineuse est rouge.

2. Déterminons sa longueur d'onde dans un milieu d'indice n.

L'indice de réfraction d'un milieu est donné par la relation :

$n = \frac{c}{c_{milieu}}$ avec $c_{milieu} = \lambda . v$

d'où $n = \frac{c}{\lambda . v}$ soit $\lambda = \frac{c}{n\,v}$

comme $\lambda_o = \frac{c}{v}$ alors $\lambda = \frac{\lambda_o}{n}$

d'où la longueur d'onde λ de la radiation dans un milieu d'indice $n = 1,52$:

$\lambda = \frac{658,28}{1,52} = 433$ nm.

3. La fréquence d'une radiation est indépendante du milieu de propagation.

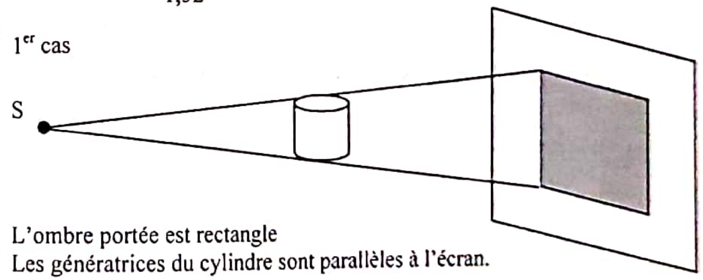
d'où $v = \frac{c}{\lambda_o} = \frac{3.10^8}{658,28.10^{-9}} = 4,55.10^{14}$ Hz

4. Vitesse de propagation de l'onde dans ce milieu.

$c_{milieu} = \frac{c}{n}$

A.N. : $c_{milieu} = \frac{3.10^8}{1,52} = 1,97.10^8$ m.s^{-1}.

❿ 1er cas

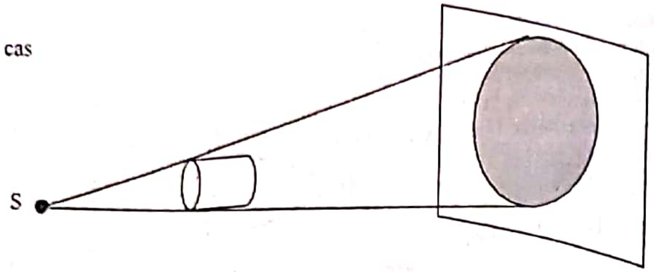


L'ombre portée est rectangle

Les génératrices du cylindre sont parallèles à l'écran.

OPTIQUE

2ᵉ cas



L'ombre portée est circulaire.
Les génératrices du cylindre sont perpendiculaires à l'écran.

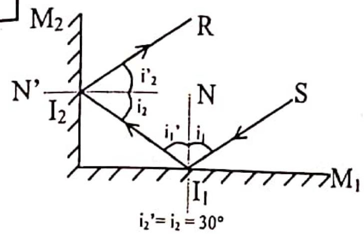
OPTIQUE

CHAPITRE 11

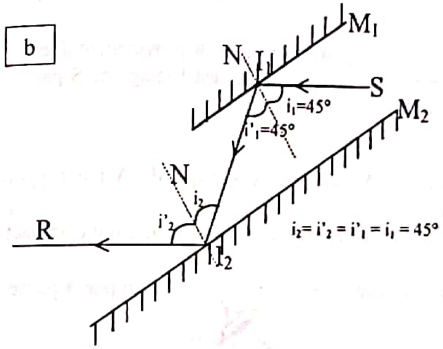
❶ 1. Faux : on dit que la surface diffuse la lumière.
2. Vrai : les rayons lumineux issus des nuages subissent une série de réfractions successives par passage d'une couche à une autre moins réfringente, jusqu'à subir une réflexion totale.
3. Faux : le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.
4. Vrai
5. Vrai.

❷ Selon les lois de Descartes relatives à la réflexion,
- Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence
- L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

a



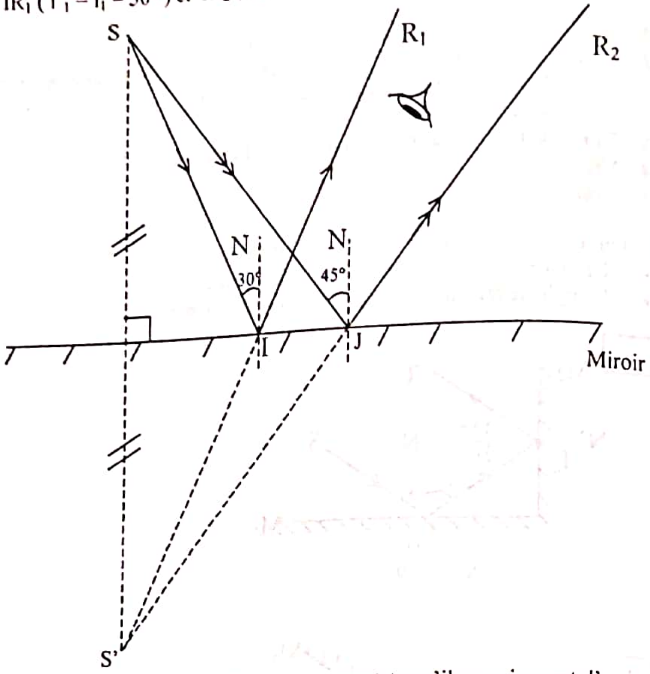
b



On constate que les rayons incident et réfléchi ont la même direction.

OPTIQUE

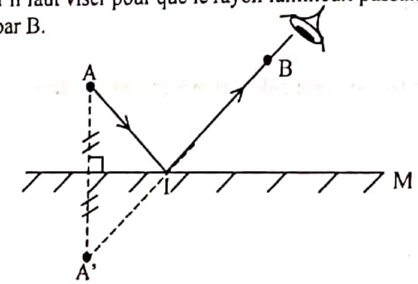
❸ 1. Tout rayon réfléchi est le symétrique du rayon incident par rapport à la normale car $i = i'$ (loi de Descartes). Construisons les rayons réfléchis IR_1 ($i'_1 = i_1 = 30°$) et IR_2 ($i'_2 = i_2 = 45°$)



2. En prolongeant les rayons réfléchis, on constate qu'ils proviennent d'un point S'symétrique de S par rapport au miroir. S' est l'image de S par rapport au miroir.(voir schéma).
3. Position de l'œil : voir schéma.

❹ ▪ Construisons l'image du point A : c'est le symétrique de A par rapport au miroir plan. Soit A' ce point.
▪ Traçons la droite (A'B). Elle coupe le miroir en un point I, point d'impact du rayon incident.

C'est le point qu'il faut viser pour que le rayon lumineux passant par A passe après réflexion par B.

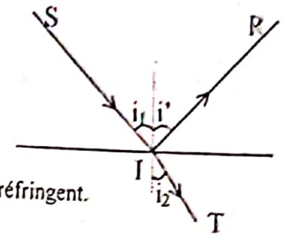


❺ a.
▪ La lumière passe d'un milieu à un autre plus réfringent. Il y a réflexion et réfraction. Notons i_2 l'angle de réfraction.
D'après la loi de Snell-Descartes relative à la réfraction.

$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1$

A.N. : $\sin i_2 = \frac{1{,}33}{1{,}66} \sin 40° = 0{,}51$

d'où $i_2 \simeq 31°$

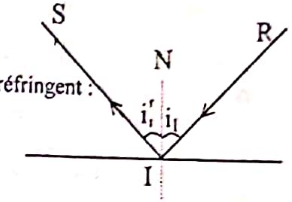


▪ L'angle de réflexion $i'_1 = i_1 = 40°$.

b. La lumière passe d'un milieu à un autre moins réfringent.
Calculons l'angle limite de réfraction

$\sin L = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1{,}33}{1{,}5} = 0{,}89$ d'où $L \approx 62{,}4°$

$i > L$; il y a réflexion totale
L'angle de réflexion est : $i'_1 = i_1 = 75°$.



c. La lumière passe d'un milieu à un autre plus réfringent :
Calculons l'angle limite de réfraction.

$\sin L = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{1{,}5} = 0{,}66$

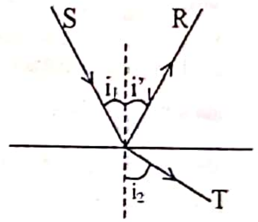
d'où $L = 42°$

$i_1 < L$: il y a réflexion et réfraction notons i_2 l'angle de réfraction. T
D'après la loi de Snell-Descartes

$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin i_1$

A.N. : $\sin i_2 = \frac{1{,}5}{1} \times \sin 30° = 0{,}75$ d'où $i_2 \approx 49°$

L'angle de réflexion est $i'_1 = i_1 = 30°$.



❻ ▪ La loi de Descartes relative à la réflexion donne : $i'_1 = i_1$
▪ La loi de Snell-Descartes relative à la réfraction est :
$n_1 . \sin i_1 = n_2 . \sin i_2$

soit $\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin i_1}{\sin i_2}$

Le rapport $\frac{n_2}{n_1}$ est déterminé à partir du tableau.

$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin 30°}{\sin 22°} \simeq 1{,}33$

Complétons le tableau :

Milieu 1	i_1	30°	42°	90°	60°
Milieu 2	i_2	22°	30°	49°	41°
	i'	30°	42°	0	60°

OPTIQUE

OPTIQUE

7 1.

- Détermination de l'angle incident i_1

mes ($\widehat{AIB}$) = 180°

soit

$i_1 + 60° + 90° = 180°$

d'où $i_1 = 30°$

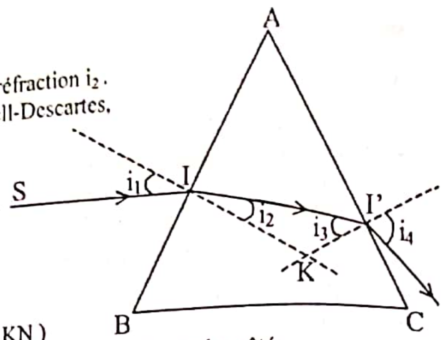
- Détermination de l'angle de réfraction i_2.

d'après la loi de réfraction de Snell-Descartes.

$\sin i_2 = \dfrac{n_1}{n_2} \sin i_1$

A.N. : $\sin i_2 = \dfrac{1}{1{,}5} \sin 30° = 0{,}33$

d'où $i_2 = 19{,}5°$.



2. Dans le triangle II'K on a :

$i_2 + i_3 + \text{mes}(\widehat{IKI'}) = 180°$

avec mes (IKI') = 180 – mes (I'KN)

or mes (I'KN) = mes (I'AI) = 60° car les 2 angles ont les côtés perpendiculaires deux à deux.

Donc mes (IKI') = 120°

Finalement $i_3 = 180° - 120° - 19{,}5$

D'où $i_3 = 40{,}5°$.

3. a . L'angle limite de réfraction est tel que :

$\sin L = \dfrac{n_{air}}{n_{verre}} = \dfrac{1}{1{,}5}$ d'où $L = 42°$.

b. $i_3 < L$: il n'y a pas réflexion totale ; il y a réfraction et réflexion.

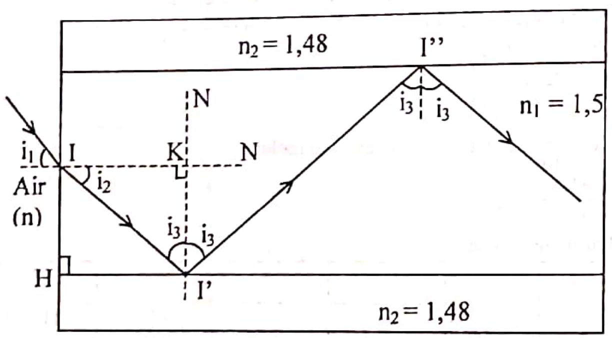
c. L'angle i_4 de réfraction est donné par la loi de Descartes :

$\sin i_4 = \dfrac{n_{verre}}{n_{air}} \sin i_3$

$\sin i_4 = \dfrac{1{,}5}{1} \sin 40{,}5 \simeq 0{,}98$

d'où $i_4 = 77°$.

8



1. Notons i_2 l'angle de réfraction.

La loi de Snell-Descartes relative à la réfraction donne :

$\sin i_2 = \dfrac{n}{n_1} \sin i_1$

A.N. : $\sin i_2 = \dfrac{1}{1{,}5} \sin 7{,}5°$

d'où $i_2 \simeq 5°$.

2. Dans le triangle IKI' on a :

$i_2 + i_3 + \text{mes}(\widehat{IKI'}) = 180°$

or mes (IKI') = mes (IHI') = 90° car les 2 angles ont leurs côtés perpendiculaires deux à deux.

d'où $i_3 = 180 - 90° - 5° = 85°$.

3. Le rayon incident II' est situé dans un milieu plus réfringent. Calculons l'angle limite de réfraction.

$\sin L = \dfrac{n_2}{n_1} = \dfrac{1{,}48}{1{,}5} = 0{,}99$ d'où $L \simeq 81°$

$i_3 > L$: il y a réflexion totale. Ensuite, le faisceau se réfléchit à chaque saut sur la surface de séparation cœur-gaine.

4. Le rayon lumineux est guidé dans le cœur par réflexion totale à la surface de séparation cœur-gaine (voir schéma).

9 1. Le rayon SI se trouve dans un milieu moins réfringent.

Il y a donc réfraction.

L'angle de réfraction r est donné par la relation :

$\sin r = \dfrac{n_{air}}{n_{verre}} \sin i_1$ (loi de Snell-Descartes)

A.N. : $\sin r = \dfrac{1}{1{,}5} \sin 30°$

Soit $r = 19{,}5°$.

- Les normales (IN) et (I'N') sont parallèles.

Donc $r' = r = 19{,}5°$

- Le rayon II' arrive donc sur la surface de séparation verre-air sous une incidence $r' = 19{,}5°$.
- Le rayon II' arrive donc sur la surface de séparation verre-air sous une incidence $r' = 19{,}5°$

Ce rayon est dans un milieu plus réfringent.

Calculons l'angle limite de réfraction L :

$\sin L = \dfrac{n_{air}}{n_{verre}}$

$\sin L = \dfrac{1}{1{,}5}$ d'où $L \approx 42°$

$r < L$: le rayon II' est réfracté.

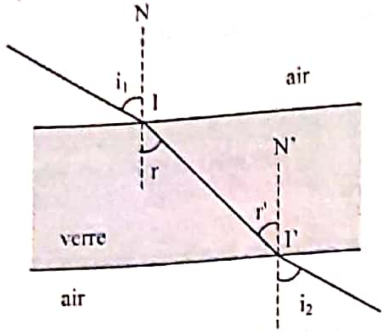
Soit i_2 l'angle de réfraction

$n_{air} \sin i_2 = n_{verre} \sin r$

or $n_{verre} \sin r = n_{air} \sin i_1$

d'où $i_2 = i_1$.

2. Les rayons incident et émergent sont parallèles.



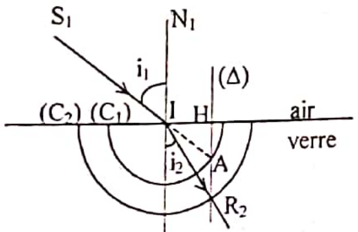
⑩ 1.

- Comment construire le rayon réfracté ?
- Dans le milieu en verre, traçons les demi - cercles (C_1) et (C_2) de rayons respectifs $R_1 = k\, n_{air}$ et $R_2 = k\, n_{verre}$

  $n_{air} = 1$ et $n_{verre} = 1{,}50$

Pour $k = 2$; $R_1 = 2$ cm et $R_2 = 3$ cm

- Prolongeons le rayon incident S_1I. Le prolongement coupe le cercle C_1 en un point A.
- La perpendiculaire (Δ) au dioptre (surface de séparation air -verre) passant par A coupe C_2 en un point R_2 . IR_2 est le rayon réfracté.



2. La mesure de l'angle i_2 donne : $i_2 = 25°$.

Vérifions ce résultat par la loi de Snell-Descartes :

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

$\sin i_2 = \frac{n_1}{n_2} . \sin i_1$

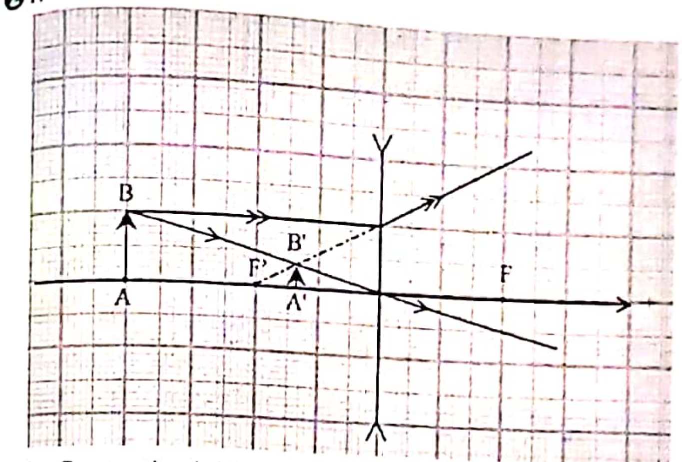
A.N. : $\sin i_2 = \frac{1}{1{,}5} \sin 40° \simeq 0{,}428$

Soit $i_2 \simeq 25°$.

CHAPITRE 12

❶ 1. Faux : les lentilles à bords minces sont convergentes.
2. Vrai.
3. Vrai.
4. Vrai.

❷ 1.



2. Construction de l'image A'B' de AB (voir schéma).
3. L'image A'B' est virtuelle et a le même sens que l'objet AB.
4. Le grandissement est donné par la relation :

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \quad \text{avec } \overline{AB} = 10 \text{ cm}$$

$$\overline{A'B'} = 3 \text{ cm}$$

A.N. : $\gamma = \frac{3}{10} = 0{,}3.$

- L'image A_1B_1 donnée de l'objet AB par la lentille L_1 est réelle et renversée. (voir schéma)
- La formule de conjugaison donne :

$$\overline{O_1A_1} = \frac{\overline{O_1A} \times \overline{O_1F_1'}}{\overline{O_1A} + \overline{O_1F_1'}}$$

$$\text{A.N. : } \overline{O_1A_1} = \frac{(-5,14.10^{-3}) \times (5.10^{-3})}{(-5,14.10^{-3}) + (5.10^{-3})} = 0,183 \text{ m.}$$

- La taille de l'image est : $\overline{A_1B_1} = \dfrac{\overline{O_1A_1} \times \overline{AB}}{\overline{O_1A}}$

$$\overline{A_1B_1} = \frac{0,183 \times (0,2.10^{-3})}{(-5,14.10^{-3})} = -7,12.10^{-3} \text{ m soit } -7,12 \text{ mm.}$$

2.
- L'image A_2B_2 donnée de A_1B_1 par la lentille L_2 est virtuelle et renversée. (voir schéma)

La formule de conjugaison donne :

$$\overline{O_2A_2} = \frac{\overline{O_2A_1} \times \overline{O_2F_2'}}{\overline{O_2A_1} + \overline{O_2F_2'}}.$$

$$\overline{O_2A_1} = \overline{O_2A_1} - \overline{O_1A_1}$$

A.N. : $O_2A_1 = -200 + 183 = -17$ mm

$$\overline{O_2A_2} = \frac{(-17.10^{-3}) \times 19.10^{-3}}{(-17.10^{-3}) + 19.10^{-3}} = -0,161 \text{ m soit } -161 \text{ mm.}$$

- La taille de l'image A_2B_2 est :

$$\overline{A_2B_2} = \frac{\overline{O_2A_2} \times \overline{A_1B_1}}{\overline{O_2A_1}}$$

$$\text{A.N. : } \overline{A_2B_2} = \frac{(-0,161) \times (-7,12 \cdot 10^{-3})}{(-17.10^{-3})}$$

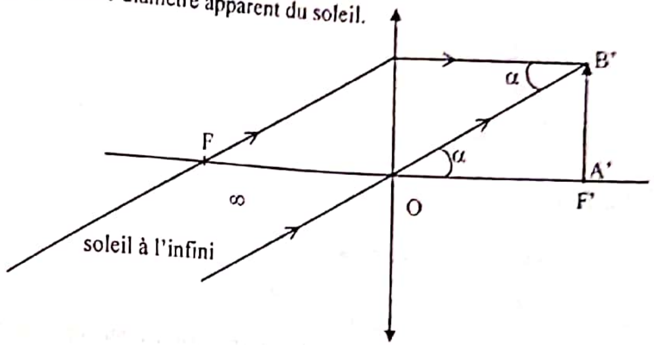
$$\overline{A_2B_2} = -67,4.10^{-3} \text{ m soit } -67,4 \text{ mm.}$$

3. C'est le microscope.

OPTIQUE

8 1. Plus la distance focale est grande, plus la taille A'B' de l'image est grande. On choisira la lentille convergente dont la vergence est la plus petite : Soit C = 0,5 δ.

2. Déterminons le diamètre apparent du soleil.



Le diamètre apparent est l'angle α sous lequel on voit l'objet à l'œil nu.

$$\tan\alpha = \frac{A'B'}{\overline{OF'}} \quad \text{avec} \quad \overline{OF'} = \frac{1}{C}$$

$$\text{A.N. : } \overline{OF'} = \frac{1,0}{5} = 2 \text{ m}$$

$$\tan\alpha = \frac{1,92 \cdot 10^{-2}}{2} \quad 0,0096$$

Comme tanα est petit, il est assimilé à α exprimé en radians α ≃ 0,0096.

9 1. La formule de conjugaison donne :

$$\overline{OA'} = \frac{\overline{OA} \times \overline{OF'}}{\overline{OA} + \overline{OF'}}$$

$$\text{A .N. : } \overline{OA'} = \frac{-30 \times 20}{-30 + 20}$$

$$\overline{OA'} = 60 \text{ cm.}$$

Pour obtenir une image nette du filament, l'écran doit être placé à 60 cm de la lentille.

2. La taille de l'image du filament est :

$$h' = A'B' = \frac{\overline{AB} \times \overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

$$\text{A.N. : } A'B' = 2 \times \frac{60}{-30}$$

$$A'B' = -4 \text{ cm.}$$

L'image est renversée et a pour hauteur h' = 4 cm.

OPTIQUE

Le grandissement est : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{e'}{e}$ avec e' : l'épaisseur de l'image.

$$e' = e \times \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$e' = 1 \times \frac{4}{2} = 2 \text{ mm.}$$

⑩ 1-2 Échelle $\frac{1}{4}$:

$\overline{OA} = -24$ cm est représenté par -6 cm

$\overline{OA'} = 14$ cm est représenté par 3,5 cm

Pour construire le foyer image F' :

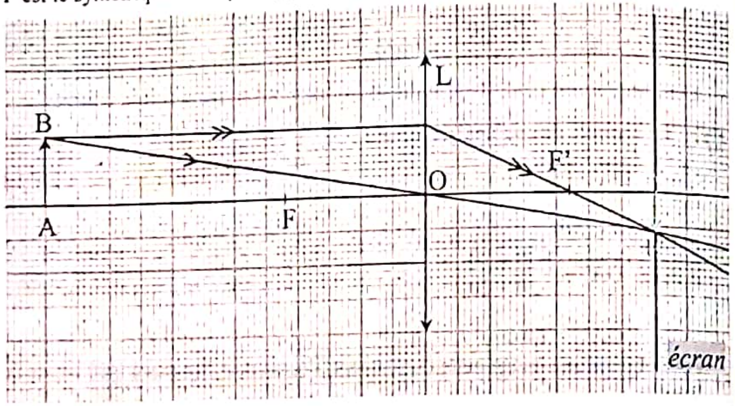
- Tracer le rayon lumineux issu de B qui passe par le centre optique O.

Il coupe l'écran au point B'.

- Tracer le rayon lumineux issu de B et parallèle à l'axe optique.

Il émerge en passant par B'. Le point d'intersection de ce rayon émergent et l'axe est le foyer image F'.

F est le symétrique de F' par rapport au point O.



3. Distance focale de la lentille

f = $\overline{OF'}$.

Graphiquement

$\overline{OF'} = 2{,}2 \times 4 = 8{,}8$ cm

f = 8,8 cm.

4. La formule de conjugaison donne $\overline{OA}$: $\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$

d'où $\overline{OF'} = \frac{\overline{OA} \times \overline{OA'}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}$

A.N. : $\overline{OA} = -24$ cm.

$\overline{OA'} = 14$ cm.

$\overline{OF'} = \frac{-24 \times 14}{-24 - 14} = 8{,}8$ cm.

Deux collections pour affronter vos examens en vainqueur !

Pour ma préparation progressive et qualitative à mon examen du BEPC ou du BAC, j'achète dès la rentrée mon "Antiflash"

- Mathématiques 3ème
- Sciences Physiques 3ème
- Français 3ème
- Anglais 3ème
- Espagnol 3ème
- Histoire-Géo Tles
- Anglais Tles
- Français Tles
- Biologie-Géologie Tles D ...

Pendant la période de préparation active aux examens du CEPE, du BEPC ou du BAC, j'achète mon "Caïman" pour m'assurer que je suis prêt.

- CEPE- Entrée en 6ème
- Français 3ème
- Sciences Physiques 3ème
- Mathématiques 3ème
- Anglais 3ème
- Biologie-Géologie 3ème
- Français Tles
- Mathématiques Tles D
- Mathématiques Tles C-E
- Mathématiques Tles A1, A2 et H
- Sciences Physiques Tles CDE (Vol.1)
- Sciences Physiques Tles CDE (Vol.2)
- Biologie-Géologie Tles C et D
- Biologie-Géologie Tles (A, B-H et C-D-E)

ISBN 2-84487-199-2

NEI La référence africaine pour votre culture et votre formation