CHAPITRE 1

Objectif général : Appliquer le théorème de l'énergie cinétique.
Objectifs spécifiques :

- Déterminer le travail d'une force constante.
- Déterminer le travail de la tension d'un ressort.
- Déterminer la puissance d'une force constante.

Durée : 6 heures

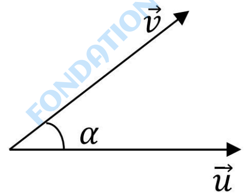
TRAVAIL ET PUISSANCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE TRANSLATION

I. Rappels

1. Produit scalaire de deux vecteurs

Soient deux vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$. Le produit scalaire est le produit de ces deux vecteurs.

- $\vec{u} \times \vec{v} = u \times v \cos \alpha$



- Dans un repère orthonormé $(O, \vec{\imath}, \vec{\jmath}, \vec{k})$ où $\vec{u}(u_x, u_y, u_z)$ et $\vec{v}(v_x, v_y, v_z)$,

$$\vec{u} \times \vec{v} = u_x \times v_x + u_y \times v_y + u_z \times v_z$$

- Le produit scalaire est une grandeur algébrique. Il est commutatif :

$$\vec{u} \times \vec{v} = \vec{v} \times \vec{u}$$

$$(k \times \vec{u}) \times \vec{v} = k \times (\vec{u} \times \vec{v})$$

2. Notion de travail d'une force

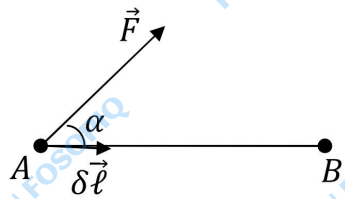
On dit qu'une force travaille lorsque son point d'application se déplace et sa droite d'action est non perpendiculaire au déplacement.

II. Travail d'une force constante soumise à un solide en déplacement

1. Cas d'un déplacement rectiligne

1.1. Travail élémentaire

$$\boxed{\delta W(\vec{F}) = \vec{F} \times \delta\vec{\ell}}$$



Avec $\delta\vec{\ell}$ le vecteur déplacement élémentaire.

1.2. Travail total effectué par $\vec{F}$ entre A et B

$W(\vec{F}) = \sum \delta W \iff \boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB.\cos\alpha}$

Avec $F(N), AB(m)\ et\ W(joule{:}J)$

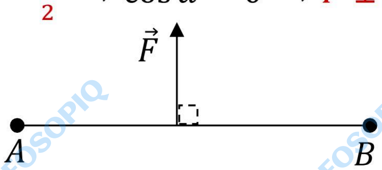
1.3. Application

Un car UTB quitte DALOA pour YAMOUSSOUKRO distantes de $d = 140km$. Son moteur développe une force constante d'intensité $F = 2500N$, faisant un angle $\alpha = 10^0$ avec la route supposée rectiligne. Calculer le travail de cette force.

2. Caractère algébrique du travail

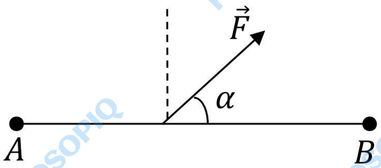
$W_{A\to B}(\vec{F}) = F.AB.\cos\alpha$

- Si $\alpha = \frac{\pi}{2} \Longrightarrow \cos\alpha = 0 \Longrightarrow \vec{F} \perp \overrightarrow{AB}\ et$ $\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = 0}$



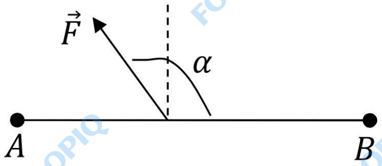
- Si $0 < \alpha < \frac{\pi}{2} \Longrightarrow \cos\alpha > 0 \Longrightarrow$ $\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) > 0}$

Dons $\vec{F}$ effectue un travail moteur.



- Si $\frac{\pi}{2} < \alpha < \pi \Longrightarrow \cos\alpha < 0 \Longrightarrow$ $\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) < 0}$

Dons $\vec{F}$ effectue un travail résistant.

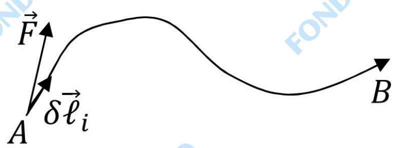


3. Cas d'un déplacement quelconque

3.1. Travail effectué par une force localisée

3.1.1. Travail élémentaire

$$\boxed{\delta W_i(\vec{F}) = \vec{F} \times \delta\vec{\ell}_i}$$



3.1.2. Travail total

$$\left.\begin{aligned} W_{A\to B}(\vec{F}) &= \sum \vec{F} \times \delta\vec{\ell}_i \\ or \sum \delta\vec{\ell}_i &= \overrightarrow{AB} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}}$$

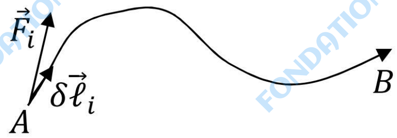
Remarque :

Ce travail ne dépend pas du chemin suivi, mais dépend des positions initiale et finale.

3.2. Travail effectué par des forces reparties

3.2.1. Travail élémentaire

$$\boxed{\delta W_i(\vec{F}_i) = \vec{F}_i \times \delta\vec{\ell}_i}$$



3.2.2. Travail total

$$\left.\begin{aligned} W_{A\to B}(\vec{F}) &= \sum \vec{F}_i \times \delta\vec{\ell}_i \\ or \sum \vec{F}_i &= \vec{F} = \overrightarrow{cste} \\ et \sum \delta\vec{\ell}_i &= \overrightarrow{AB} \end{aligned}\right\} \Rightarrow \boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}}$$

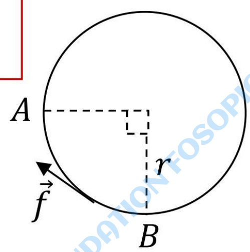
Remarque :

Ce travail dépend du chemin suivi.

3.2.3. Exemple des forces de frottement

Les forces de frottement représentent la composante tangentielle des forces de réaction. Elles sont toujours opposées au déplacement et notées $\vec{f}$.

$$\boxed{W_{A\to B}(\vec{f}) = -f \times \widehat{AB}}$$



Exemple :

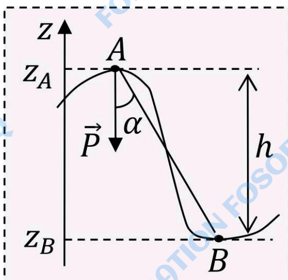
$W_{A\to B}(\vec{f}) = -f \times \frac{\pi}{2} \times r$

4. Travail du poids d'un corps

$W_{A\to B}(\vec{P}) = P.AB.\cos\alpha \;\; or \; AB\cos\alpha = h = (z_A - z_B)$

D'où

$$\boxed{W_{A\to B}(\vec{P}) = m.g.(z_A - z_B)}$$



Remarque :

- Le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi, mais dépend de la dénivellation h *entre* A *et* B.
- Si $z_A - z_B > 0$ alors $W_{A \to B}(\vec{P}) > 0$. Le solide descend les altitudes.
- Si $z_A - z_B < 0$ alors $W_{A \to B}(\vec{P}) < 0$. Le solide monte en altitude.

5. Travail de la tension d'un ressort

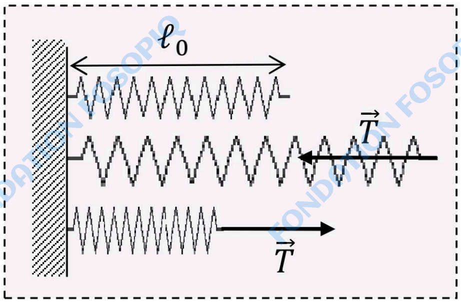
5.1. Définition de la tension d'un ressort

C'est la force exercée par un ressort lorsqu'il subit une déformation(*allongement ou compression*). Elle est notée $\vec{T}$ et a pour caractéristiques :

- **Direction** : l'axe du ressort.
- **Sens** : opposée à la déformation.
- **Norme** : $T = k.(\ell - \ell_0) = k.x$

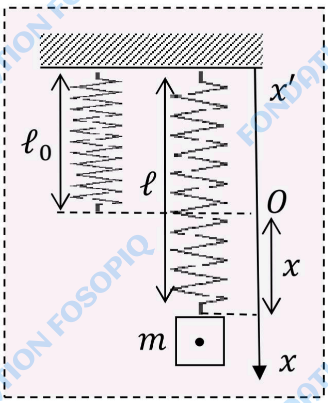
$$avec \ x = \pm(\ell - \ell_0)$$

ℓ la longueur du ressort(m)
ℓ_0 la longueur à vide ou longueur du ressort non déformé (m).
k *la constante de raideur du ressort*$(N.m^{-1})$.



5.2. Travail de la tension d'un ressort

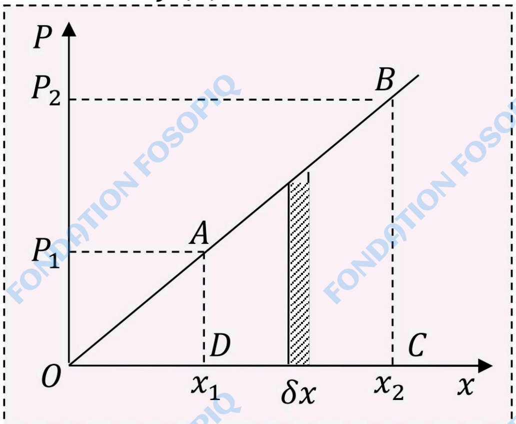
5.2.1. Dispositif expérimental



5.2.2. Tableau de mesures

m(kg)	0,025	0,0375	0,05	0,0625	0,075	0,0875
x(cm)	1	1,5	2	2,5	3	3,5

5.2.3. Courbe $P = f(x)$



5.2.4. Expression du travail de la tension

$\delta W(\vec{T}) = \vec{T}.\delta\vec{\ell} = -T.\delta x \Rightarrow W(\vec{T}) = -\sum T.\delta x$

$W_{1\to2}(\vec{T}) = -aire\ du\ trapèze\ ABCD$

$W_{1\to2}(\vec{T}) = -\frac{1}{2}(P_1 + P_2)(x_2 - x_1)\ or\ P_1 = T_1\ et\ P_2 = T_2$ à $l'équilibre$

$W_{1\to2}(\vec{T}) = -\frac{1}{2}(kx_1 + kx_2)(x_2 - x_1) \Rightarrow$ $\boxed{W_{1\to2}(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k.({x_2}^2 - {x_1}^2)}$

$\Rightarrow$ $\boxed{W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}k.x^2}$ avec x la déformation du ressort(m).

Remarque :

$W(\vec{T}) < 0$

III. Puissance d'une force

1. Puissance moyenne

Soit $W(\vec{F})$ le travail effectué par la force $\vec{F}$ entre les instants $t_1\ et\ t_2$.

$$\boxed{\mathcal{P}_m = \frac{W(\vec{F})}{t_2 - t_1} = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}}$$

Avec $W(\vec{F}) en\ joule, \Delta t(s)\ et\ \mathcal{P}_m\ en\ watt(W)$.

Exemple : Le car UTB a quitté DALOA à 7 $h30mins$ est est arrivé à YAMOUSSOUKRO à $9h30mins$. Calculer la puissance moyenne de la force de son moteur.

2. Puissance instantanée d'une force

$$\left.\begin{array}{l} \delta W(\vec{F}) = \vec{F} \times \delta\vec{\ell} \\ \mathcal{P} = \dfrac{\delta W}{\delta t} \end{array}\right\} \Longrightarrow \quad \mathcal{P} = \vec{F}.\frac{\delta\vec{\ell}}{\delta t} \; or \; \vec{v} = \frac{\delta\vec{\ell}}{\delta t}$$

$$\Longrightarrow \boxed{\mathcal{P} = \vec{F}.\vec{v}} \Leftrightarrow \boxed{\mathcal{P} = F.v.\cos\left(\widehat{\vec{F},\vec{v}}\right)}$$

Avec $F(N)$ et $v(m.s^{-1})$.

Exemple : Le car arrive à YAMOUSSOUKRO avec une vitesse $v = 120km.h^{-1}$.
Calculer la puissance de la force motrice à YAMOUSSOUKRO.

CHAPITRE 2

Objectif général : Appliquer le théorème de l'énergie cinétique.
Objectifs spécifiques :

- Connaitre les caractéristiques du mouvement de rotation d'un solide autour d'un axe fixe.
- Déterminer le travail et la puissance des forces agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.

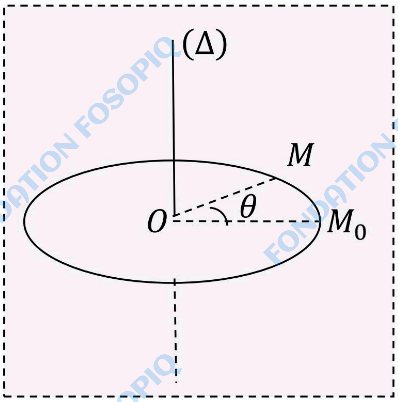
Durée : 6 heures

TRAVAIL ET PUISSANCE DANS LE CAS D'UN MOUVEMENT DE ROTATION AUTOUR D'UN AXE FIXE

I. Quelques grandeurs angulaires

1. Abscisse angulaire

Lorsqu'un solide est en mouvement de rotation autour d'un axe fixe, tous ses points décrivent un mouvement circulaire. Le centre d'inertie décrit un cercle de centre O situé sur l'axe de rotation et de rayon R.



L'abscisse angulaire est l'angle décrit par le centre d'inertie du solide par rapport à sa position de référence($position\ initiale$). Elle se note θ ou α et s'exprime en radian ou en degré.

2. Abscisse curviligne

C'est la longueur de l'arc décrit pour une abscisse angulaire θ. Elle s'exprime en mètre.

$$\boxed{S = \widehat{M_0M}} \Leftrightarrow \boxed{S = R.\theta}$$

3. Vitesse angulaire et vitesse linéaire

- La vitesse angulaire est la variation de l'abscisse angulaire par unité de temps. Elle se note ω *ou* $\dot{\theta}$ *ou* $\dot{\alpha}$ et s'exprime en $rad.s^{-1}$.

$$\boxed{\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \approx \frac{d\theta}{dt}}$$

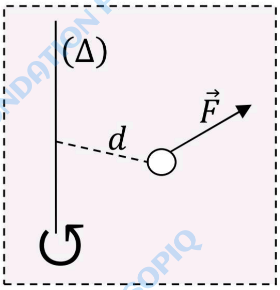
- La vitesse linéaire se note v et s'exprime en $m.s^{-1}$.

$$\boxed{v = R.\omega}$$

II. Notion de moment

1. Moment d'une force par rapport à un axe fixe

Le moment d'une force d'intensité F par rapport à un axe fixe (Δ) est le produit de F par la longueur d du bras de levier. Il s'exprime en newton-mètre$(N.m)$.



$$\boxed{\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = \pm F.d}$$

Pour connaitre son signe, il faut d'abord choisir un sens positif de rotation.

- Si $\vec{F}$ tend à faire tourner le solide dans le sens positif alors $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) > 0.$
- Si $\vec{F}$ tend à faire tourner le solide dans le sens contraire alors $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) < 0.$

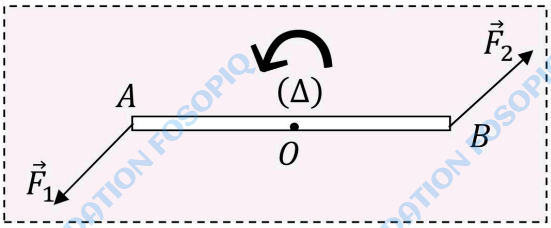
Remarque :

$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0$ si $\vec{F}$ # (Δ) ou $\vec{F}$ rencontre l'axe.

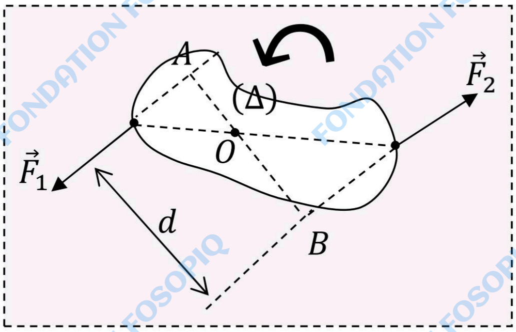
2. Moment d'un couple de forces

2.1. Definition d'un couple

Deux forces $\vec{F}_1$ *et* $\vec{F}_2$ exerces sur un solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe, forment un couple si et seulement si $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ et ces forces ont des droites d'action différentes.



2.2. Moment d'un couple de force



$$\mathcal{M}_\Delta = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2)$$
$$\mathcal{M}_\Delta = F_1.OA + F_2.OB = F.(OA + OB)$$
$$avec\ F = F_1 = F_2$$

Soit : $\boxed{\mathcal{M}_\Delta = F.d}$

Avec d la distance qui sépare les droites d'action des deux forces.

Remarque

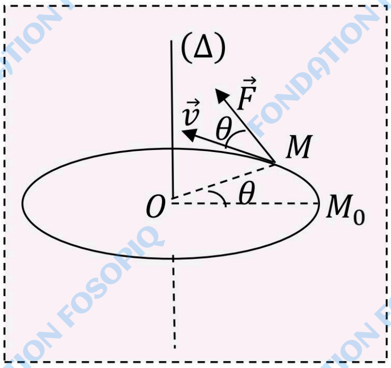
Ce moment est indépendant de la position de l'axe de rotation.

2.3. Applications

III. Travail et puissance dans le cas d'une rotation autour d'un axe fixe

1. Travail et puissance d'une force

1.1. Puissance instantanée



C'est le produit du moment de cette force par la vitesse angulaire du solide.

$\mathcal{P} = \vec{F}.\vec{v} = F.v.\cos\theta$

$\Leftrightarrow\ \mathcal{P} = F.OM.\omega\cos\theta = F.d.\omega$

soi : $\boxed{\mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\omega}$

1.2. Travail d'une force

Le travail d'une force de moment constant est égal au produit de ce moment par l'abscisse angulaire.

$W(\vec{F}) = \mathcal{P}.t = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\omega.t\ or\ \omega t = \theta.$

Soit : $\boxed{W(\vec{F}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}).\theta}$

2. Travail et puissance d'un couple

- Puissance : $\boxed{\mathcal{P} = \mathcal{M}_\Delta.\omega}$
- Travail : $\boxed{W = \mathcal{M}_\Delta.\theta}$

CHAPITRE 3

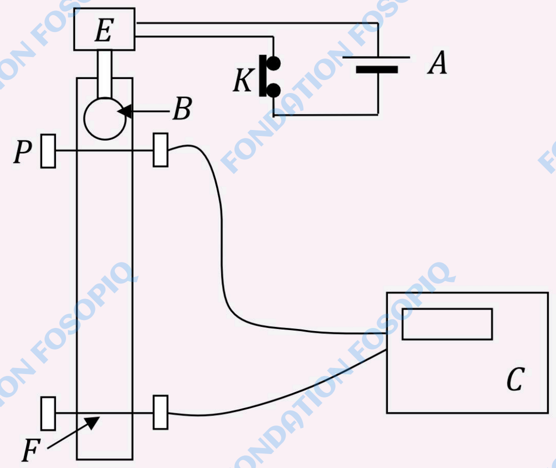
Objectif général : Appliquer le théorème de l'énergie cinétique.
Objectif spécifique : Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique.
Durée : 8 heures

THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

I. Energie cinétique d'un solide

1. Etude expérimentale de la chute d'un solide sans vitesse initiale

1.1. Dispositif expérimental



A: accumulateur
B: bille d'acier
C: chronomètre
E: électro – aimant
F: faisceau lumineux
P: cellule photoélectrique

1.2. Resultats

	0	1	2	3	4	5	6	7
$h(m)$	0	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
$t(s)$	0	0,32	0,39	0,45	0,51	0,55	0,6	0,65
$v(m.s^{-1})$								
v^2								

1.3. Courbe $v^2 = f(h)$

1.4. Exploitation de la courbe

La courbe $v^2 = f(h)$ est une droite qui passe par l'origine du repère. Son équation est de la forme $v^2 = k.h$

- $h = \frac{\Delta v^2}{\Delta h} =$
- $Or\ g = 9{,}8N.kg^{-1} \Longrightarrow k = 2g \Longrightarrow$ $\boxed{v^2 = 2g.h}$

$$\Leftrightarrow \boxed{\frac{1}{2}mv^2 = mg.h}$$

Remarque :

Cette relation est obtenue par la combinaison des équations horaires :

$v = gt\ et\ h = \frac{1}{2}gt^2$.

En mouvement, le poids du solide effectue un travail mgh. Le solide possède une énergie appelée énergie cinétique liée à sa vitesse.

2. Energie cinétique d'un solide en mouvement de translation

2.1. Cas d'un point matériel

L'énergie cinétique d'un point matériel de masse m_i animé d'un mouvement de translation avec un vecteur- vitesse $\vec{v}_i$ est :

$$\boxed{E_{C_i} = \frac{1}{2}m_i\vec{v}_i^{\,2}}$$

2.2. Cas d'un solide

Soit G son centre d'inertie.

$E_C = \sum \frac{1}{2}m_i\vec{v}_i^{\,2}\ \ Or\ \vec{v}_i = \vec{v}_G\ et\ M = \sum m_i \ \Longrightarrow$ $\boxed{E_C = \frac{1}{2}M\vec{v}_G^{\,2}}$

Avec $M\ (kg), v_G(m.s^{-1})\ et\ E_C(J)$.

2.3. Application

Une voiture de masse $m = 2t$ est en mouvement de translation avec une vitesse $v = 108km.h^{-1}$. Calculer son énergie cinétique.

3. Energie cinétique d'un solide en mouvement de rotation autour d'un axe fixe

3.1. Moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe fixe

3.1.1. Cas d'un solide élémentaire

Le moment d'inertie par rapport à un axe fixe, d'un solide élémentaire de masse m_i est égal au produit de sa masse par le carré de la distance r_i de son centre d'inertie à l'axe. Il est noté J_i et est exprimé en kilogramme. Mètre carré($kg.m^2$)

$$\boxed{J_i = m_i.r_i^{\,2}}$$

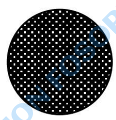
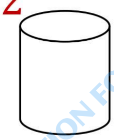
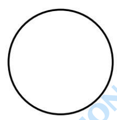
3.1.2. Cas d'un solide

$$\boxed{J = \sum m_i . r_i{}^2}$$

Exemple :

Calculer le moment d'inertie d'une jante par rapport à son axe si a masse est $m = 800g$ peut etre considerée comme repartie sur une circonference de $30cm$ de rayon.

3.1.3. Moment d'inertie de quelques solides par rapport à leur axe de révolution

	Disque	*Cylindre homogène*	*Sphere homogène*
$J(kg.m^2)$	$M.R^2$ 	$\frac{1}{2}M.R^2$ 	$\frac{2}{5}M.R^2$ 

3.2. Définition de l'énergie cinétique de rotation

Chaque point de masse m_i d'un solide en rotation autour d'un axe fixe et situé à la distance r_i de celui-ci est animé d'une vitesse v_i. Son énergie cinétique est $E_{C_i} = \frac{1}{2}m_i\vec{v}_i{}^2$

L'énergie cinétique du solide est :

$E_C = \sum E_{C_i} = \frac{1}{2}\sum m_i\vec{v}_i{}^2$ $or\ v_i = r_i\omega \implies E_C = \frac{1}{2}\omega^2 \sum m_i . r_i{}^2$

Soit $$\boxed{E_C = \frac{1}{2}J\omega^2}$$

3.3. Applications

Calculer l'énergie cinétique d'un solide de moment d'inertie $J_\Delta = 0{,}15kg.m^2$, animé d'une vitesse angulaire $\omega = 1{,}14rad.s^{-1}$.

II. Theoreme de l'énergie cinétique

1. Etude de la chute libre

$A\ t = 0s, E_{C1} = 0$ car la chute libre se fait sans vitesse initiale.

$\forall t, E_{C2} = \frac{1}{2}mv^2 = mgh$

$\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1} = \frac{1}{2}mv^2 = mgh\ or\ mgh = W_{1\to2}(\vec{P})$

D'où $\Delta E_C = W_{1\to2}(\vec{P})$

La variation de l'énergie cinétique est égale au travail du seul poids qui s'exerce sur lui au cours de la chute.

2. Enoncé du theoreme de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen, la variation pendant une durée donnée de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement est égale à la somme algébrique des travaux effectués par toutes les forces extérieures qui lui sont appliquées pendant cette même durée.

Entre deux instants t_1 et t_2,

$$\boxed{\Delta E_C = E_{C_2} - E_{C_1} = \sum W_{1\to 2}\left(\vec{f}_{ext}\right)}$$

3. Etude du freinage d'un mobile par les forces de frottement

Un mobile en mouvement de translation depuis une position A amorce un freinage sur une distance $AB = L$.

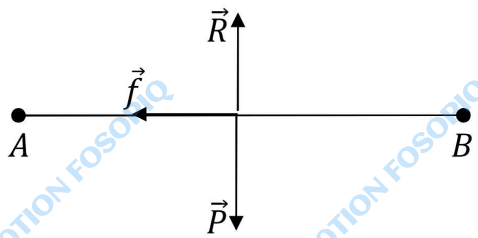
Méthode de résolution d'un problème de physique

- Système : solide de masse m
- Référentiel terrestre supposé galiléen
- Bilan des forces extérieures :

  $\vec{P}$ Poids du solide

  $\vec{R}$ Réaction normale de la route

  $\vec{f}$ Force de frottement.



- Représentation qualitative des forces
- Appliquons le théorème de l'énergie cinétique
  - Instant t_1: le solide est en A, $E_{CA} = \frac{1}{2}m{v_A}^2$
  - Instant t_2: le solide est en B, $E_{C2} = 0$

  $\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1} = \sum W_{1\to 2}\left(\vec{f}_{ext}\right)$

$\Leftrightarrow 0 - \frac{1}{2}m{v_A}^2 = W\left(\vec{P}\right) + W\left(\vec{R}\right) + W\left(\vec{f}\right)$

Or $W\left(\vec{P}\right) = 0\ car\ \vec{P} \perp \overrightarrow{AB}$

$W\left(\vec{R}\right) = 0\ car\ \vec{R} \perp \overrightarrow{AB}$

$W\left(\vec{f}\right) = -f.L$

$0 - \frac{1}{2}m{v_A}^2 = 0 + 0 - f.L \Rightarrow$ $\boxed{\boldsymbol{v_A = \sqrt{\frac{2f.L}{m}}}}$

CHAPITRE 4

Objectif général : Appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique.
Objectif spécifique : Déterminer la variation de l'énergie potentielle.
Durée : 2 heures

ENERGIE POTENTIELLE

I. Notion d'énergie potentielle

$1^{ère}$ situation:

Lorsqu'un corps tombe en chute libre, il possède de l'énergie en réserve que l'on appelle énergie potentielle. Elle est due à la position du corps par rapport au sol.

2^{eme} situation:

Lorsqu'on laisse au sommet d'une cote une boule, elle se met à rouler. Cela est du à la différence de niveau. Elle possède donc de l'énergie potentielle.

Remarque :

Cette énergie est liée à l'interaction entre le corps et la terre.

II. Energie potentielle de pesanteur

1. Définition

L'énergie potentielle de pesanteur d'un corps placé dans le champ de pesanteur uniforme est l'énergie qu'il possède du fait de sa position par rapport au sol.

L'énergie potentielle dépend du choix de la cote de référence $z_0(cote\ zéro)$. Elle a pour expression :

$$\boxed{E_p = mg(z - z_0)}$$

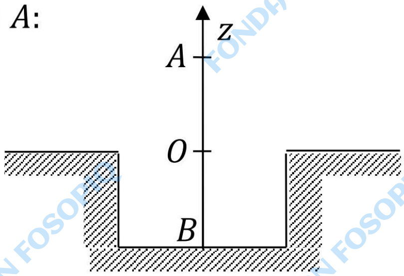
Cas particulier :

Au sol, $z_0 = 0 \implies$ $\boxed{E_p = mgz}$

Exemple :

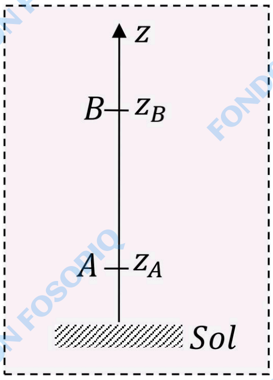
Une pierre de masse $m = 60g$ est lancée vers le haut et atteint un point A d'altitude $z_A = 30m$. Calculer l'énergie potentielle de la pierre en A:

- Par rapport au sol.
- Par rapport au fond d'un puits de profondeur $h = 10m$. On prendra $g = 10m.s^{-2}$.



- Au sol, $E_{P0} = 0 \implies E_{PA} = mgz_A$
  $A.N: E_{PA} = 0,06.10.30 = 18J$
- Au fond du puits, $E_{P0} = -h \implies$
  $E_{PA} = mg(z_A + h) = 24J$

2. Variation de l'énergie potentielle



Le solide passe de A à B.

$\Delta E_P = E_{PB} - E_{PA} = mgz_B - mgz_A$

$\Delta E_P = -mg(z_A - z_B) = -W_{A\to B}(\vec{P})$

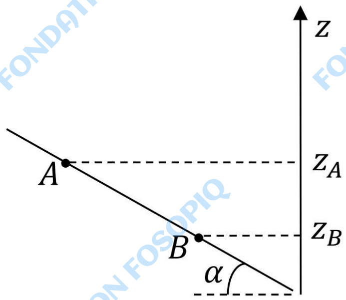
Soit :

$$\boxed{\Delta E_P = -W_{A\to B}(\vec{P})}$$

Exemple :

Un solide de masse m glisse sur une table à coussin d'air inclinée d'un angle α avec l'horizontale. Il parcourt la distance $l = AB = 1m$ tandis que la longueur totale du plan incliné est $L = 1{,}5m$. Comparer la variation de l'énergie potentielle entre les points A et B avec le travail du poids du solide. On prendra l'énergie potentielle de pesanteur nulle au sol.

On donne : $m = 60g$; $\alpha = 0$ et $g = 10m.s^{-2}$.

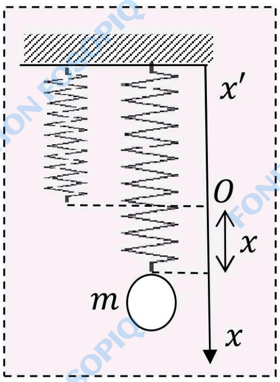


- $\Delta E_P = E_{PB} - E_{PA} \Leftrightarrow \Delta E_P = mgz_B - mgz_A = mg(z_B - z_A)$
  or $z_B - z_A = -h = -l\sin\alpha \Longrightarrow$
  $\Delta E_P = -mgl\sin\alpha = -0{,}3J$
- $W_{A\to B}(\vec{P}) = mgh = mgl\sin\alpha = 0{,}3J$
  D'où $\Delta E_P = -W_{A\to B}(\vec{P})$

III. Energie potentielle élastique

1. Définition

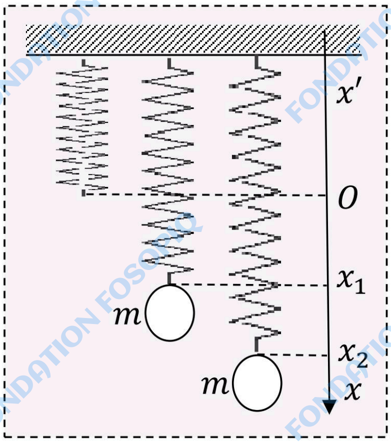
L'énergie potentielle élastique d'un ressort de raideur k est :



$$\boxed{E_{Pe} = \frac{1}{2}kx^2 + E_{P0}}$$

Avec $k(N.m^{-1})$ et $x(m)$.

2. Variation de l'énergie potentielle élastique



$$\Delta E_{Pe} = E_{Pe2} - E_{Pe1} = \frac{1}{2}k(x_2{}^2 - x_1{}^2) = -W_{1\to2}(\vec{T})$$

Soit :

$$\boxed{\Delta E_{Pe} = -W_{1\to2}(\vec{T})}$$

CHAPITRE 5

Objectif général : Appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique.
Objectifs spécifiques :

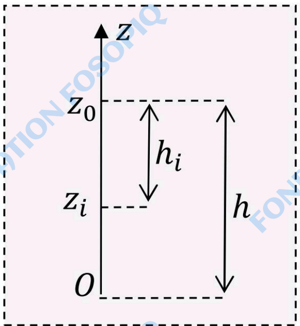
- Déterminer l'énergie mécanique totale d'un système.
- Utiliser la conservation de l'énergie mécanique pour résoudre un problème.

Durée : 6 heures

ENERGIE MECANIQUE

I. Notion de l'énergie mécanique

1. Exploitation des résultats de la chute libre



$h_i = z_0 - z_i = h - z_i \Longrightarrow z_i = h - h_i$

Ainsi $v_i = \frac{h_{i+1}-h_{i-1}}{t_{i+1}-t_{i-1}}$

On a $m = 15g$ et $g = 9{,}8 m.s^{-2}$

$h_i(m)$	$z_i(m)$	$t_i(s)$	$v_i(m.s^{-1})$	$E_{Pi} = mgz_i$	$E_{Ci} = \frac{1}{2}mv_i^2$	$E_{Ci} + E_{Pi}$
0	1,4	0				
0,1	1,3	0,143				
0,2	1,2	0,202				
0,3	1,1	0,248				
0,4	1,0	0,286				
0,5	0,9	0,319				
0,6	0,8	0,350				

A tout instant t_i, $E_{Ci} + E_{Pi} = cste$.
On peut ainsi écrire :$E_{C1} + E_{P1} = E_{C2} + E_{P2}$ à $deux$ $instants$ t_1 et t_2.
Au cours de la chute, la bile est soumise à son seul poids. On dit que le poids est une force conservative car son travail dépend seulement des positions initiale et finale.
La relation $E_C + E_P$ est appelée énergie mécanique du solide dans le champ de pesanteur.

2. Définition générale de l'énergie mécanique

A tout instant, dans un repère,

$$E = E_C + E_P$$

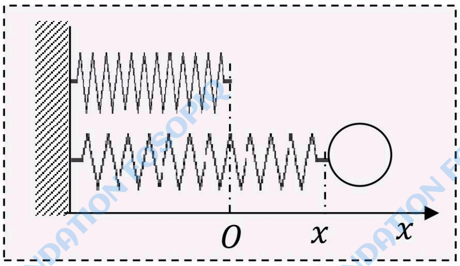
- **Cas d'un système sans ressort**
  - Solide en translation :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 + mg(z - z_0)$$

  - Solide en rotation :

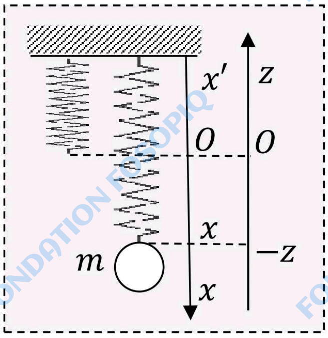
$$E = \frac{1}{2}J\omega^2 + mg(z - z_0)$$

- **Cas d'un système avec ressort**
  - Ressort horizontal :



$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + E_{P0}$$

  - Ressort vertical :



$$E = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2 + E_{PP}$$

Remarque :

$x = -z$

II. Conservation de l'énergie mécanique

1. Conditions de conservation

Pour que l'énergie mécanique d'un système soit conservée, il faut que le système soit soumis à des forces conservatives.

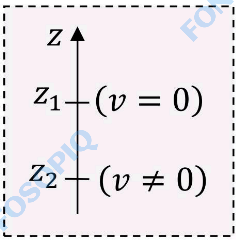
2. Loi de conservation

Entre deux instants t_1 *et* t_2,

$$\boxed{E_1 = E_2 = cste} \Leftrightarrow \boxed{\Delta E = 0} \Leftrightarrow \boxed{\Delta E_C = -\Delta E_P}$$

3. Exemples d'utilisation de la loi

3.1. Cas d'une chute libre



Sans vitesse initiale, le solide est soumis à son poids.

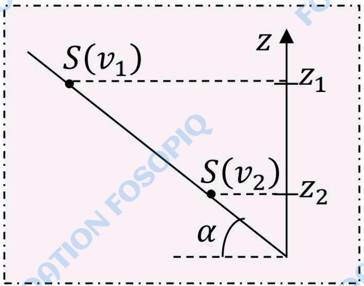
A l'instant t_1: $E_1 = mg(z_1 - z_0)$

A l'instant t_2: $E_2 = mg(z_2 - z_0)$

$E_1 = E_2 \Leftrightarrow mgz_1 = \frac{1}{2}mv^2 + mgz_2$

3.2. Cas d'un solide glissant sans frottement

- **Sur un plan incliné**

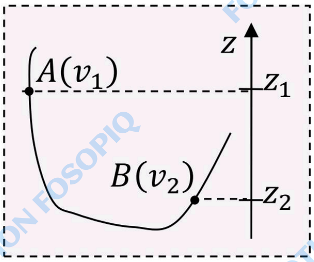


A l'instant t_1: $E_1 = mg(z_1 - z_0) + \frac{1}{2}m{v_1}^2$

A l'instant t_2: $E_2 = mg(z_2 - z_0) + \frac{1}{2}m{v_2}^2$

$E_1 = E_2 \Leftrightarrow mgz_1 + \frac{1}{2}m{v_1}^2 = \frac{1}{2}m{v_2}^2 + mgz_2$

- **Sur une piste de profil quelconque**

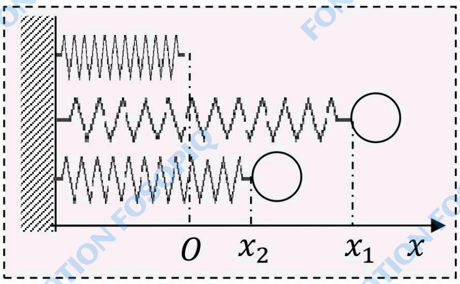


A l'instant t_1: $E_1 = mg(z_1 - z_0) + \frac{1}{2}m{v_1}^2$

A l'instant t_2: $E_2 = mg(z_2 - z_0) + \frac{1}{2}m{v_2}^2$

$E_1 = E_2 \Leftrightarrow mgz_1 + \frac{1}{2}m{v_1}^2 = \frac{1}{2}m{v_2}^2 + mgz_2$

3.3. Cas d'un système ressort+ solide

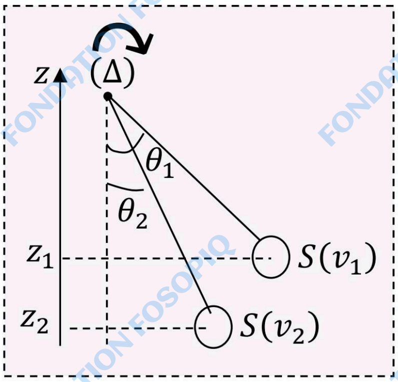


A l'instant t_1: $E_1 = \frac{1}{2}m{v_1}^2 + \frac{1}{2}k{x_1}^2 + C$

A l'instant t_2: $E_2 = \frac{1}{2}m{v_2}^2 + \frac{1}{2}k{x_2}^2 + C$

$E_1 = E_2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}m{v_1}^2 + \frac{1}{2}k{x_1}^2 = \frac{1}{2}m{v_2}^2 + \frac{1}{2}k{x_2}^2$

3.4. Cas d'un solide en rotation



A l'instant t_1: $E_1 = mgl(1-\cos\theta_1) + \frac{1}{2}J{\omega_1}^2 + C$

A l'instant t_2: $E_2 = mgl(1-\cos\theta_2) + \frac{1}{2}m{\omega_2}^2 + C$

$E_1 = E_2 \iff$

$mgl(1-\cos\theta_1) + \frac{1}{2}J{\omega_1}^2 = mgl(1-\cos\theta_2) + \frac{1}{2}m{\omega_2}^2$

III. Non conservation de l'énergie mécanique

1. Effet des forces de frottement

Cas d'un solide sur un plan incliné.

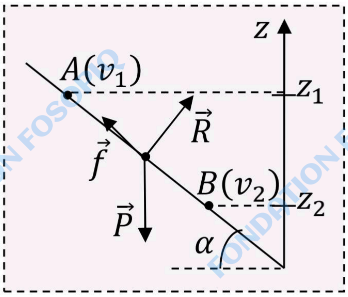
$\Delta E_P = E_{PB} - E_{PA} == -W_{A\to B}(\vec{P})$

$\Delta E_C = E_{CB} - E_{CA} == W_{A\to B}(\vec{P}) + W(\vec{R}) + W(\vec{f})$

$\iff \Delta E_C = E_{CB} - E_{CA} = -(E_{PB} - E_{PA}) + 0 + W(\vec{f})$

$\iff \Delta E_C = E_{CB} - E_{CA} = -\Delta E_P + W(\vec{f})$

$\iff \Delta E_C + \Delta E_P = W(\vec{f}) < 0$



Soit : $\boxed{\Delta E_C < -\Delta E_P}$ $\iff$ $\boxed{\Delta E < 0}$

L'énergie mécanique diminue sous l'action des forces de frottement.

2. Energie mécanique et quantité de chaleur

L'énergie mécanique perdue est transformée en chaleur Q.

$$\boxed{\Delta E = W(\vec{f}) < 0}$$

$$\iff \boxed{Q = /\ \Delta E\ / = /\ W(\vec{f})\ /}$$

CHAPITRE 6

Objectif général : Analyser le bilan énergétique d'un circuit.
Objectif spécifique : Connaitre la relation entre le champ et la force électrostatique.
Durée : 4 heures

ESPACE CHAMP ELECTROSTATIQUE

I. Force électrostatique

1. Mise en évidence de la force

1.1. Expériences

1.2. Observations

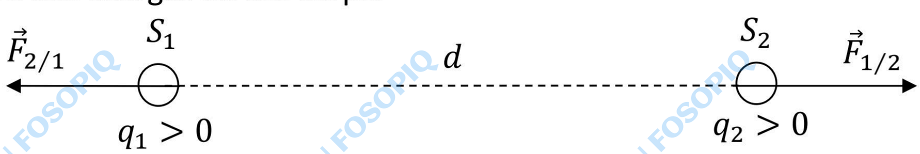
- Lorsqu'on approche de la boule, la tige de verre frottée sur une peau de chat, elle est attirée.
- Lorsqu'on approche de la boule, la tige d'ébonite frottée sur une peau de chat, la boule est repoussée.

1.3. Interprétation et conclusion

Les attractions et les répulsions observées entre les corps chargés sont dues à des forces appelées forces électrostatiques qui dépendent du signe des charges et des distances entre les corps.

2. Définition de la force électrostatique

La force électrostatique est la force qu'un corps chargé exerce sur un autre corps chargé. Son sens, sa direction et sa norme dépendent de la position, du signe et des valeurs des charges de ces corps.



II. Vecteur champ électrostatique

1. Notion de champ électrostatique

On dit qu'il existe un champ électrostatique en une région de l'espace, lorsqu'une charge électrique y est soumise à une force électrostatique.
Plaçons successivement en un même point M de ce champ, des charges q_1, q_2 et q_3 .
Nous obtenons :

$$\boxed{\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3} = \vec{E}(M)}$$

2. Définition du vecteur champ électrostatique

Le vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ en un point M est la grandeur vectorielle qui caractérise l'espace champ électrostatique en ce point. Il est défini par la relation :

$$\boxed{\vec{E}(M) = \frac{\vec{F}_e}{q}} \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{\vec{F}_e = q\vec{E}(M)}$$

3. Caractéristiques du vecteur champ électrostatique

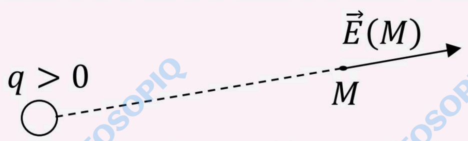
Elles dépendent de celles de $\vec{F}_e$.

- **Direction** : celle de $\vec{F}_e$.
- **Sens :**
  - Celui de $\vec{F}_e$ si $q > 0$.
  - Sens contraire de $\vec{F}_e$ si $q < 0$.
- **Norme** : $$\boxed{E = \frac{F_e}{/\,q\,/}}$$

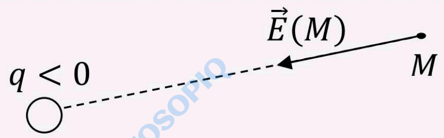
Avec $q(coulomb: C), F_e(N)$ et $E(V.m^{-1})$.

4. Représentation du vecteur champ electrostique crée par des charges ponctuelles

4.1. Cas d'une charge ponctuelle

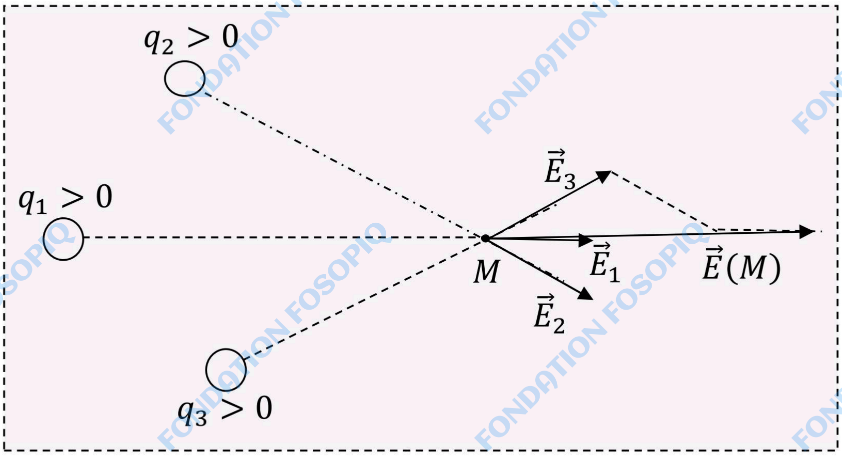


Le champ est divergent ou centrifuge



Le champ est convergent ou centripète

4.2. Cas de plusieurs charges ponctuelles



$$\boxed{\vec{E}(M) = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \cdots = \sum \vec{E}_i}$$

Les champs s'additionnent en tout point.

III. Visualisation des lignes de champ

1. Lignes de champ électrostatique

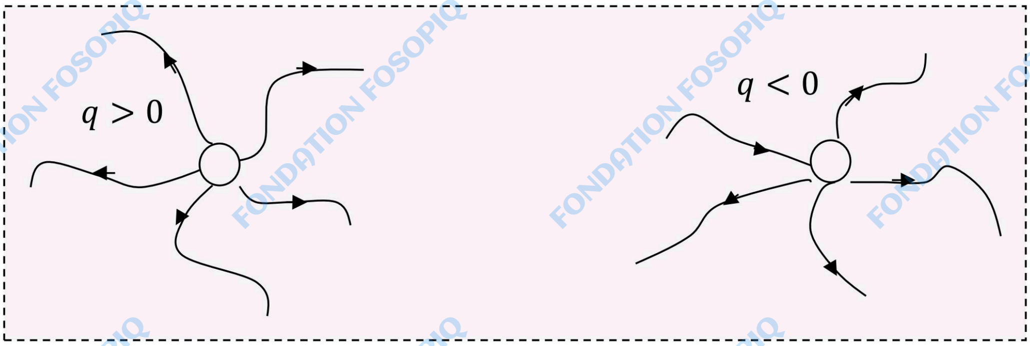
1.1. Définition

Ce sont des lignes continues, tangentes au vecteur champ électrostatique en chacun de ses points. Elles sont orientées dans le sens du vecteur champ.

1.2. Propriétés

- En dehors des charges, les lignes de champ ne se rencontrent pas.
- Leur orientation se conserve sur toute leur longueur.
- Elles sont d'autant plus serrées que le champ est plus intense.
- Elles sont parallèles si le champ est uniforme.

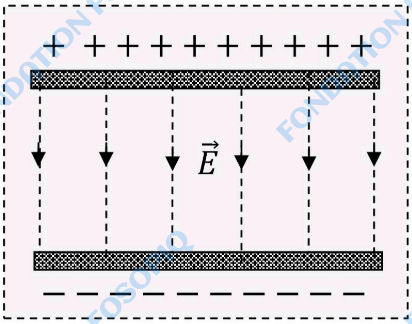
2. Cas du champ crée par une charge ponctuelle



Remarque :

Les lignes de champ sont radiales.

3. Champ crée par deux plaques métalliques parallèles



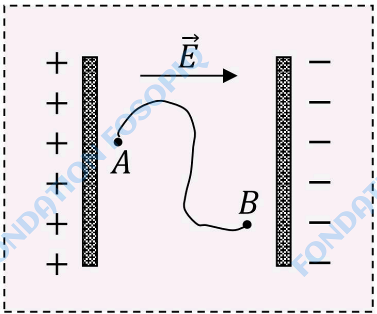
Entre les deux plaques, le champ est uniforme.
Les lignes de champ sont rectilignes et parallèles entre elles et orthogonales aux plaques. Donc $\vec{E}$ est orthogonal aux plaques et est orienté de la plaque positive vers la plaque négative.

CHAPITRE 7

Objectif général : Analyser le bilan énergétique d'un circuit.
Objectif specifique : Calculer l'énergie potentielle électrostatique d'une charge ponctuelle dans un champ électrostatique uniforme.
Durée : 3 heures

ENERGIE POTENTIELLE ELECTROSTATIQUE

I. Travail e la force électrostatique dans un champ uniforme



Considérons le champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ entre les armatures d'un condensateur. Un porteur de charge q en mouvement dans ce champ entre deux points $A\ et\ B$, subit la force électrostatique constante $\vec{F_e} = q\vec{E}$. On néglige le poids.
Le travail de cette force a pour expression :

$$W_{A\to B}(\vec{F_e}) = \vec{F_e}.\overrightarrow{AB} = q\vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

II. Différence de potentiel

1. Potentiel électrostatique

$W_{A\to B}(\vec{F_e}) = \vec{F_e}.\overrightarrow{AB} = q\vec{E}.\overrightarrow{AB} = E_{PA} - E_{PB} \Longrightarrow \vec{E}.\overrightarrow{AB} = \frac{E_{PA}}{q} - \frac{E_{PB}}{q}$

Posons $V_A = \frac{E_{PA}}{q}\ et\ V_B = \frac{E_{PB}}{q}$

Ainsi en tout point M d'un champ électrostatique, on peut définir $V_M = \frac{E_{PM}}{q}$ appelé potentiel électrostatique du champ $\vec{E}\ au\ point\ M$. il est exprimé en volt(V).
Le potentiel dépend du vecteur champ électrostatique $\vec{E}$ et de la position de la charge.

2. Différence de potentiel$(d.d.p)$

C'est la différence entre les potentiels de deux points du champ électrostatique.
$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = \frac{E_{PA}}{q} - \frac{E_{PB}}{q} = V_A - V_B$
Entre deux points $A\ et\ B$, la $d.d.p.$ s'écrit :

$$V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}$$

Ou

$$V_B - V_A = \vec{E}.\overrightarrow{BA}$$

$$\Leftrightarrow \boxed{V_A - V_B = E.AB.\cos\left(\vec{E},\overrightarrow{AB}\right)}$$

Dans un repère orthonormé $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$ où $\vec{E}(E_x,E_y,E_z)$ et $\overrightarrow{AB}(x_B - x_A, y_B - y_A, z_B - z_A)$

$$\boxed{V_A - V_B = (x_B - x_A).E_x + (y_B - y_A).E_y + (z_B - z).E_z}$$

$$\Longrightarrow V_A = -(x_A E_x + y_A E_y + z_A E_z) \text{ et } V_B = -(x_B E_x + y_B E_y + z_B E_z)$$

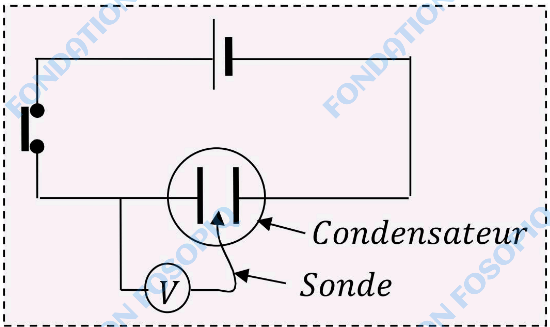
Exemples :

Dans un repère orthonormé $(O,\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k}), \vec{E} = 3.10^4\vec{\imath} - 2.10^4\vec{\jmath}; A(0;2;1)$, $B(2;0;-1)$ *avec x, y et z en mètre*. Calculer les ddp $V_A - V_B$ et $V_B - V_A$, puis comparer les.

3. Propriétés du potentiel électrostatique

3.1. Surface équipotentielle

3.1.1. Expérience



3.1.2. observations

Lorsqu'on promène la sonde sur chaque droite, l'indication du voltmètre est constante. Lorsqu'on passe d'une droite à une autre, l'indication du voltmètre change.

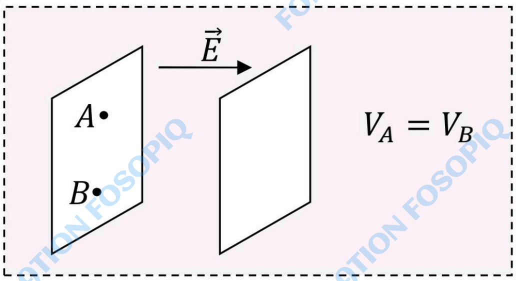
3.1.3. Interprétation

Tous les points d'une même droite ont le même potentiel.

3.1.4. Conclusion

La surface équipotentielle est l'ensemble des points d'un espace champ électrostatique ayant la même valeur de potentiel.

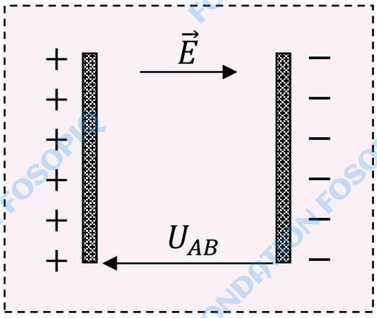
Ces surfaces sont des plans orthogonaux aux lignes de champ donc au vecteur champ électrostatique.



3.2. Sens du vecteur champ électrostatique

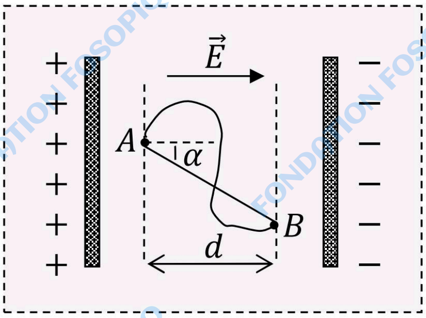
Il a toujours le sens des potentiels décroissants c'est-à-dire de la plaque positive vers la plaque négative. On dit qu'il décroit les potentiels.

$V_A > V_B \Leftrightarrow V_A - V_B > 0 \Leftrightarrow U_{AB} > 0$



3.3. Norme du vecteur champ électrostatique

$\vec{E}.\overrightarrow{AB} = E.AB.\cos\left(\widehat{\vec{E},\overrightarrow{AB}}\right)$ *or* $\pm d = AB\cos\left(\widehat{\vec{E},\overrightarrow{AB}}\right) \Leftrightarrow \pm dE = V_A - V_B$



Soit : $$\boxed{E = \frac{/V_A - V_B/}{d}}$$

III. Potentiel et énergie potentielle

- $W_{A\to B}(\vec{F_e}) = q\vec{E}.\overrightarrow{AB}$ et $V_A - V_B = \vec{E}.\overrightarrow{AB}$

$$\Rightarrow \boxed{W_{A\to B}(\vec{F_e}) = q(V_A - V_B)}$$

Remarque :

$W_{A\to B}(\vec{F_e}) > 0$ car $\vec{F_e}$ est une force motrice.

- $W_{A\to B}(\vec{F_e}) = q(V_A - V_B) = E_{PA} - E_{PB} \Leftrightarrow qV_A - qV_B = E_{PA} - E_{PB}$
  $\Rightarrow E_{PA} = qV_A$ *et* $E_{PB} = qV_B$ sont les énergies potentielles électrostatiques des porteurs de charge q aux points A *et* B.
- **Généralisation**

L'énergie potentielle électrostatique d'un porteur de charge q placé en un point M d'un champ électrostatique où le potentiel est V_M s'écrit :

$$\boxed{E_{PM} = q.V_M + cste}$$

CHAPITRE 8

Objectif général : Analyser le bilan énergétique d'un circuit.
Objectifs spécifiques :

- Appliquer la loi d'ohm.
- Appliquer l'expression de la puissance et de l'énergie électrique reçue ou fournie par un dipôle.

Durée : 6 heures

PUISSANCE ET ENERGIE ELECTRIQUE

I. Rappels

1. Générateurs et récepteurs électriques

1.1. Générateurs électriques

C'est un composant électrique qui produit le courant électrique. En absence de courant, il existe une tension électrique entre ses bornes. Ils sont dits dipôles actifs.
Exemples : La pile, la batterie…

1.2. Récepteurs électriques

C'est un composant électrique qui reçoit le courant électrique pour fonctionner.
En absence de courant, aucune tension électrique n'existe entre ses bornes. Ils sont dits dipôles passifs.
Exemples : Conducteur ohmique, lampe, électrolyseur…

2. Caractéristiques de quelques dipôles

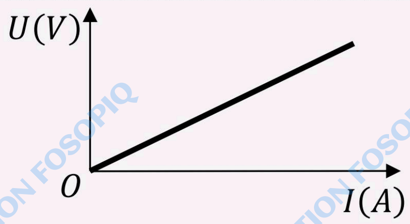
2.1. Définition de la caractéristique

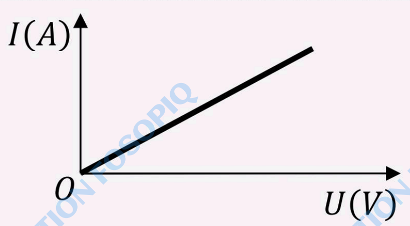
C'est la courbe représentative de la variation de la tension aux bornes d'un dipôle en fonction de l'intensité du courant électrique qui le traverse($vis\ versa$).

- Caractéristique tension-intensité : $I = f(U)$.
- Caractéristique intensité-tension : $U = f(I)$.

2.2. Caractéristique d'un conducteur ohmique

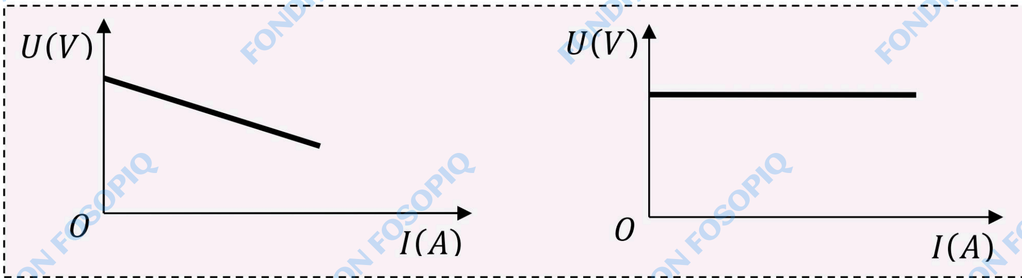
Sa caractéristique est une droite qui passe par l'origine du repère.





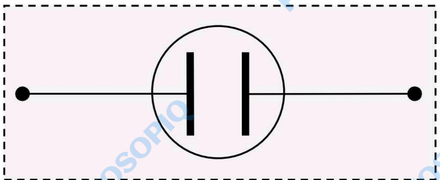
2.3. Caractéristique d'une pile

C'est une portion de droite descendante ou horizontale qui ne passe pas par l'origine du repère.



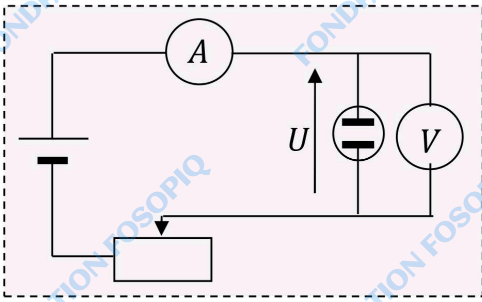
II. Etude de l'électrolyseur

1. Symbole



2. Etude expérimentale

2.1. Montage



2.2. Tableau de mesures

U(V)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
I(A)	0	0	0	0,05	0,15	0,28	0,4	0,53	0,65	0,79

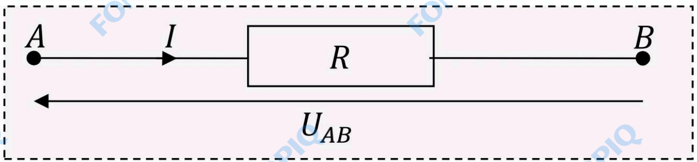
2.3. Caractéristique $U = f(I)$

Echelle : $1cm \leftrightarrow 0{,}5V$ et $1cm \leftrightarrow 0{,}1A$.

III. Loi d'ohm

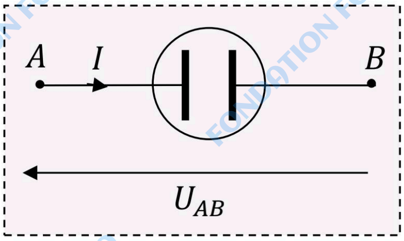
1. Pour un récepteur

1.1. Conducteur ohmique



$$\boxed{U_{AB} = R.I} \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{I = G.U_{AB}}$$

1.2. Autres récepteurs



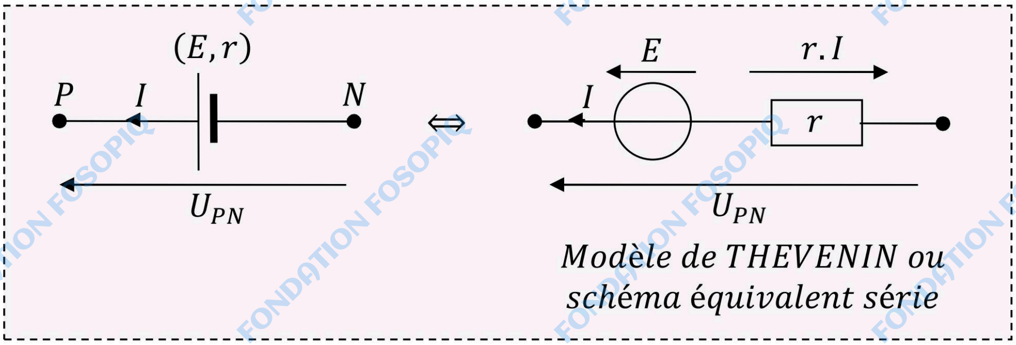
$$U_{AB} = E' + r'.I$$

Avec E': Force contre electromotrice($f.c.e.m$) $en\ volt(V)$

r': Resistance interne du recepteur en ohm(Ω)

2. Pour un générateur

2.1. Générateur de tension

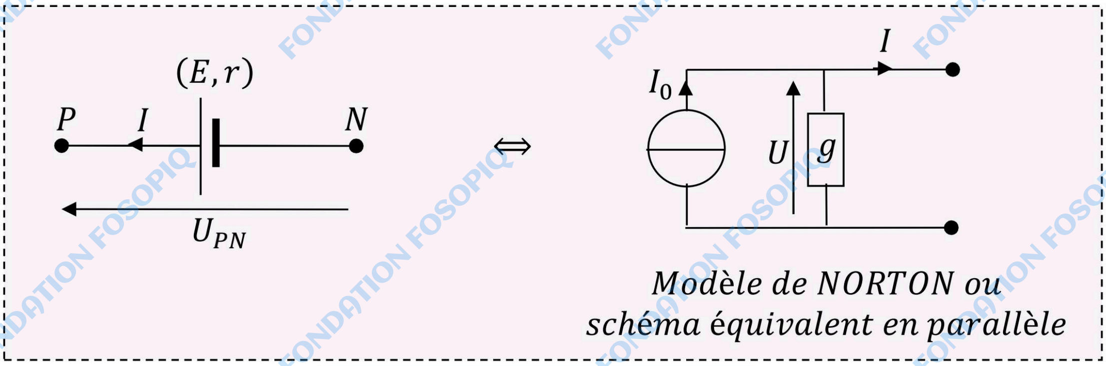


$$U_{PN} = E - r.I$$

Avec E: Force électromotrice($f.e.m$) $en\ volt(V)$. C'est la tension à vide du générateur.

r: Resistance interne du générateur en ohm(Ω)

2.2. Générateur de courant



$$I = I_0 - g.U$$

Avec $g = \frac{1}{r}$: *la conductance du generateur en siemens*(S).

$I_0 = \frac{E}{r}$: Intensité theorique de court-circuit en ampere(A).

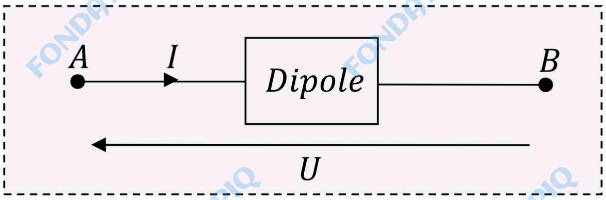
3. Généralisation de la loi d'ohm : loi de Pouillet

Dans un circuit électrique comportant des conducteurs ohmiques, des générateurs et des récepteurs linéaires, montés en série, l'intensité du courant électrique qui les traverse s'écrit :

$$\boxed{I = \frac{\sum E_i - \sum E'_i}{\sum R_i}}$$

IV. Puissance et énergie électrique

1. Puissance reçue et énergie reçue



- La puissance reçue notée $\mathcal{P}_r$ est la puissance que reçoit un récepteur d'un générateur.

$$\boxed{\mathcal{P}_r = U.I}$$

Avec $\mathcal{P}_r$ *en watt*(W), U *en volt*(V) *et* I *en ampère*(A).

- L'énergie reçue notée $\mathcal{E}_r$ est celle reçue du générateur. Elle est joule(J).

$$\boxed{\mathcal{E}_r = \mathcal{P}_r.t}$$

L'énergie peut être aussi exprimée en watt. Heure$(W.h)$.

$$1W.h = 3600J$$

1.1. Cas d'un conducteur ohmique

- $\mathcal{P}_r = U.I$ et $U = R.I \Rightarrow$ $\boxed{\mathcal{P}_r = R.I^2 = \frac{U^2}{R}}$

- L'énergie reçue vaut : $\boxed{\mathcal{E}_r = R.I^2.t}$

1.2. Cas d'un récepteur quelconque

- $\mathcal{P}_r = U.I$ et $U = E' + r'I \Rightarrow$ $\boxed{\mathcal{P}_r = E'I + r'I^2}$

Avec : $\mathcal{P}_u = E'.I$ la puissance utile.

$\mathcal{P}_j = r'.I^2$ la puissance joule ($ou\ calorifique$) perdue par effet joule.

- L'énergie électrique reçue vaut :

$$\boxed{\mathcal{E}_r = (E'I + r'I^2).t}$$

2. Puissance fournie ou disponible

C'est la puissance que fournit le générateur au reste du circuit.

$\mathcal{P}_f = U.I$ et $U = E - r.I \Longrightarrow$ $\boxed{\mathcal{P}_f = EI - rI^2}$

Avec : $\mathcal{P}_g = E.I$ la puissance engendrée ou générée.

$\mathcal{P}_j = r.I^2$ la puissance joule ($ou\ calorifique$) perdue par effet joule.

- L'énergie électrique fournie vaut :

$$\boxed{\mathcal{E}_f = (EI - rI^2).t}$$

V. Bilan énergétique

1. Bilan énergétique d'un récepteur

1.1. Pour un conducteur ohmique

$$\mathcal{P}_r = R.I^2 = \frac{U^2}{R}$$

Toute cette puissance est transformée en chaleur par effet joule.

1.2. Pour un récepteur quelconque

$$\mathcal{P}_r = E'I + r'I^2$$

- $\mathcal{P}_u = E'.I$: puissance reellement transformée en d'autres puissances($puissance\ chimique, puissance\ mécanique$ …).
- $\mathcal{P}_j = r'.I^2$: puissance transformée en chaleur par effet joule.

2. Bilan énergétique d'un générateur

$$\mathcal{P}_f = EI - rI^2$$

- $\mathcal{P}_g = E.I$: puissance réellement fournie par le générateur.
- $\mathcal{P}_j = r.I^2$: puissance transformée en chaleur au sein du générateur.

3. Bilan énergétique d'un circuit électrique

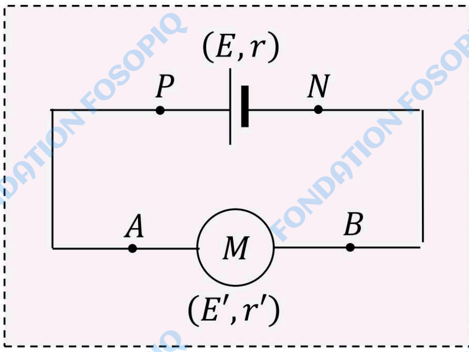
$\mathcal{P}_f = EI - rI^2$

$\mathcal{P}_r = E'I + r'I^2$

Le générateur et le récepteur sont en série.

$\mathcal{P}_f = \mathcal{P}_r \Leftrightarrow EI - rI^2 = E'I + r'.I^2 \Longrightarrow$

$$\boxed{E.I = E'.I + (r + r').I^2}$$



De façon générale : $\boxed{\sum \mathcal{P}_g = \sum \mathcal{P}_u + \sum \mathcal{P}_j}$

VI. Notion de rendement

1. Rendement d'un récepteur

$$\boxed{\mathcal{R} = \frac{\mathcal{P}_u}{\mathcal{P}_r}} \Leftrightarrow \boxed{\mathcal{R} = \frac{E'}{E' + r'.I}}$$

2. Rendement d'un générateur

$$\boxed{\mathcal{R} = \frac{\mathcal{P}_f}{\mathcal{P}_g}} \Leftrightarrow \boxed{\mathcal{R} = \frac{E - r.I}{E}}$$

3. Rendement d'un circuit

$$\boxed{\mathcal{R} = \frac{\mathcal{P}_u}{\mathcal{P}_g}} \Leftrightarrow \boxed{\mathcal{R} = \frac{E'}{E}}$$

CHAPITRE 9

Objectif général : Analyser le fonctionnement de quelques composants électroniques.
Objectifs spécifiques :

- Déterminer les caractéristiques d'un condensateur.
- Appliquer les lois d'association des condensateurs.
- Connaitre l'expression de l'énergie stockée par un condensateur.

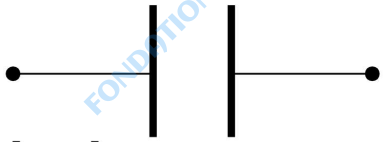
Durée : 6 heures

LES CONDENSATEURS

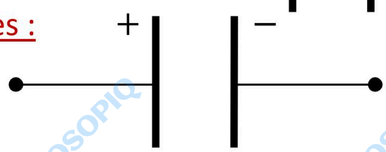
I. Charge et décharge d'un condensateur

1. Définition d'un condensateur

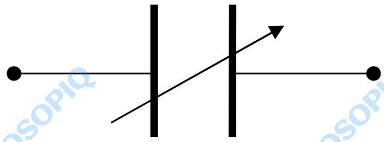
Un condensateur est un ensemble de deux conducteurs métalliques qui se font face et qui sont séparés par une faible épaisseur de substance isolante.
Les conducteurs sont appelés des armatures et l'isolant appelé le diélectrique.

Son symbole est : 

Exemples :



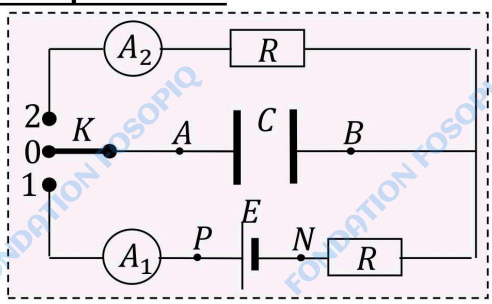
Condensateur chimique ou électrolytique polarisé



Condensateur à capacité variable

2. Charge et décharge d'un condensateur

2.1. Dispositif expérimental



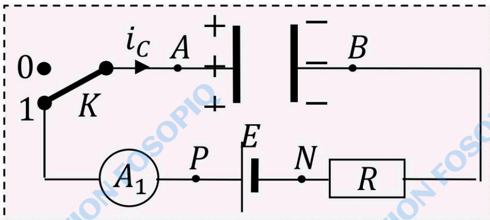
2.2. Charge du condensateur

- **Expérience :**

Plaçons K sur la position 1.
L'ampèremètre A_1 révèle le passage d'un courant dont l'intensité décroit progressivement quand la tension U_{AB} augmente. Ce courant finit par s'annuler quand $U_{AB} = U_{PN} = E$. ce courant est dit courant de charge et noté i_C.

- **Interprétation et conclusion**

Des électrons quittent l'armature A pour l'armature B. A se charge positivement et B négativement. A chaque instant, nous avons $q_A(t) = -q_B(t)$. La charge totale à la fin de la charge du condensateur est $Q = / Q_A / = / Q_B$ $/ \; et \; U_{AB} = E.$



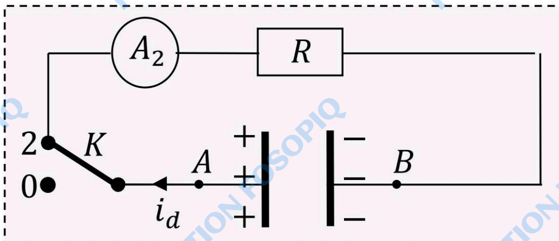
2.3. Décharge du condensateur

- **Expérience :**

Plaçons K sur la position 2.
L'ampèremètre A_2 revele le passage d'un courant dont l'intensité décroit progressivement avec la diminution de la tension U_{AB}. Ces deux grandeurs s'annulent en même temps. Ce courant est dit courant de décharge et noté i_d.

- **Interprétation et conclusion**

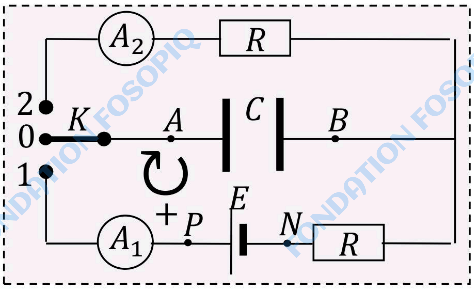
Les électrons accumulés en B, profitent du circuit fermé pour quitter progressivement B pour A. A chaque instant, nous avons $q_A(t) = -q_B(t)$. A la fin de la décharge,
$U_{AB} = 0 \; et \; q_A = q_B = 0.$



3. Algébrisation et expression des courants i_c et i_d

3.1. Algébrisation de i_c et i_d

Choisissons comme sens positif, le sens conventionnel du courant électrique.



Avec cette convention, $i_c > 0 \; et \; i_d < 0$.

3.2. Expression de i_c et i_d

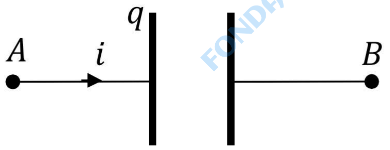
- Pendant la charge q_A augmente.
  Durant $dt, dq_A > 0 \implies i_c > 0$.

$$\boxed{i_c = \frac{dq_A}{dt}}$$

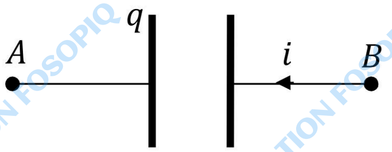
- Pendant la décharge, q_A diminue.
  Durant $dt, dq_A < 0 \implies i_d < 0$.

$$\boxed{i_d = \frac{dq_B}{dt}}$$

- Pour $q = q_A = -q_B$ et $i = i_c = -i_d$,

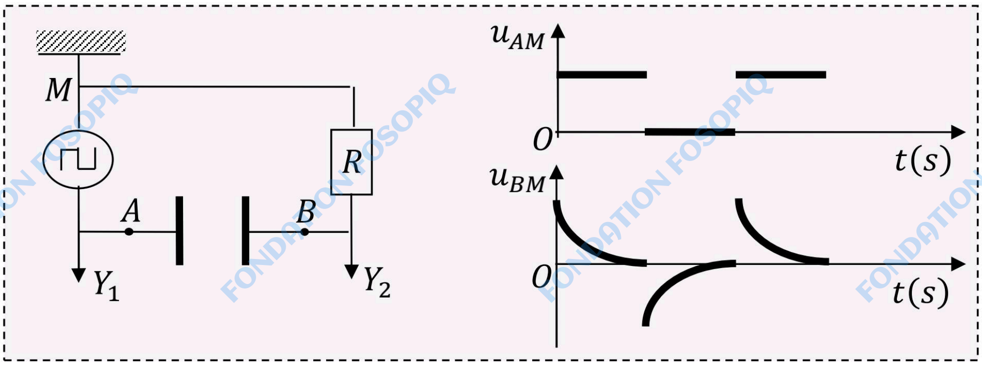


$$\boxed{i = \frac{dq}{dt}}$$



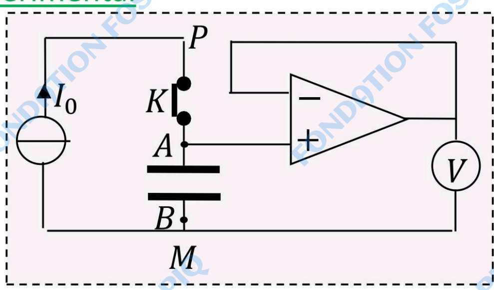
$$\boxed{i = \frac{-dq}{dt}}$$

3.3. Visualisation de i_c et i_d



II. Capacité d'un condensateur

1. Dispositif expérimental



2. Expérience

Lorsqu'on ferme l'interrupteur K, un courant d'intensité $I_0 = 2{,}17\mu A$ charge le condensateur. Toutes les 5 secondes, nous relevons l'indication du voltmètre.

3. Résultats

3.1. Tableau de mesures

t(s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40
U_{AB}(V)	0	2,16	4,34	6,52	8,68	10,86	13,02	15,2	17,36
$q_A(10^{-5}C)$									

3.2. Courbe $q_A = f(U_{AB})$

3.3. Exploitation de la courbe

La courbe est une droite qui passe par l'origine. Son équation est de la forme $q_A = k.U_{AB}$.

$k = \frac{\Delta q_A}{\Delta U_{AB}} =$

k est appelée capacité du condensateur et notée C. Elle s'exprime en Farad(F). Ainsi

$$\boxed{q_A = C.U_{AB}}$$

4. Capacité d'un condensateur plan

Un condensateur plan est constitué de deux armatures planes, parallèles dont l'écartement est faible devant leurs dimensions. Sa capacité dépend :

- Des caractéristiques géométriques des armatures.
- De la nature du diélectrique.

$$\boxed{C = \varepsilon.\frac{S}{d}}$$

Avec S: la surface ≪ $en\ regard$ ≫ des armatures en mètre carré(m^2).

d: Épaisseur du diélectrique en mètre(m).

ε: Permittivité absolue du diélectrique.

Soit $\varepsilon = \varepsilon_r.\varepsilon_0$, ε_r la permittivité relative du milieu par rapport au vide.

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi.10^9} = 8{,}84.10^{-12}F.m^{-1}$$

5. Limite d'utilisation d'un condensateur

5.1. Tension maximale ou tension de claquage : U_m

C'est la tension que peut supporter un condensateur. Elle dépend de la nature et de l'épaisseur du diélectrique. Au delà de cette tension, le condensateur se détériore.

5.2. Champ disruptif

C'est le champ électrostatique maximal crée entre les armatures au delà duquel le condensateur se décharge par le passage d'une étincelle.

$$\boxed{E_m = \frac{U_m}{d}}$$

Pour une utilisation normale du condensateur, il faut que $U < U_m$.

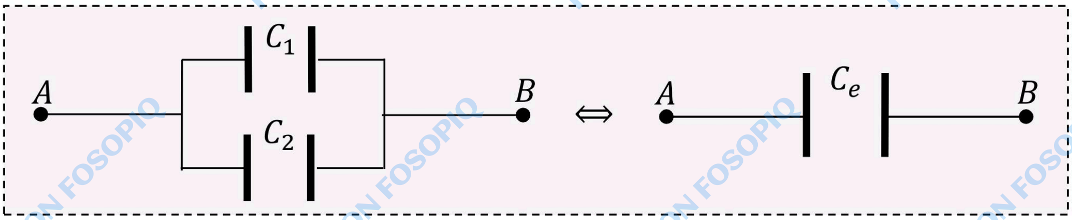
6. Association de condensateurs

6.1. Capacité équivalentes

Le condensateur équivalent à une association de condensateurs est celui qui, soumit à la même tension que l'association, accumule la même charge totale. Sa capacité est donc :

$$\boxed{C_e = \frac{Q_t}{U}}$$

6.2. Association en parallèle



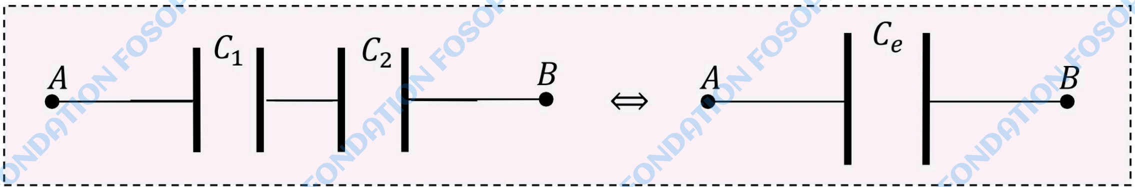
$$Q_1 = C_1U_{AB} \; et \; Q_2 = C_2U_{AB} \implies Q_1 + Q_2 = (C_1 + C_2)U_{AB} \; or \; Q_t = Q_1 + Q_2 = C_eU_{AB}$$

$\Rightarrow \boxed{C_e = C_1 + C_2}$ et $\boxed{Q_t = Q_1 + Q_2}$

De façon générale, lorsque plusieurs condensateurs sont montés en parallèle,

$$\boxed{C_e = \sum_{i=1}^{n} C_i} \quad \text{et} \quad \boxed{Q_t = \sum_{i=1}^{n} Q_i}$$

6.3. Association en série



$$U_{AB} = U_1 + U_2 = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = \frac{Q}{C_e} \implies \boxed{\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$$

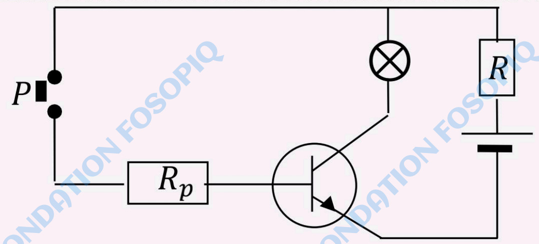
soit $\boxed{C_e = \dfrac{C_1 . C_2}{C_1 + C_2}}$ et $\boxed{Q_t = Q_1 = Q_2}$

De façon générales, lorsque plusieurs condensateurs sont montés en série,

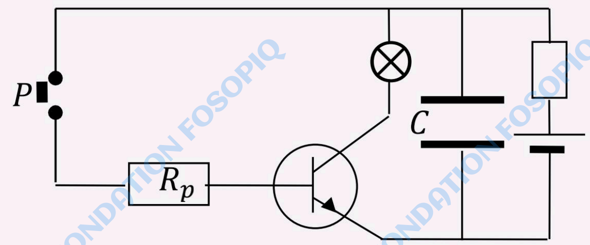
$\boxed{\dfrac{1}{C_e} = \displaystyle\sum_{i=1}^{n} \dfrac{1}{C_i}}$ et $\boxed{Q_t = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_i}$

III. Utilisation des condensateurs

1. Condensateur, réservoir d'énergie



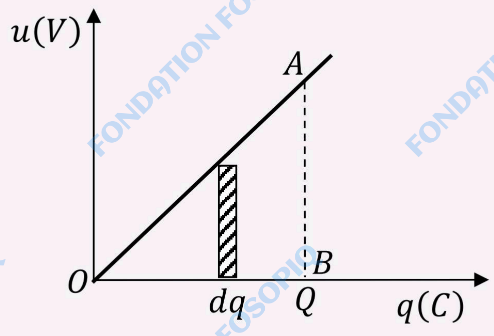
La lampe reste éteinte quand P est poussé



La lampe émet un flash quand P est poussé

2. Energie stockée par un condensateur

Etat initial : $q = 0 \implies d\mathcal{E} = u.dq$
Etat final: $q = Q \implies \mathcal{E} = \sum u.dq$
$u.dq$ est l'aire du rectangle hachuré, voisine de l'aire d'un petit trapèze.



$\mathcal{E}$ est la somme des aires de petits trapezes
$(l'associationde\ ces\ trapèzes\ donne\ le\ triangle\ OAB)$.
$\mathcal{E}$ est donc l'aire du triangle OAB.
$\mathcal{E} = \sum u.dq = \frac{1}{2}.OA.AB$ soit

$$\boxed{\mathcal{E} = \frac{1}{2}Q.U = \frac{1}{2}C.U^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}}$$

CHAPITRE 10

Objectif général : Analyser le fonctionnement de quelques composants électroniques.
Objectifs spécifiques :
- Utiliser l'amplificateur opérationnel en régime linéaire.
- Utiliser l'amplificateur opérationnel en régime de saturation.

Durée : 8 heures

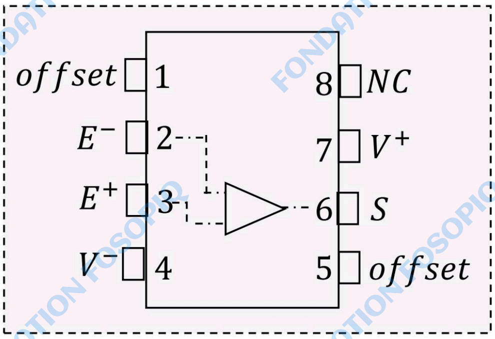
AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

I. Description d'un amplificateur opérationnel

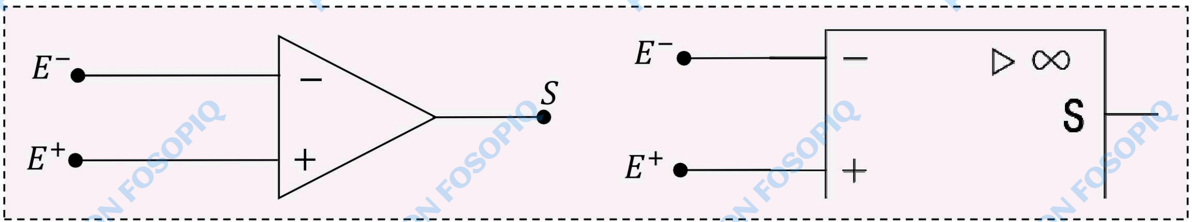
1. Présentation

L'amplificateur opérationnel(AO) est un circuit intégré c'est-à-dire sur un même support on a intégré des transistors, des résistors et des diodes($une\ douzaine\ de\ chaque$).
Il se présente sous la forme d'un boitier noir comportant huit broches ou pattes destinées au branchement. Seulement les broches utilisées sont :

- $V^+\ et\ V^-$ destinées à l'alimentation.
- $E^+\ et\ E^-$ appelées entrée non in verseuse et entrée in verseuse.
- S appelée sortie.

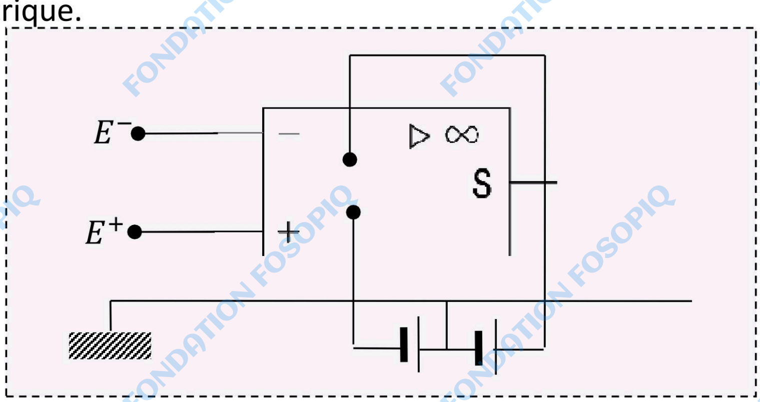


2. Symbole



3. Fonctionnement

Les transistors du circuit nécessitent une polarisation fournie par une alimentation continue symétrique.



Remarque :

Pour éviter de détériorer l'AO, à la mise sous tension, il faut brancher d'abord l'alimentation puis appliquer le signal. A la mise hors tension, il faut supprimer le signal puis couper l'alimentation.

Un AO a deux modes de fonctionnement qui sont :

- En régime linéaire : $\varepsilon = V_{E^+} - V_{E^-} \approx 0$ et $i^+ = i^- \approx 0.$
- En régime de saturation : $-U_{sat} \leq U_S \leq +U_{sat}$

Un AO peut être parfait ou idéal. Il est caractérisé en régime linéaire par :

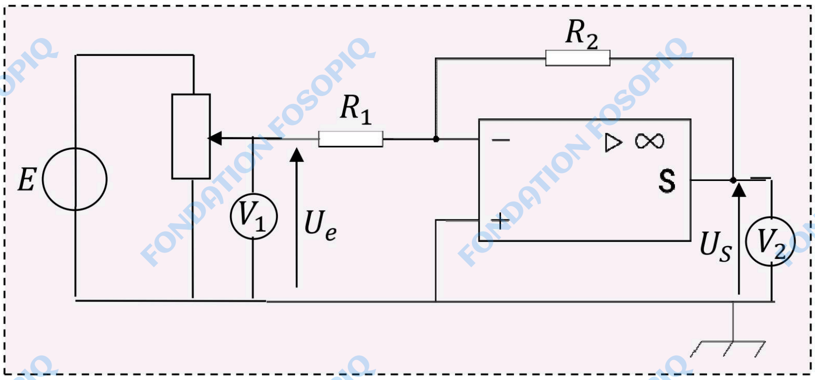
- $i^+ = i^- = 0$
- $\varepsilon = V_{E^+} - V_{E^-} = 0$

II. Quelques fonctions de l'amplificateur opérationnel

1. Montage amplificateur inverseur

1.1. Etude expérimentale

- **Schéma du montage**



- **Tableau de mesures**

$U_e(V)$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
$U_S(V)$	-2	-3	-4	-5	-5,9	-6,1	-8	-8

- **Courbe $U_S = f(U_e)$**
- **Exploitation de la courbe**

On constate qu'il y a deux modes de fonctionnement

- 1^{er} ***mode***: régime linéaire avec une amplification et une inversion.

$U_S = kU_e \Longrightarrow k = \frac{\Delta U_S}{\Delta U_e} =$

$\frac{R_2}{R_1} = \qquad\qquad = -k$

K est appelé facteur d'amplification noté $\mathcal{A}$.

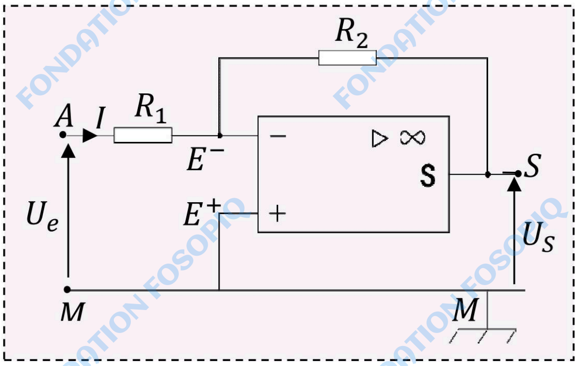
Soit $$\boxed{\frac{U_S}{U_e} = -\frac{R_2}{R_1} = \mathcal{A}}$$

- $2^{ème}$ ***mode***: régime de saturation

$/U_S/> \qquad\qquad \Longrightarrow / U_S /= U_{sat} \approx$

Quelque soit l'AO, / U_S / est inferieur à la tension d'alimentation.

1.2. Etude théorique



- Appliquons la loi des nœuds

  $I_1 = I_2 + I^- = I_2 = I$

- Expression de $U_S = U_{SM}$

$U_S = U_{SE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M} = -R_2I + 0 + 0 \Longrightarrow U_S = -R_2I$

- Expression de $U_e = U_{AM}$

$U_e = U_{AE^-} + U_{E^-E^+} + U_{E^+M} = R_1I + 0 + 0 \Longrightarrow U_e = R_1I$

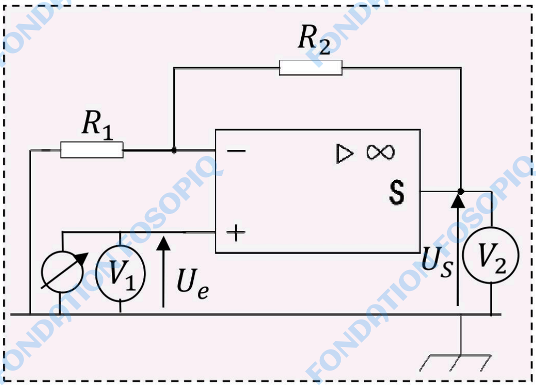
- Calcul du rapport $\frac{U_S}{U_e}$

$\frac{U_S}{U_e} = \frac{-R_2I}{R_1I} \Longrightarrow$ $$\boxed{\frac{U_S}{U_e} = \frac{-R_2}{R_1} = \mathcal{A}}$$

2. Montage amplificateur non inverseur

2.1. Etude expérimentale

- **Schéma du montage**



- **Tableau de mesures**

U_e(V)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
U_S(V)	2,9	4,4	6	7,5	8,9	10,1	12	12

- **Courbe $U_S = f(U_e)$**
- **Exploitation de la courbe**

On constate qu'il y a deux modes de fonctionnement

- $\mathbf{1^{er}}$ ***mode***: régime linéaire avec une amplification.

$U_S = kU_e \Longrightarrow k = \frac{\Delta U_S}{\Delta U_e} =$ $\Longrightarrow U_S =$ U_e

$\frac{R_1+R_2}{R_1} =$ $= k$

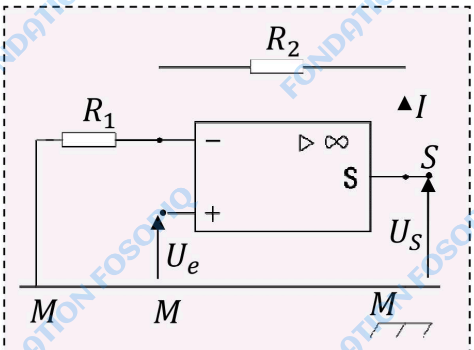
k est appelé facteur d'amplification noté $\mathcal{A}$.

Soit $$\boxed{\frac{U_S}{U_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \mathcal{A}}$$

- $\mathbf{2^{ème}}$ ***mode***: regpme de saturation

Quelque soit l'AO, U_S est inferieur à la tension d'alimentation.

2.2. Etude théorique



- Appliquons la loi des nœuds
  $I_1 = I_2 + I^- = I_2 = I$
- Expression de $U_S = U_{SM}$

$U_S = U_{SE^-} + U_{E^-A} + U_{AM} = R_2 I + R_1 I + 0 \Longrightarrow U_S = (R_1 + R_2)I$

- Expression de $U_e = U_{AM}$

$U_e = U_{E^+E^-} + U_{E^-A} + U_{AM} = 0 + R_1 I + 0 \Longrightarrow U_e = R_1 I$

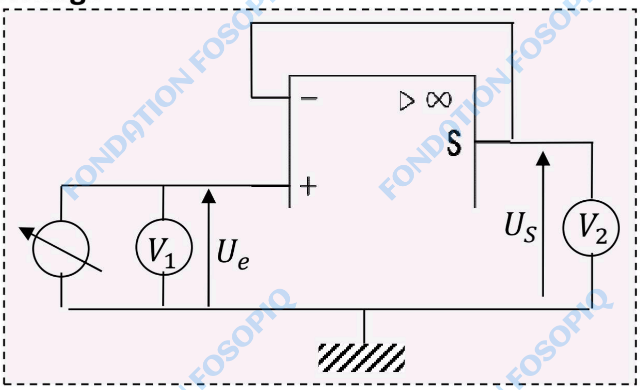
- Calcul du rapport $\frac{U_S}{U_e}$

$\frac{U_S}{U_e} = \frac{(R_1+R_2)I}{R_1 I} \Longrightarrow$ $$\boxed{\frac{U_S}{U_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \mathcal{A}}$$

3. Montage suiveur

3.1. Etude expérimentale

- **Schéma du montage**



- **Tableau de mesures**

U_e(V)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
U_S(V)	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5

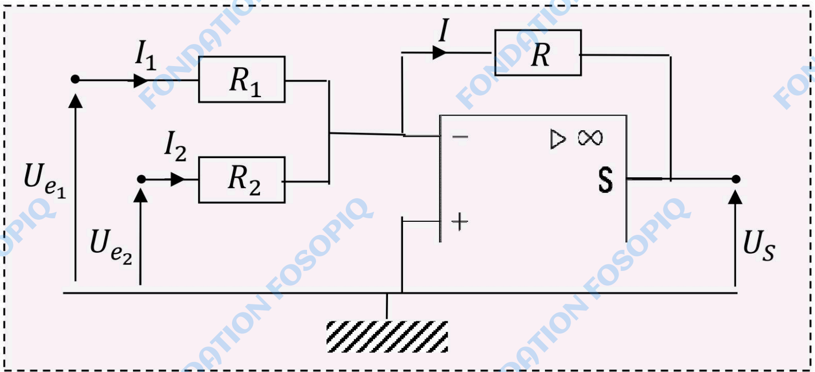
- **Courbe $U_S = f(U_e)$**
- **Exploitation de la courbe**

Nous avons un seul mode de fonctionnement : le régime linéaire.
Ce montage permet de mesurer les fem des piles.

Quelque soit l'AO, $$\boxed{U_S = U_e}$$

4. Montage sommateur inverseur

4.1. Schéma du montage



4.2. Etude théorique

$U_S = RI$

$U_{e_1} = R_1 I_1 \Longrightarrow I_1 = \frac{U_{e_1}}{R_1}$

$U_{e_2} = R_2 I_2 \Longrightarrow I_2 = \frac{U_{e_2}}{R_2}$

Or $I = I_1 + I_2 = \frac{U_{e_1}}{R_1} + \frac{U_{e_2}}{R_2} \Longrightarrow$ $\boxed{U_S = R\left(\frac{U_{e_1}}{R_1} + \frac{U_{e_2}}{R_2}\right)}$

Pour $R_1 = R_2 \Longrightarrow$ $\boxed{U_S = \frac{R}{R_1}\left(U_{e_1} + U_{e_2}\right)}$

CHAPITRE 11

Objectif général : Analyser la trajectoire d'un rayon lumineux.
Objectif spécifique : Connaitre quelques définitions utilisées en optique géométrique.
Durée : 2 heures

INTRODUCTION A L'OPTIQUE GEOMETRIQUE

I. La lumière

1. Définition

La lumière est un ensemble d'indes électromagnétiques visibles. C'est de l'énergie rayonnante qui se propage.

2. Milieu de propagation

C'est le milieu dans lequel la lumière se propage. Ce sont généralement vide et les milieux transparents.

Remarque :

Lorsque le milieu est homogène, elle se propage en ligne droite.

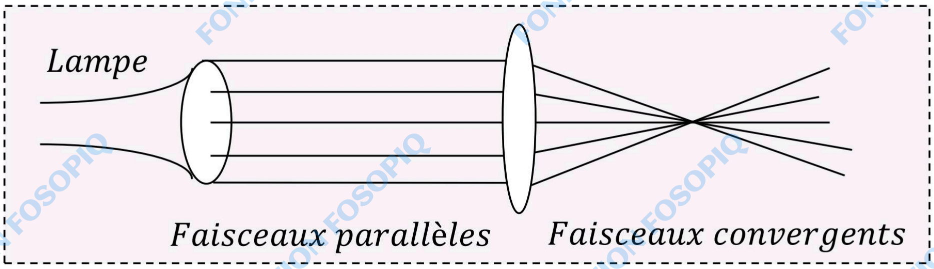
3. Caractéristiques de la lumière

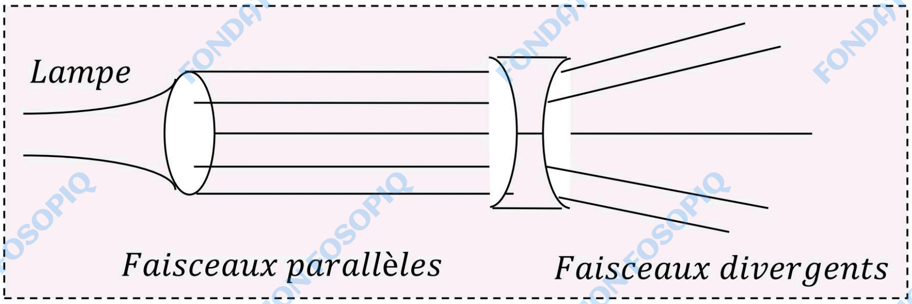
3.1. Rayon lumineux

Le rayon lumineux est une lumière très fine rectiligne. Il est invisible.

3.2. Faisceau lumineux

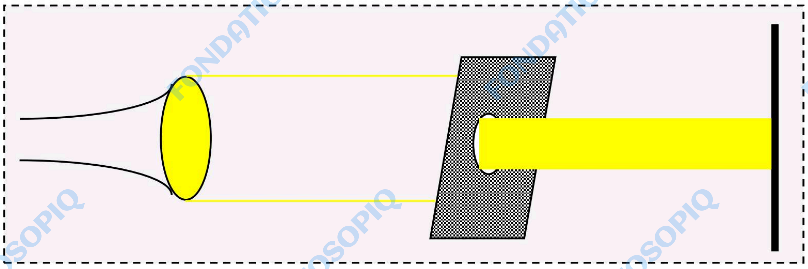
On appelle faisceau lumineux, un ensemble de rayons lumineux.





3.3. Pinceau lumineux

Le pinceau lumineux est un faisceau lumineux cylindrique étroit.



3.4. Célérité de la lumière

C'est la vitesse de propagation de la lumière. Elle dépend de la nature du milieu. Elle se note $c(m.s^{-1})$.

Dans le vide $C = 3.10^{8} m.s^{-1}$.

3.5. Longueur d'onde

C'est la période spéciale de l'onde. Elle se note $\lambda(m)$.

$$\boxed{\lambda = cT}$$

Avec T la période en seconde.

3.6. Fréquence

C'est le nombre de périodes par unité de temps. Elle se note $N\ ou\ f$ et s'exprime en hertz(Hz).

$$\boxed{N = \frac{1}{T} = \frac{c}{\lambda}}$$

4. Sources et récepteurs de lumière

4.1. Sources de lumière

- Sources principales :

Ce sont les corps qui produisent eux-mêmes de la lumière.

Exemples : soleil, étoiles, la lampe, la luciole…

- Sources secondaires :

Ce sont les corps qui reçoivent la lumière et la diffusent.

Exemples : La lune, corps éclairés, les planètes…

4.2. Récepteurs de lumière

Ce sont les corps qui en présence de la lumière réagissent ou se transforment.

Exemples : LDR, récepteurs photochimiques, l'œil…

II. Dispersion de la lumière blanche

1. Lumière monochromatique

Une lumière est dite monochromatique quand son analyse donne une seule couleur.

2. La dispersion

La dispersion est la séparation des lumières monochromatiques d'un faisceau lumineux par un milieu dispersant.

3. Expériences

- On observe ce phénomène avec l'arc-en-ciel : dispersion de la lumière du soleil par des gouttes d'eau.
- On peut réaliser l'expérience par un rétroprojecteur avec un réseau.

III. Synthèse de la lumière blanche

CHAPITRE 12

Objectif général : Analyser la trajectoire d'un rayon lumineux.
Objectifs spécifiques :

- Appliquer les lois de la réflexion.
- Appliquer les lois de la réfraction.

Durée : 6 heures

REFLEXION, REFRACTION DE LA LUMIERE BLANCHE

I. Réflexion

1. Définitions

1.1. Réflexion

Le phénomène de réflexion se produit lorsque le milieu de propagation est limité par un obstacle infranchissable au delà duquel l'onde ne peut pas se propager.

1.2. Rayon incident

C'est le rayon qui arrive sur la surface de séparation.

1.3. Rayon réfléchi

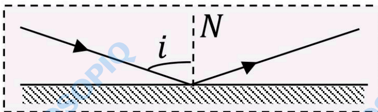
C'est celui qui part de la surface de séparation.

1.4. Normale à la surface de séparation

C'est la droite perpendiculaire à cette surface ;

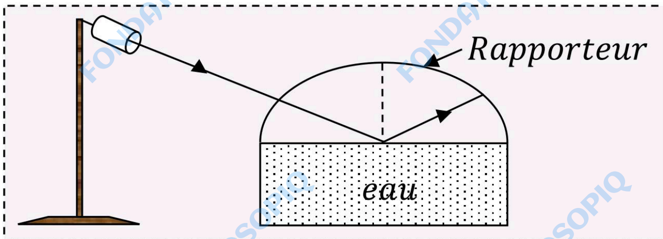
1.5. Angle d'incidence

C'est l'angle que fait le rayon incident avec la normale à la surface de séparation.



2. Etude expérimentale des lois de la réflexion

2.1. Expérience



On envoie un pinceau lumineux sur une surface d'eau. On relève les angles sur le rapporteur : i et i'.

2.2. Résultats

i		
i'		

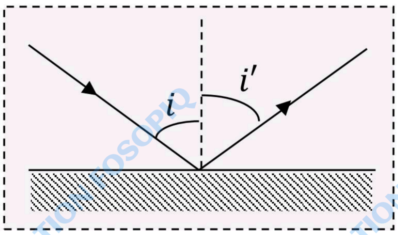
3. Lois de descartes

3.1. $1^{ère}$ loi de Descartes ou loi du plan

Le rayon réfléchi est dans le plan d'incidence.

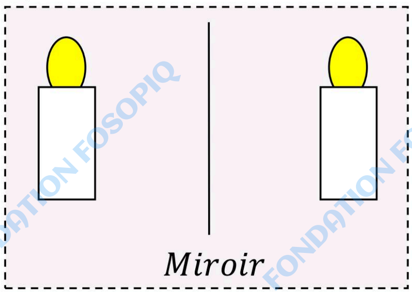
3.2. $2^{ème}$ loi de Descartes ou loi des angles

L'angle d'incidence est toujours égal à l'angle de réflexion : $i = i'$



4. Image d'un objet lumineux donnée par un miroir plan

4.1. Expérience



4.2. Conclusion

Un miroir plan donne d'un objet lumineux étendu, une image verticale symétrique de l'objet par rapport au miroir. En générale, l'image et l'objet ne sont pas superposables.

II. Réfraction

1. Définitions

1.1. La réfraction

Le phénomène de réfraction se produit lorsque la lumière traverse deux milieux de natures différentes.

1.2. Rayon incident

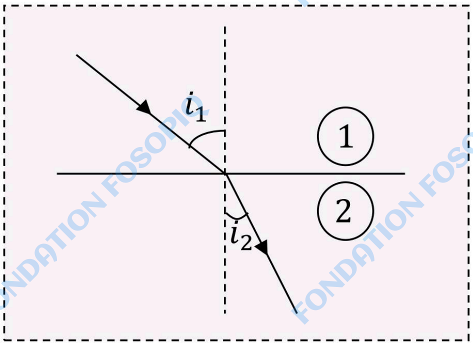
C'est le rayon qui se propage dans le milieu 1 et arrive sur la surface de séparation appelée un dioptre.

1.3. Rayon réfracté ou transmis

C'est le rayon qui franchit la surface de séparation.

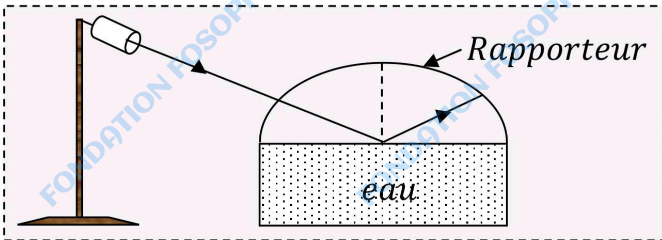
1.4. Angle de réfraction

C'est l'angle que fait le rayon transmis avec la normale.



2. Etude expérimentale e la loi de Descartes

2.1. Expérience



On envoie un pinceau lumineux sur une surface d'eau. On relève les angles sur le rapporteur : i_1 *et* i_2.

2.2. Résultats

i_1					
i_2					
$\sin i_1$					
$\sin i_2$					

2.3. Courbe $\sin i_1 = f(\sin i_2)$

3. Loi de Descartes

3.1. Indice e réfraction absolue

On appelle indice de réfraction absolue d'un milieu transparent, le rapport :

$$\boxed{n = \frac{c}{C}} \quad n > 1$$

Avec c la célérité de la lumière dans le vide.

C la célérité de la lumière dans le milieu.

3.2. Indice relatif d'un milieu par rapport à un autre

L'indice relatif d'un milieu 2 par rapport à un milieu 1 est le rapport de leurs indices absolus.

$$\boxed{n_{2/1} = \frac{n_2}{n_1}}$$

Conséquence : On dit qu'un milieu 2 est plus réfringent qu'un milieu 1 si

$n_2 > n_1$.

3.3. Exemples d'indice absolu

Milieu	*vide*	*air*	*eau*	*verre*	*diamant*
n	*1*	*1,0003*	*1,33*	*1,50*	*2,42*

3.4. Lois de Descartes

- $1^{ère}$ loi de Descartes :

Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.

- $2^{ème}$ loi de Descartes :

$\sin i_1 = f(\sin i_2)$ est une droite qui passe par l'origine $\Longrightarrow \sin i_1 = k.\sin i_2$

$k = \frac{\Delta \sin i_1}{\Delta \sin i_2} = \qquad = \frac{n_2}{n_1}$

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

Cas particulier : si $i_1 = 0 \Longrightarrow i_2 = 0$

Le rayon d'incidence qui se propage suivant la normale n'est pas dévié.

4. Réfraction limite, réflexion totale

4.1. Réfraction limite

Si le milieu 2 est plus réfringent que le milieu 1 c'est-à-dire $\frac{n_2}{n_1} > 1$ alors

$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} > 1 \Longrightarrow \sin i_1 > \sin i_2$ et $\boxed{i_1 > i_2}$

Lorsque la lumière passe d'un milieu 1 à un milieu 2 plus réfringent que 1, le rayon réfracté se rapproche de la normale.

Pour $i_1 = 90^0, i_2 = L$ appelé angle de réfraction limite.

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

4.2. Réflexion totale

Si le milieu 2 est moins réfringent que le milieu 1 alors

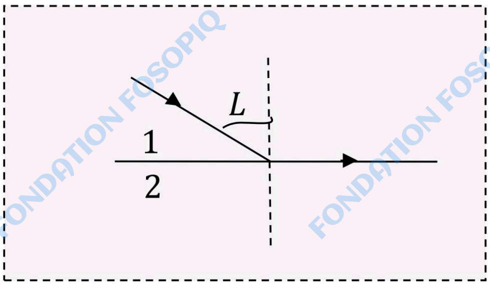
$\frac{n_2}{n_1} < 1$ or $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} < 1 \Rightarrow \sin i_1 < \sin i_2$ et $\boxed{i_1 < i_2}$

Lorsque la lumière passe d'un milieu 1 à un milieu 2 moins réfringent que 1, le rayon réfracté s'écarte de la normale.

Pour $i_2 = 90^0, i_1 = L \Rightarrow$ $\boxed{\sin L = \frac{n_2}{n_1}}$

La réfraction ne peut avoir lieu que si l'angle d'incidence $i_1 \leq L$

Pour $L < i_1 \leq 90^0$, la réfraction est impossible. Il y a réflexion totale.



CHAPITRE 13

Objectif général : Analyser la trajectoire d'un rayon lumineux.
Objectifs spécifiques :
- Acquérir le vocabulaire relatif aux lentilles minces.
- Représenter l'image d'un objet à travers une lentille mince.
- Appliquer les formules de conjugaison pour une lentille mince.

Durée ; 8 heures

LES LENTILLES MINCES

I. Description d'une lentille

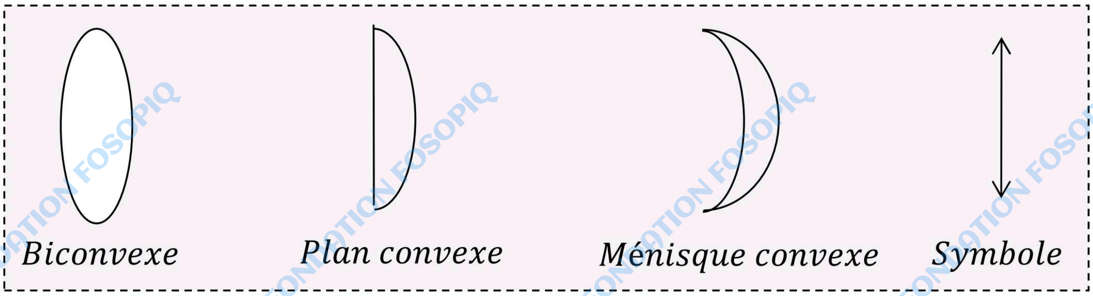
1. Définition d'une lentille

Une lentille est un milieu transparent formé par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane.

2. Différents types de lentilles

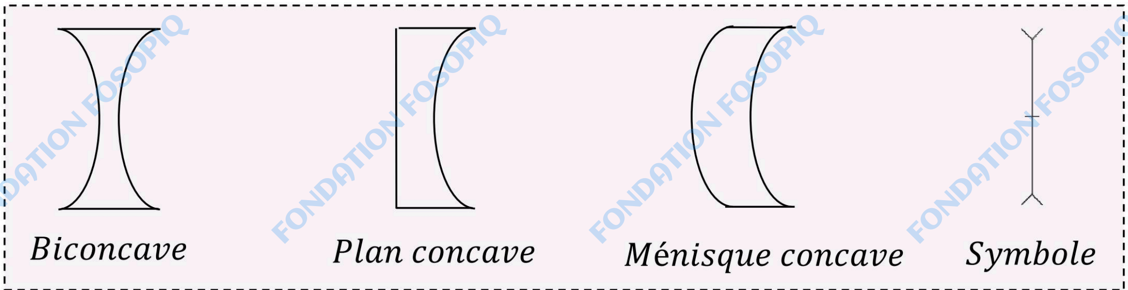
2.1. Lentille convergente

C'est une lentille dont les bords sont minces.

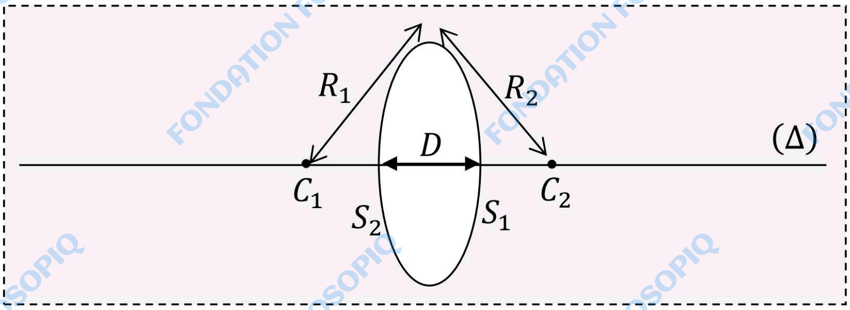


2.2. Lentille divergente

C'est une lentille dont les bords sont épais.



3. Eléments géométriques d'une lentille

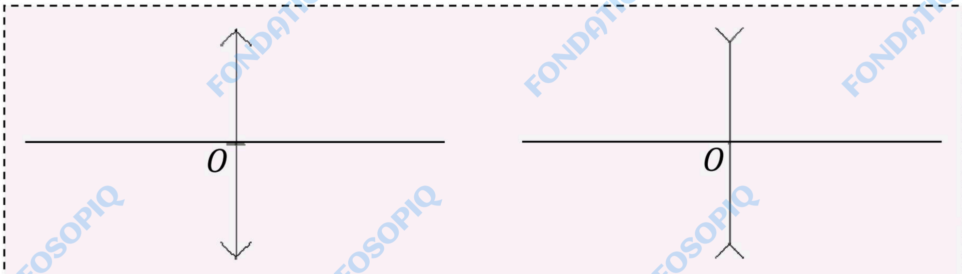


- C_1 et C_2: centres de courbure des calottes sphériques de rayons R_1 et R_2.
- (Δ): axe principal appelé axe de la lentille.
- D: diametre d'ouverture.
- Section principale($plan\ de\ symétrie\ passant\ par\ l'axeprincipal$) dans laquelle sont représentés les rayons lumineux.

II. Propriétés fondamentales des lentilles minces

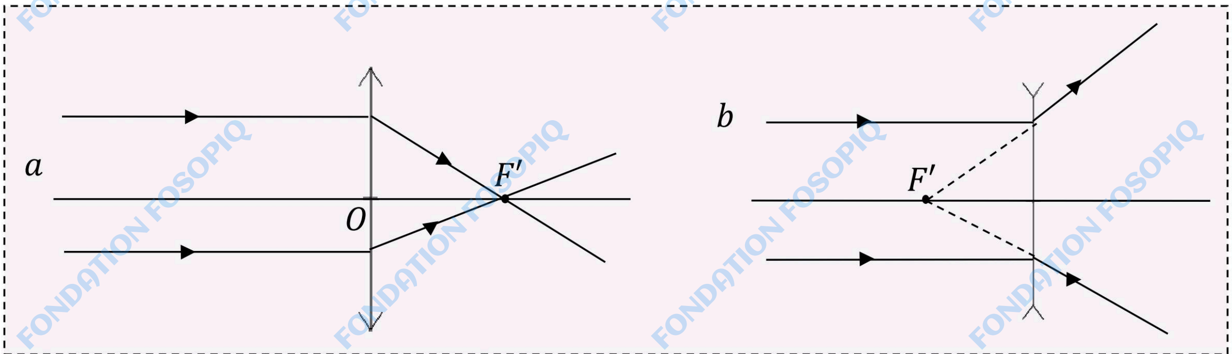
1. Centre optique

C'est le centre de la lentille noté O.



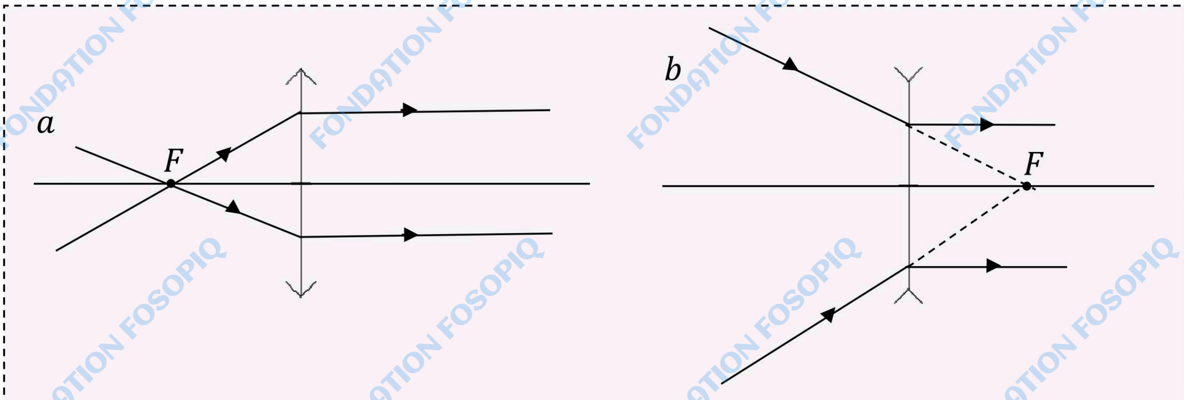
2. Mise en évidence expérimentale des foyers principaux

2.1. Foyer principal image



- a : F' est le foyer principal image réel($derrière$).
- b : F' est le foyer principal image virtuel($devant$).

2.2. Foyer principal objet

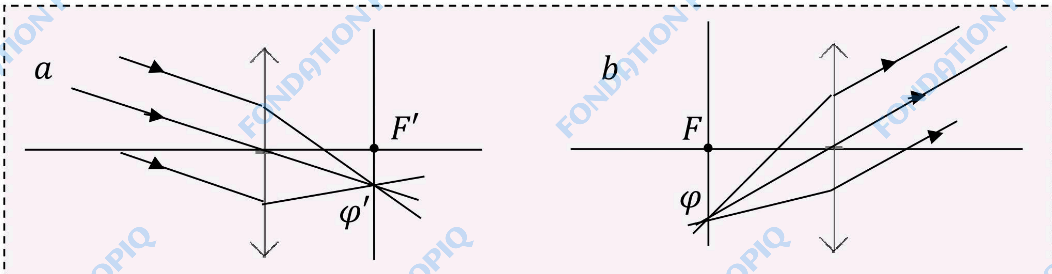


- a: F est le foyer principal objet réel($devant$).
- b: F est le foyer principal objet virtuel($derrière$).

Remarque :

Les deux foyers objet et image sont symétriques par rapport au centre optique.

3. Foyers secondaires : plans focaux



- a : Le plan passant par F' et perpendiculaire à l'axe optique est appelé plan focal image.

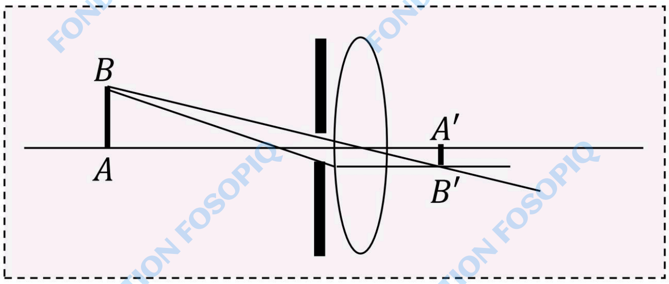
φ' le point d'intersection de ce plan avec le rayon incident passant par le centre optique est appelé foyer secondaire image.

- b: Le plan passant par F et perpendiculaire à l'axe optique est appelé plan focal objet.

φ le point d'intersection de ce plan avec le rayon émergent passant par le centre optique est appelé foyer secondaire objet.

III. Formation des images

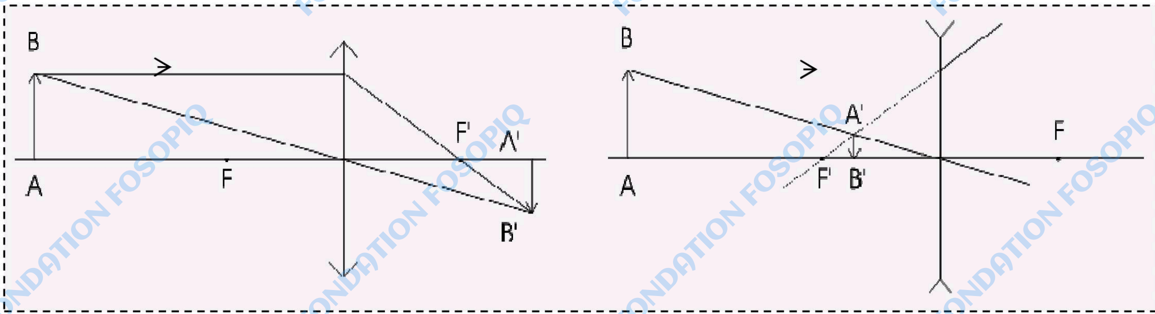
1. Conditions de Gauss



Elles sont au nombre de deux :

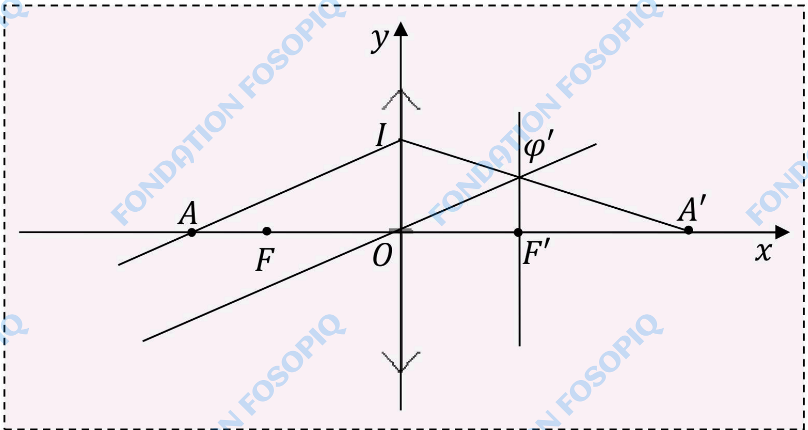
- Les rayons lumineux font un angle petit avec l'axe optique de la lentille.
- Les rayons lumineux rencontrent la lentille au voisinage de sa région centrale.

2. Image d'un objet par une lentille mince



IV. Formules des lentilles minces

1. Formule de conjugaison



Posons $\overline{OA} = p$, $\overline{OA'} = p'$ et $\overline{OF} = r$

Les droites $(O\varphi')$ et (AI) ont la même pente $\frac{-r}{p}$

L'équation de $(O\varphi')$ est $y = \frac{-r}{p}x$

$\varphi' \epsilon (O\varphi') \Leftrightarrow \ \varphi'\left(\overline{OF'}, \frac{-r}{p}\overline{OA'}\right)$

Equation de (IA'): $\frac{x}{p\prime} + \frac{y}{r} = 1$

$\varphi' \epsilon (IA') \Leftrightarrow \frac{\overline{OF\prime}}{p\prime} - \frac{r\overline{OF\prime}}{rp} = 1$ ou encors $\frac{1}{p\prime} - \frac{1}{p} = \frac{1}{\overline{OF\prime}}$

Soit : $\boxed{\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}}}$ $\overline{OF'}$ la distance focale image.

$\overline{OF'} > 0$ Pour une lentille convergente

$\overline{OF'} < 0$ Pour une lentille divergente

Remarque :

- Lorsque $A \longrightarrow \infty$, $A' \longrightarrow F'$
- Lorsque $A \longrightarrow F$, $A' \longrightarrow \infty$
- Si $\overline{OA} > 0$ alors l'objet est virtuel
- Si $\overline{OA} < 0$ alors l'objet est réel
- Si $\overline{OA'} > 0$ alors l'image est réelle
- Si $\overline{OA'} < 0$ alors l'image est virtuelle

2. Formule de grandissement

Les triangles OAB et $OA'B'$ sont homothétiques.

On appelle grandissement, le rapport :
$$\boxed{\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}}$$

Cette relation définit la taille et le sens de l'image.

- Si $\gamma < 0$ alors l'image est renversée par rapport à l'objet.
- Si $\gamma > 0$ alors l'image est droite par rapport à l'objet.

V. Vergète d'une lentille mince

1. Définition

La vergence d'une lentille mince notée C, est l'inverse de sa distance focale image.

$$\boxed{C = \frac{1}{\overline{OF'}}}$$

Elle s'exprime en dioptrie(δ) et $\overline{OF'}$ *en mètre*

- $\overline{OF'} > 0 \Longrightarrow C > 0$ pour une lentille convergente
- $\overline{OF'} < 0 \Longrightarrow C < 0$ pour une lentille divergente

2. Vergence d'un système de deux lentilles minces accolées

Pour L_1 nous avons : $\frac{1}{\overline{OA_1}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'_1}} = C_1$ (1)

L_1 et L_2 sont de sorte que accolées, leurs centres optiques soient confondus.

L'image A_1 donnée par L_1 devient un objet virtuel pour L_2.

$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{\overline{OF'_2}} = C_2$ (2)

1 + 2 $\Leftrightarrow \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = C_1 + C_2$

L_1 *et* L_2 accolées équivaut à une lentille mince de vergence :

$$\boxed{C = C_1 + C_2}$$