PROGRAMME DE PHYSIQUE (1BIOF):

مفاتيح النجاح العشر

Le travail mécanique et l'énergie	
CHAPITRE 1: Mouvement de rotation d'un solide indéformable autour d'un axe fixe.	*CHAPITRE 5*:L'énergie mécanique d'un corps solide.
CHAPITRE 2:Travail et puissance d'une force.	*CHAPITRE 6*:Travail et l'énergie interne ^{sm}.
CHAPITRE 3:Travail et l'énergie cinétique.	*CHAPITRE 7*:L'énergie thermique – le transfert thermique ^{sm}.
CHAPITRE 4:Travail et énergie potentielle de pesanteur.	

Electricité-magnétisme	
CHAPITRE 1: Le champ électrostatique ^{sm}.	*CHAPITRE 5*:Le champ magnétique.
CHAPITRE 2:L'energie potentielle d'une charge électrique dans un champ électrostatique uniforme ^{sm}.	*CHAPITRE 6*: Le champ magnétique crée par un courant électrique.
CHAPITRE 3: Transfert d'énergie dans un circuit électrique-Effet Joule .	*CHAPITRE 7*:Force électromagnétique - couplage électromagnétique ^{sm}.
CHAPITRE 4:Comportement globale d'un circuit électrique.	

Optique	
CHAPITRE 1:conditions de visibilité d'un objet.	*CHAPITRE 3*: images données par une lentille mince convergente.
CHAPITRE 2: images données par un miroir plan.	*CHAPITRE 4*: quelques appareils optiques.

N.B: *le symbole "sm" signifie que le chapitre est spécifique à la série de science mathématique.*

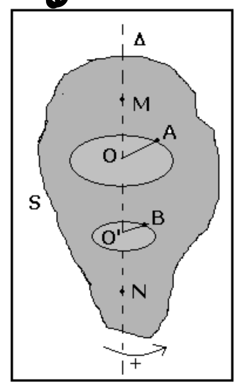
Chpitre1: Mouvement de rotation d'un solide indéformable autour d'un axe fixe (8h).

I. Introduction.

Les deux photos montrent une balançoire pour enfant et la Grande Roue. Ces deux systèmes sont constitués par des corps solides qui ont un mouvement de rotation autour d'un axe fixe. Qu'est-ce qu'un mouvement de rotation ? et quelles sont ses Caractéristiques ?

II. Définition du mouvement de rotation.

Activité

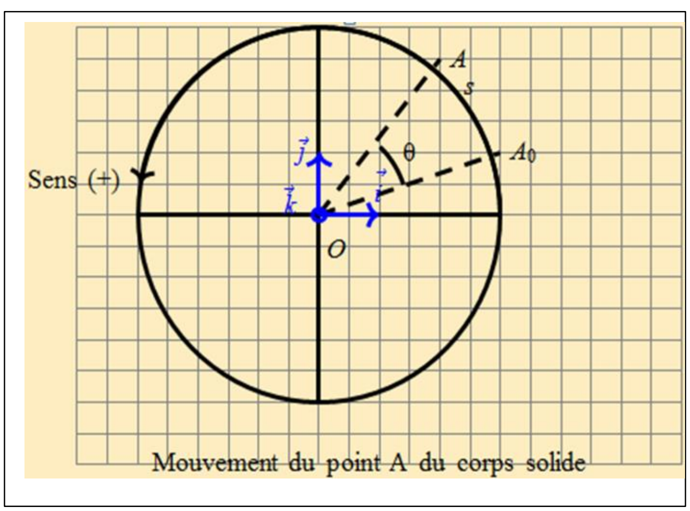


Le corps (S) est en mouvement autour de l'axe fixe (Δ) .

1. Quel est les mouvements des points A et B ?
   - ✓ Les deux points A et B décrivent **des trajectoires circulaires centrées sur l'axe** (Δ) .
2. Quel est le mouvement des points M et N ?
   - ✓ Les deux point M et N qui appartiennent à l'axe (Δ) sont **immobiles.**
3. Donner une définition de mouvement de rotation d'un corps solide autour d'un axe fixe.
   - ✓ Un solide tourne autour d'un axe fixe (Δ) si :
   - ❖ Tous les points du solide décrivent des trajectoires circulaires centrées sur l'axe de rotation, sauf les points qui appartiennent à cet axe.

III. Repérage d'un point du solide.

1. Abscisse curviligne et abscisse angulaire.



Pour étudier le point A du solide on doit :

Choisir un repère orthonormé ($O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$) . Le vecteur $\vec{k}$ est porté par l'axe de rotation et on peut étudier le mouvement de tous les points du solide dans le plan ($O, \vec{i}, \vec{j}$) .

définition :

La position d'un point A du solide est repérée par l'angle θ appelé abscisse angulaire du point A à la date t est défini par : $\theta(t) = \left(\overrightarrow{OA_0}, \overrightarrow{OA}\right)$

On peut définir aussi le point A par son abscisse curviligne $s(t)$ à l'instant t :

$s(t) = \overset{\frown}{A_0A}$

Unité de l'abscisse angulaire est le radian (rad) et de l'abscisse curviligne est le mètre (m).

2. Relation entre l'abscisse curviligne et l'abscisse angulaire.

Définition *:* L' abscisse angulaire et abscisse curviligne sont proportionnelles ; il résulte de la définition du radian la relation suivante entre $s(t)$ et $\theta(t)$: $s(t) = R.\theta(t)$

R est le rayon de la trajectoire du cercle décrite par le point A dans le plan ($O, \vec{i}, \vec{j}$) .

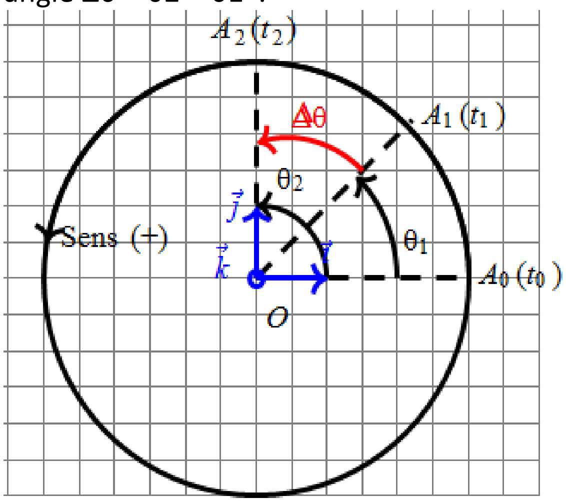
IV. La vitesse angulaire.

1. Vitesse angulaire moyenne.

Au cours du mouvement de rotation du solide (S_1) , Le point A du solide décrit un mouvement circulaire centré sur l'axe (Δ) de centre O et de rayon $R = OA$.

Soit A_1 la position du point A du solide à l'instant t_1 et A_2 la position à l'instant t_2.

Au cours de la durée $\Delta t = t2 - t1$ le point A parcours l'arc $A1\,A2$ et le solide tourne d'un angle $\Delta\theta = \theta 2 - \theta 1$.



Par définition la vitesse angulaire moyenne du point A est donnée par la relation :

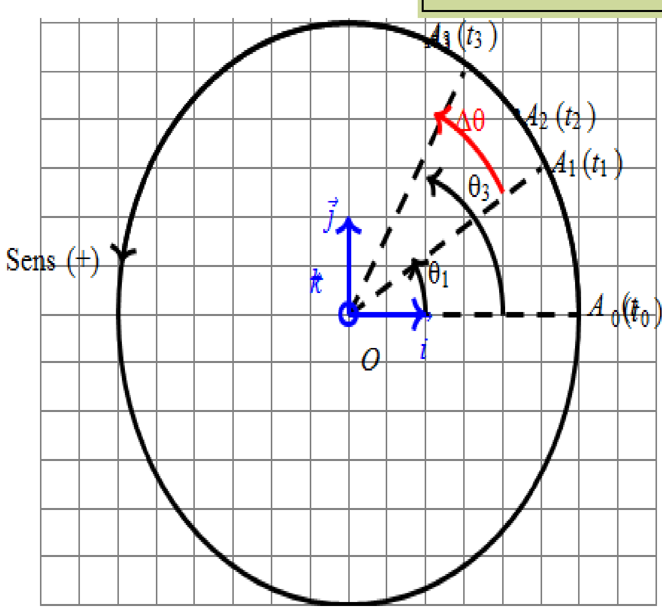
$$\omega = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Unité de la vitesse angulaire dans S.I : *rad/s*

2. La vitesse angulaire instantanée.

En considérant t_1 et t_3 deux instants très proches et qui encadrent l'instant t_2 , dans ce cas l'arc $A_1\,A_3$ parcouru par le point A est confondu avec la corde $A_1\,A_3$; le solide tourne de l'angle $\theta_3 - \theta_1 = \Delta\theta$. On définit la vitesse angulaire instantanée du point A par la relation :

$$\omega_t = \frac{\theta_3 - \theta_1}{t_3 - t_1} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \quad (3)$$



Rappel : *vitesse d'un point ou vitesse linéaire*

La vitesse du point A à l'instant *t* est la vitesse tangentielle à la trajectoire en ce point à cet instant ,la valeur de cette vitesse est donnée par la relation :

$$V_A = \frac{\overset{\frown}{A_1 A_3}}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (4)$$

3. Relation entre vitesse angulaire et vitesse d'un point .

Le solide étant par définition indéformable, tous ces points ont même vitesse angulaire au même instant , alors que leur vitesse *V* dépend de l'éloignement par rapport à l'axe de rotation

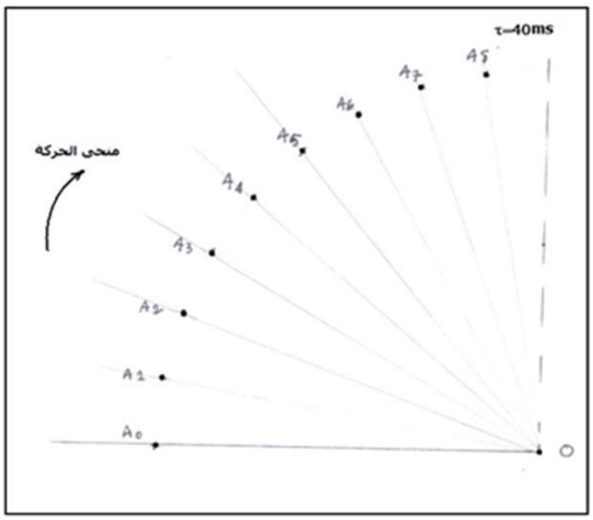
D’après la relation (4) on a:

$$V=\frac{\Delta s}{\Delta t}$$

et on sait que : $\Delta s = R\,\Delta\theta$ Donc : $V = R.\frac{\Delta\theta}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{V = R.\omega}$

4. Étude expérimentale : vérification expérimentale de la relation V = R.ω .

Expérience : On attache , grâce à un fil inextensible , un mobile autoporteur à un point fixe O . On lance ce mobile sur la table à coussin d’air horizontale pour avoir un mouvement de rotation du mobile autour du point O et on enregistre la position du point A confondue avec le centre d’inertie de l’autoporteur à des intervalles de temps successifs et égaux τ = 40*ms* .
On obtient l’enregistrement suivant avec une échelle réelle :



Exploitation:

1. Quelle est la nature du mouvement du point mobile A ? Justifier votre réponse.
   - ☞ La nature du mouvement du point mobile A : latrajectoire est une portion de cercle de centre O et de rayon R , donc le mouvement de A est un mouvement circulaire .
2. Mesurer le rayon R de la trajectoire en cm puis l’exprimer en m.
   - ☞ Le rayon de la trajectoire : *R=4.3cm=0.043m*
3. Compléter le tableau suivant :

Position A	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
$t_i(s)$	…..	……	…..	…..	….	…..	…..
$\theta_i(rad)$	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
$\Delta t=(t_{i+1}-t_{i-1})(s)$	…..	…..	…..	….	…..	…..	…..
$\Delta\theta_i(rad)$	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..
$\omega_i(rad/s)$							
$s_i(m)$							
$\Delta s_i(m)$							
$v_i(m/s)$							

4. Vérifier la relation $V = R.\omega$
   - ☞ On a $V = 9,8 \times 10-2 \times 4\,4 = 0,43 m/s$ En tenant compte des incertitudes des mesures au cours de l’expérience on peut considérer que $V = R.\omega$.

V. Mouvement de rotation uniforme.

1. Définition.

Lorsqu’un solide est animé d’un mouvement de rotation uniforme, sa vitesse angulaire est constante .

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta t}=\omega_0 \Rightarrow \boxed{\Delta\theta=\omega_0 .\Delta t \quad (6)}$$

2. Caractéristiques du mouvement de rotation.

a. La période :

Au cours du mouvement , chaque point de solide passe par le même position avec la même vitesse . On dit que le mouvement est périodique La durée $\Delta t = T$ pour effectuer un tour , i.e pour balayer un angle $\Delta\theta = 2\pi$ est tel que : $2\pi = \omega_0 .T$

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} \quad (7)$$

T représente la période du mouvement de rotation .

Son unité en S.I **la seconde (s)** .

b. La fréquence :

L'inverse de la période est la fréquence de rotation du du mouvement.

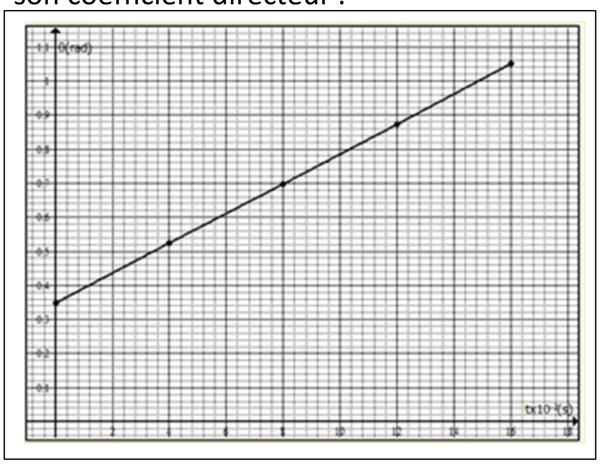
Avec f en hertz (Hz) pour T en (s) .

$$f = N = \frac{1}{T} = \frac{\omega_0}{2\pi} \quad (8)$$

3. L'équation horaire du mouvement de rotation uniforme .

Activité expérimentale :

Sur un papier millimétrique et en choisissant une échelle convenable tracer la fonction $\theta = f(t)$
En déduire l'équation mathématique de cette fonction . Donner la signification physique de son coefficient directeur .



Exploitation :

La courbe représentative de $\theta = f(t)$ est une droite affine d'équation mathématique de la forme $\theta = at + b$, avec *a* est le coefficient directeur de cette droite tel que :

$$a = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = 4,37 rad/s$$

La signification physique de cette grandeur est une vitesse angulaire ω_0 .

Pour le paramètre *b* est l'abscisse angulaire du point A à l'origine des dates i.e:

$b = \theta_0 = 0,349 rad$

Donc l'équation horaire du mouvement de rotation est : $\theta(t) = 4,37 \times t + 0,349$ (*rad*).

Conclusion : L'équation horaire du mouvement de rotation uniforme est :

$$\theta(t) = \omega_0 t + \theta_0 \quad (9)$$

Remarque: Le mouvement d'un point A de solide *S* en rotation uniforme est circulaire uniforme i.e que sa vitesse linéaire est constante et sa trajectoire circulaire de rayon R . Dans ce cas l'équation horaire du mouvement du point A du solide s'écrit : $s(t) = V.t + s_0$.

Avec $s(t)$ l'abscisse curviligne de A à l'instant *t* , *V* la vitesse linéaire du point A et , s_0 l'abscisse curviligne à l'origine des dates.

Exercice1:

Un cylindre de rayon r=30cm, tourne autour d'un axe fixe à une vitesse angulaire constante ω=33,3 tr/min.

1) Qu'elle est la nature de mouvement d'un point de périphérique du disque dans le référentiel terrestre ?

2) Déterminer la vitesse angulaire du disque en rad/s .en déduire la période T.

3) Calculer la vitesse rectiligne d'un point de la périphérie du disque dans le référentiel terrestre, puis dans un référentiel lié au disque.

4) Calculer la distance parcourue par le même point pendant 5 min.

Exercice2:

L'équation horaire du mouvement d'un point M d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe est :
s(t) = 0, 60 t + 0, 04. avec s(m) et t(s)

1) Déterminer les valeurs de l'abscisse curviligne du point M à l'instant t = 0 et sa vitesse linéaire.

2) Sachant que le diamètre de la trajectoire circulaire est d = 20cm, déterminer l'expression de l'abscisse angulaire en fonction du temps θ(t).

Chpitre2: Travail et puissance d'une force (8h).

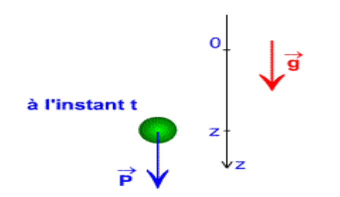
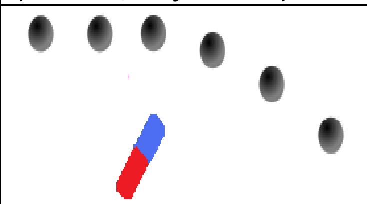
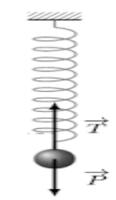
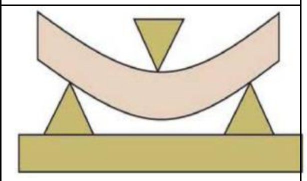
<u>S.P:</u> Au cours des constructions les travailleurs fournissent des efforts par habitude on les appelle travail et puissance, mais en physique ces notions ont des significations bien déterminer.

- Qu'est - ce que le travail mécanique ?
- Qu'est - ce que la puissance mécanique ?
- Quelle relation existe- t - il entre travail et puissance ?

I. Notion de travail d'une force constante.

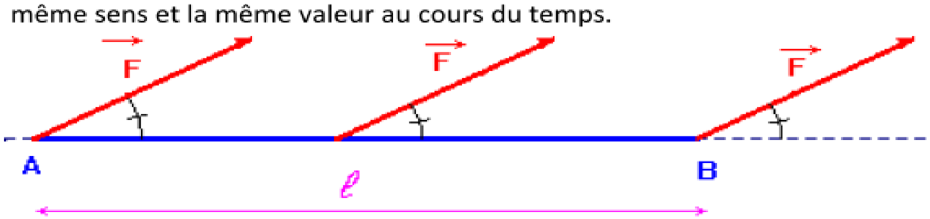
1. Effets possibles d'une force dont le point d'application se déplace.

Une force appliquée à un solide peut avoir plusieurs effets :

Une force peut **mettre** en mouvement un solide	Une force peut **modifier** le mouvement d'un solide (vitesse ; trajectoire)	Une force peut maintenir en **équilibre** un solide	Une force peut **déformer** un solide.
			

2. Définition d'une force constante.

· Une force constante est représentée par un vecteur qui reste parallèle à lui même et qui conserve le même sens et la même valeur au cours du temps.



3. Définition du travail d'une force constante.

Dans un référentiel donné, le travail d'une force constante $\vec{F}$ dont le point d'application se déplace de A vers B suivant un trajet rectiligne est donné par :

$$\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}} \Rightarrow \boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = \|\vec{F}\|\,\|\overrightarrow{AB}\|\cos(\vec{F},\overrightarrow{AB})}$$

Souvent, on pose : $\|\vec{F}\| = F$; $\|\overrightarrow{AB}\| = AB = \ell$; $(\vec{F},\overrightarrow{AB}) = \alpha$ (en radian ou en degré)

Le travail de la force constante $\vec{F}$ s'écrit alors : $\boxed{W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F\times AB\times \cos\alpha}$

<u>Unités</u> : Force F en newton (N); déplacement AB en mètre (m) ; le travail W_{AB} en joule (J)

$\boxed{\text{Autre expression du produit scalaire: } \vec{u}.\vec{v} = u_x.v_x+u_y.v_y}$

Remarques:

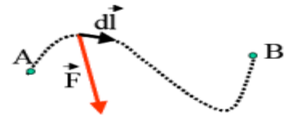
- Dans le langage courant, l'idée de travail est liée à la notion d'effort physique ou intellectuel et de fatigue. En physique, la définition est plus stricte car le travail mécanique fait intervenir <u>force</u> **et** <u>déplacement</u> .
- 1 Joule = 1 Newton * 1 mètre (1J=1N.m).

4. Travail d'une force variable pour un déplacement quelconque: travail élémentaire.

Pour calculer le travail d'une force variable, on découpe le trajet en trajets élémentaires suffisamment petits (supposés rectilignes) pour considérer que la force est constante sur chacun des déplacements élémentaires.

Par définition, le travail élémentaire de la force $\vec{F}$ pour le déplacement élémentaire $\overrightarrow{\delta\ell}$ est donné par la relation : $\boxed{\delta W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell}}$

Pour obtenir le travail de la force variable $\vec{F}$, sur le trajet de **A** à **B**, on fait la somme de tous les travaux élémentaires : $\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = \sum_A^B \delta W(\vec{F}) = \sum_A^B \vec{F}.\overrightarrow{\delta\ell}}$



5. Travail d'un ensemble de forces constantes.

Soit un solide en translation soumis à plusieurs forces. Les points d'applications de chaque force subissent le même déplacement. La somme des travaux de ces forces s'écrit

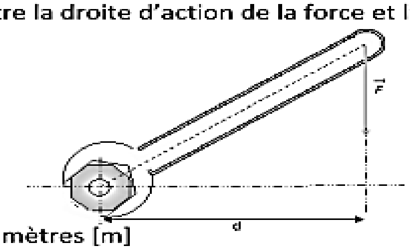
$W_{AB} = \vec{F}_1 \bullet \overrightarrow{AB} + \vec{F}_2 \bullet \overrightarrow{AB} + ... = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ...) \bullet \overrightarrow{AB}$ soit $W_{AB} = \vec{F} \bullet \overrightarrow{AB}$ avec $\vec{F}$ la résultante des forces.

Pour un solide en translation, soumis à un ensemble de forces, la somme des travaux des forces appliquées est égale au travail de leur résultante.

6. Travail d'une force dans un mouvement de rotation.

a. Moment d'une force.

L'effet de rotation que produit une force $\vec{F}$ sur un solide mobile autour d'un axe Δ est le moment de la force $\vec{F}$ par rapport à cet axe. Si d est la distance entre la droite d'action de la force et l'axe Δ, il est noté: $\boxed{\mathcal{M}(\vec{F}/\Delta) = \pm F \times d}$



<u>Remarque</u>: le moment est une grandeur algébrique son signe dépend du sens positif de rotation choisi.

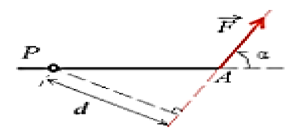
$\mathcal{M}$: Le moment de la force en newtons mètres [Nm];

F:La norme du vecteur force en newtons [N] et

d: **bras du levier** est la distance entre la force et l'axe en mètres [m]

Le"bras de levier"est la longueur du segment perpendiculaire à la fois à:

- l'axe de rotation (Δ)
- la droite d'action de la force



b. travail de la force de moment constante dans le cas d'un solide en rotation autour d'un axe fixe.

considérons une force $\vec{F}$ localisée au point *A*,

- $\delta\theta$ un angle de rotation élémentaire autour d'un axe (Δ) passant par le point *O*,

- Soit δW le travail élémentaire de $\vec{F}$ pendant la rotation

$\delta W(F) = \vec{F} \times \overrightarrow{\delta s}$

$\delta W = \vec{F} \times \overrightarrow{\delta s} = F \times \delta s \times \cos(\alpha)$

- L'arc élémentaire décrit pendant cette rotation est $\delta s = r \times \delta\theta$

Alors $\delta W = F \times r \times \delta\theta \times \cos(\alpha)$

a partir de la figure ci-contre on a:

$\cos(\alpha) = OH/r \Leftrightarrow OH = \cos(\alpha) \times r$

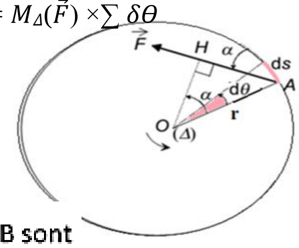
donc $\delta W = F \times OH \times \delta\theta$ avec le moment de cette force par rapport à l'axe (Δ) est : $M(\vec{F}) = F \times OH$

⇨ le travail élémentaire : $\delta W = M_\Delta(\vec{F}) \times \delta\theta$

- Lorsque le solide tourne avec un angle ΔΘ le travail de $\vec{F}$ est : $W(\vec{F}) = \sum \delta W = \sum M_\Delta(\vec{F}) \times \delta\theta = M_\Delta(\vec{F}) \times \sum \delta\theta$

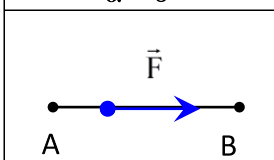
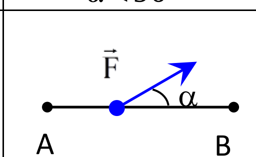
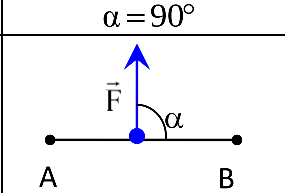
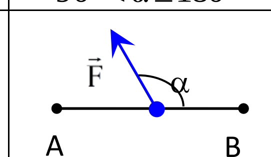
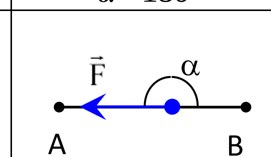
avec $M_\Delta(\vec{F})$ est constante et $\sum \delta\theta = \Delta\theta$

Donc: $W(\vec{F}) = M_\Delta(\vec{F}) \times \Delta\theta$



7. Travail résistant, moteur ou nul .

Le signe du travail $W_{A\rightarrow B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB}$ = F×AB×cosα est celui de cos α. En effet F et AB sont positifs alors que la valeur de cos α est comprise entre - 1 et + 1.

$\alpha = 0°$	$\alpha < 90°$	$\alpha = 90°$	$90° < \alpha \leq 180°$	$\alpha = 180°$
				
$W_{AB}(\vec{F})$ positif : Travail moteur		$W_{AB}(\vec{F}) = 0$	$W_{AB}(\vec{F})$ négatif : Travail résistant	

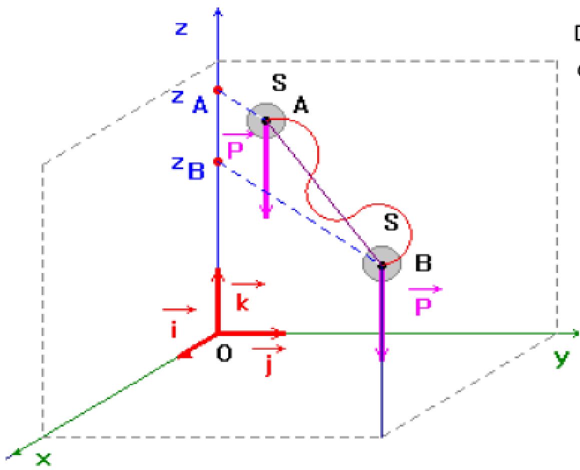
Retenons qu'une force perpendiculaire à la trajectoire ne fournit aucun travail.

8. Travail du poids.

Considérons un solide **S** de masse **m** et de centre d'inertie **G** se déplaçant dans un champ de pesanteur uniforme $\vec{g}$.

La définition du travail mécanique d'une force constante s'applique dans ce cas.

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



Dans le repère choisi, on peut exprimer les coordonnées de chaque vecteur : $\vec{P}\begin{cases} P_x = 0 \\ P_y = 0 \\ P_z = -mg \end{cases}$ et $\overrightarrow{AB}\begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \\ z_B - z_A \end{pmatrix}$

En conséquence : $\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = -mg(z_B - z_A) = mg(z_A - z_B)}$

Le travail du poids d'un solide ne dépend que des altitudes des points de départ et d'arrivée de son centre de gravité. Il ne dépend pas du chemin suivi pour aller de A vers B. Le poids est une force conservative.

Remarque : Appelons h la dénivellation entre A et B:

$$\boxed{W_{AB}(\vec{P}) = \pm mgh}$$

Signe + si m descend (travail moteur)
signe - si m monte (travail résistant)

II. Puissance d'une force.

Le travail fourni par une force peut être effectué en un temps plus ou moins long. Les physiciens ont été amenés à introduire une nouvelle grandeur : la puissance qui tient compte du temps mis pour effectuer ce travail.

1- La puissance moyenne.

Quand, dans un référentiel donné, une force $\vec{F}$ a effectué un travail W_{AB} entre les instants t_A et t_B, la puissance moyenne avec laquelle ce travail a été effectué est :

$$\boxed{P_m(\vec{F}) = \frac{W_{AB}(\vec{F})}{t_B - t_A}}$$

Unités : travail W en joule (J)
date t en seconde (s)
puissance en watt (W).

2- Puissance instantanée d'une force agissant sur un corps en translation.

Pendant un intervalle de temps $dt = t_B - t_A$ très court une force $\vec{F}$ effectue un travail $dW = \vec{F}.\overrightarrow{d\ell}$ très petit. On définit alors la puissance instantanée avec laquelle le travail s'effectue :

$$\mathcal{P} = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F}.\overrightarrow{d\ell}}{dt} = \vec{F}\frac{\overrightarrow{d\ell}}{dt} = \vec{F}.\vec{v} \Rightarrow \boxed{\mathcal{P} = \vec{F}.\vec{v} = F \times v \times \cos(\vec{F},\vec{v})}$$

puissance en watt (W)
force F en newton (N)
vitesse v en mètre par seconde (m/s)

$\vec{v}$ est la vitesse instantanée du point d'application de la force.

Autre unité: le cheval-vapeur

Le nom de watt a été choisi en hommage à l'ingénieur et mécanicien écossais James Watt, célèbre pour les améliorations qu'il a apportées à la machine à vapeur à la fin du XVIII^{e} siècle.

Une unité traditionnelle de puissance est le cheval-vapeur (de symbole ch). Dans sa définition historique, un cheval-vapeur équivaut à la puissance nécessaire pour soulever 250 kg à une vitesse de 30,5 cm/s. Sa correspondance en watts est définie par la relation : 1 ch équivaut à 736 W.

Remarque : LE KILOWATTHEURE

On a: $W = \frac{\mathcal{P}}{\Delta t}$ $\begin{cases} \text{- Si } \mathcal{P} = 1kw \text{ et } \Delta t = 1h, \text{ alors } W = 1kW \times 1h = 1kWh \\ \text{- } 1kWh = 1000\,W \times 3600s = 3{,}6.10^6 J \Rightarrow \boxed{1kWh=3{,}6.10^6 J} \end{cases}$

3- Puissance instantanée d'une force agissant sur un corps en rotation.

La puissance dans le cas d'un mouvement de rotation s'exprime comme suit:

$\mathcal{P}(\vec{F}) = \frac{\delta W}{\delta t} = \mathcal{M}\frac{\delta\theta}{\delta t} = \mathcal{M} \times \omega \Rightarrow \boxed{\mathcal{P}(\vec{F}) = \mathcal{M}(\vec{F}/\Delta) \times \omega}$ avec ω(rad/s) est la vitesse angulaire du solide en rotation autour de l'axe.

Chpitre3 : Travail et l'énergie cinétique (6h-7h*).

S.P: Immédiatement après son décollage, la navette spatiale reçoit une énergie cinétique croissante . Cette énergie dépend aussi de la masse de la navette.

Qu'est - ce que l'énergie cinétique d'un corps solide ? Quelle est la relation existe entre le travail des forces exercées et l'énergie cinétique ?

I. Énergie cinétique d'un corps solide en translation.

1. Notion d'énergie cinétique.

Tout corps en mouvement possède ***une énergie cinétique***, on la note E_c

2. Énergie cinétique d'un point matériel.

L'énergie cinétique E_c d'un point matériel de masse m et de vitesse instantanée v , est une grandeur scalaire toujours positive est définie par :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

L'unité de l'énergie cinétique dans S.I est le joule (J) . La masse en (kg) et la vitesse en (m/s) .

3. Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation.

L'énergie cinétique d'un solide de masse M et de centre d'inertie G et qui est en mouvement de translation est définie par la relation :

$$E_c = \frac{1}{2}Mv_G^2 \quad (2)$$

v_G est la vitesse instantanée du centre d'inertie G en m/s

Remarque:

Étant donné que la vitesse d'un objet dépend du référentiel choisi, c'est aussi le cas de l'énergie cinétique.

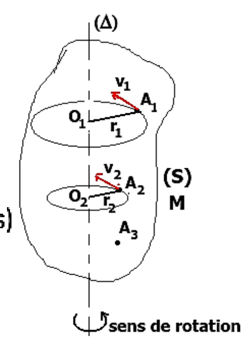
II. Énergie cinétique d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe.

1. Expression de l'énergie cinétique dans le cas de mouvement de rotation.

Soit un point matériel M_i du solide considéré. Notons m_i sa masse et v_i sa vitesse linéaire.

$$Ec_i = \frac{1}{2}m_i v_i^2 \text{ or } v_i = r_i\omega \Rightarrow Ec = \sum^{i} Ec_i = \sum^{i}\frac{1}{2}m_i v_i^2 = \sum^{i}\frac{1}{2}m_i(r_i\omega)^2 = \frac{1}{2}\omega^2\sum^{i} m_i r_i^2$$

On pose $J_\Delta = \sum_{1}^{i} m_i r_i^2$ D'où $\boxed{Ec = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2}$ avec Ec(J); J_Δ(kg/m²) et ω(rad/s)



Le terme J_Δ est une grandeur géométrique indépendante du mouvement. Il ne dépend que de la répartition de la masse du système et de sa position par rapport à l'axe de rotation Δ. On l'appelle moment d'inertie du solide par rapport à Δ

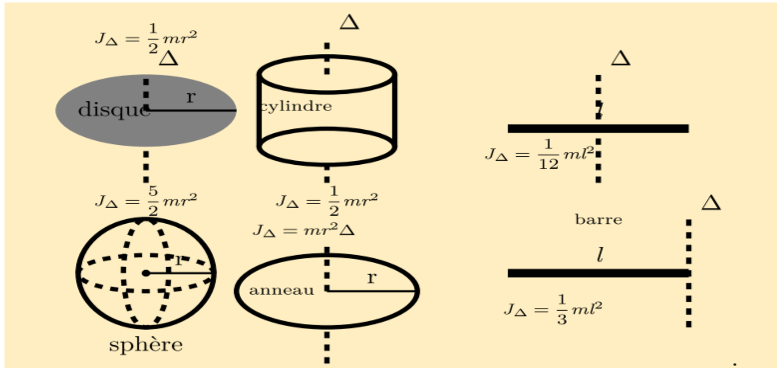
Définition :

Énergie cinétique d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe , s'écrit :

$$E_c = \frac{1}{2}J_\Delta\omega^2 \quad (3)$$

avec ω la vitesse angulaire instantanée du solide et J_Δ le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe de rotation (Δ).

2. Quelques moments d'inertie des solides homogènes et de formes connues.



III. Théorème de l'énergie cinétique

1. Cas d'un corps solide en chute libre.

☞ Quand est ce qu'on dit un corps est en mouvement de chute libre ?

Définition:

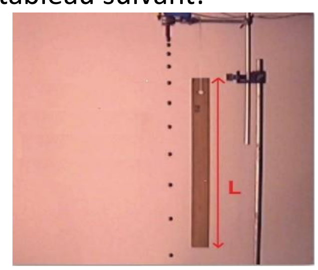
Un corps solide est en mouvement de chute libre s'il n'est soumis qu'à son poids au cours du mouvement.

a. Activité:

A une distance h de la surface du sol , on lâche sans vitesse initiale, une balle de golf de masse m = 29.6g.Avec un webcam on photographie son mouvement au cours de sa chute pendant des intervalles de temps successifs et égaux et avec un logiciel d'acquisition on détermine la position de la balle. Les résultats obtenus sont re- groupés dans le tableau suivant:

b. Tableau des mesures:

	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7
$h(m)$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$V(m/s$	1.4	1.98	2.42	2.8	3.13	3.43	3.7
$Ec(J)$	0.029	0.58	0.087	0.116	0.145	0.174	0.203



c. Exploitation:

1. Faire le bilan des forces exercées sur la balle et calculer la somme de Leurs travaux entre les positions H_1 et H_6 .
2. Calculer la valeur de l'énergie cinétique à la position H_1 et H_6 .En déduire ΔEc la variation de l'énergie cinétique de la balle entre ces deux positions.
3. Comparer $\Sigma W(\vec{F})$ et ΔEc dans ce cas et refaire la même chose pour le cas suivant : H_2 et H_6 . Conclure.

d. conclusion:

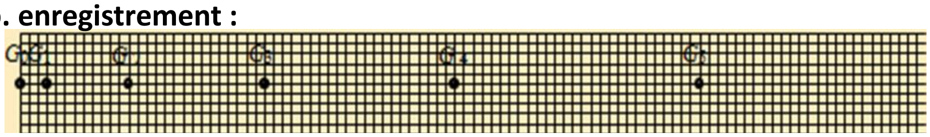
La variation de l'énergie cinétique ΔEc de la balle entre deux instant t_1 et t_2 au cours de sa chute est égale au travail de la force $W(\vec{P})$ exercée sur lui entre ces deux instants .

2.Cas d'un corps solide en mouvement de translation sur un plan incliné.

a. Activité :

Sur une table à coussin d'air , inclinée d'un angle $\alpha = 5.52°$ par rapport au plan horizontale . De l'extrémité du banc , on lâche un mobile autoporteur A de masse m = 442g sans vitesse initiale et on enregistre le mouvement du point G pendant des intervalle de temps successifs et égaux τ = 80ms .On obtient l'enregistrement suivant :

b. enregistrement :



c. exploitation :

1. Faire le bilan des forces exercées sur l'autoporteur et calculer la somme de leurs travaux entre les positions G_2 et G_4.
2. Calculer la valeur de l'énergie cinétique à la position G_2 et G_4.En déduire ΔEc la variation de l'énergie cinétique du l'autoporteur entre ces deux positions.
3. Comparer $\Sigma W(\overrightarrow{F})$ et ΔE_c dans ce cas . Conclure .

Conclusion: Théorème de l'énergie cinétique

Dans un repère galiléen , la variation de l'énergie cinétique ΔE_c d'un corps solide en mouvement de translation rectiligne entre deux instant t_1 et t_2 est égale la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures exercées sur lui entre ces deux instants .

$$\Delta E_c = \Sigma W(\vec{F}_{ext})$$

$$\boxed{\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = \Sigma W(\vec{F}_{ext})} \quad (4)$$

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

L'expérience montre que le théorème d'énergie cinétique qui est établit pour le mouvement de translation est aussi vérifié par le mouvement de rotation autour d'un axe fixe , il s'exprime dans ce cas par la relation suivante :

$$\boxed{\frac{1}{2}J_\Delta \omega_2^2 - \frac{1}{2}J_\Delta \omega_1^2 = \Sigma W(\vec{F}_{ext})} \quad (5)$$

Avec ω_1 la vitesse angulaire du solide à l'instant t_1 et ω_2 la vitesse angulaire du solide à l'instant t_2. J_Δ le moment d'inertie du solide par rapport à l'axe de rotation (Δ).

Énoncé du théorème de l'énergie cinétique

4. Généralisation:

Dans un repère galiléen , la variation de l'énergie cinétique ΔEc d'un corps solide indéformable en translation ou en rotation autour d'un axe fixe, entre deux instant t_1 et t_2 est égale la somme algébrique des travaux de toutes les forces extérieures exercées sur lui entre ces deux instants .

$$\boxed{\Delta E_c = \Sigma W(\vec{F}_{ext})}$$

Exercice N° 1:

Un ressort, disposé suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné faisant un angle a = 30° avec l'horizontale, soutient un wagonnet de masse m = 200 g. le ressort a pour coefficient de raideur $k = 50 N.m^{-1}$ et pour longueur à vide $L_0 = 20$ cm.

1) Quelle est la longueur du ressort dans cette position d'équilibre ?

2) On désir utiliser le ressort afin de réaliser une mini catapulte. On comprime à cet effet le ressort de 5 cm supplémentaire et on lâche le ressort. Quelle est la vitesse du wagonnet à son passage par la position d'équilibre ?

3) Jusqu'à quel point le wagonnet remonte-t-il sur le plan incliné ?

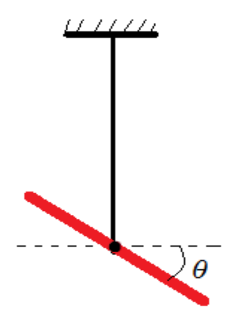
On suppose que l'énergie cinétique de rotation des roues est négligeable devant l'énergie cinétique de translation du wagonnet et qu'aucune force de frottement n'intervient. On prendra g = 10 N/kg.

Exercice N° 2:

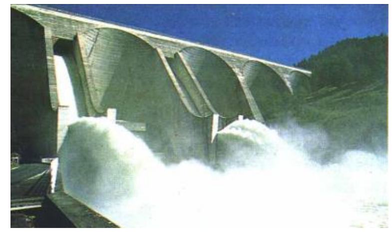
On considère une barre de longueur L et de masse m, soudée en son milieu à l'extrémité inférieure d'un fil d'acier dont l'extrémité supérieure est maintenue immobile dans un support. La barre reste horizontale.

1) Avec quelle vitesse la barre repasse-t-elle par sa position d'équilibre, lorsque, après l'avoir tournée d'un angle θ par rapport à sa position d'équilibre, on l'abandonne sans vitesse initiale ?

2) Aux deux extrémités de la barre, on place deux petits solides de même masse M. Répondre de nouveau à la question 1. On donne : Le moment d'inertie de la barre est : $J_\Delta = \frac{1}{12}.m.L^2$



Chapitre 4 et 5 : Travail et énergie potentielle de pesanteur - énergie mécanique (12h-14h*).

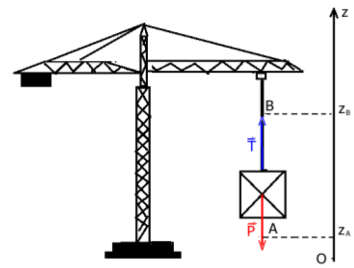


S.P: L'eau de barrage emmagasine une grande quantité d'énergie pouvant être exploitée pour produire de l'électricité . Cette énergie est appelée : **énergie potentielle de pesanteur.**

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

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

I. Énergie potentielle de pesanteur.



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

Activité:

- ✓ En appliquant le théorème d'énergie cinétique .calculer le trava la tension de câble pour soulever la charge de masse m du point *A* d'altitude z_A au point *B* d'altitude z_B .
- En supposant que la monté se fait lentement, d'après le T.E.C :

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

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

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

Conclusion :

Lorsque une grue soulève une charge par un câble de A(z_A) à B(z_B), la tension du câble $\vec{T}$effectue un travail $W_{AB}(\vec{T}) = mgz_B - mgz_A$ qui transmet au charge de l'énergie qui dépend de sa masse et de son altitude $h = z_B - z_A$. Cette énergie s'appelle **énergie potentielle de pesanteur .**

2. Définition.

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

3. L'expression de l'énergie potentielle de pesanteur.

Au voisinage de la Terre, l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide de masse m est définie par : $Epp = m.\ g.\ z + Cte$ avec l' axe Oz vertical et orienté vers le haut,

Epp énergie potentielle de pesanteur du centre de gravité du système en J ;
m : masse du système en kg ;
g : intensité du champ de pesanteur en $N.kg^{-1}$;
z : altitude du centre de gravité en m.

Par convention Epp=0 pour z=0 (normalement au sol) donc Cte=0 : Epp = m. g. z

- Il est possible de choisir le niveau de référence pour l'énergie potentielle (Epp=0) à une altitude quelconque.

- L'énergie potentielle de pesanteur d'un solide dépend de son altitude z, c'est à dire de sa position par rapport à la Terre. Elle est due à l'interaction du solide avec la Terre.

Remarque important:

Orientation d'axe $\overrightarrow{oz}$	Vers le haut	Vers le bas
Expression de E_{pp}	$E_{pp} = mg(z - z_{ref})$.	$E_{pp} = -mg(z - z_{ref})$.

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

4. Propriétés de l'énergie potentielle de pesanteur.

a. La variation de l'énergie potentielle de pesanteur.

l'expression de la variation de l'énergie potentille de pesanteur entre état initial (A) et l'état final (B) est : $\Delta Epp = mg(z_B - z_A)$ « voir démonstration ex 1 ».

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

Dans le cas où l'axe $\overrightarrow{oz}$ est orienté vers le haut la variation de l'énergie potentielle de pesanteur est : $\Delta Epp = mg(z_B - z_A)$ et le travail de poids entre A et B est : $W_{AB} = mgh$ avec $h = z_A - z_B$ donc: $W_{AB} = mg(z_A - z_B)$

Enfin : $\Delta E_{pp} = - W_{AB}(\vec{P})$

Exercice N° 1:

Un parachutiste de masse 70kg est largué à 1500m d'altitude et attirée sur le sol , au niveau de la mer . Donnée : L'axe $\overrightarrow{oz}$ est orienté vers le haut L'intensité de pesanteur : g = 9, 80N/kg .

1. Donner l'expression de l'énergie potentielle en choisissant les états de référence suivantes :
   a. Le niveau du sol.
   b. le niveau de l'avion.
2. Calculer la variation de l'énergie de potentielle ΔEpp dans chacun des états de référence choisi dans la 2ère question (1-b) .

II. Énergie mécanique.

1. notion d'énergie.

La notion d'énergie est une notion fondamentale de la physique. Bien que le terme « énergie » soit utilisé couramment, on constate qu'il est difficile de définir la notion d'énergie.

Voici les principales propriétés de l'énergie :

- elle dépend de l'*état* du système ;
- elle peut apparaître sous différentes *formes* ;
- elle ne peut être ni créée ni détruite, elle se *conserve*.

La dernière propriété est un principe fondamental de la physique.

En mécanique, l'énergie d'un système change de forme ou est transférée d'un corps du système à un autre lorsqu'une force effectue un travail. Le travail est un *mode de transfert d'énergie*.

2. Définition d'énergie mécanique.

L'énergie mécanique d'un objet est liée à la position et au mouvement de l'objet. C'est la somme de son énergie potentielle et de son énergie cinétique. $\boxed{E_{\text{mécanique}} = E_{\text{cinétique}} + E_{\text{potentielle}}}$

3. expression d'énergie mécanique.

a. cas de mouvement de translation.

$$\mathbf{Em} = \frac{1}{2} m.v^2 + m.g.z + Cte$$

b. cas de mouvement de rotation.

$$\mathbf{Em} = \frac{1}{2} J_\Delta.\omega^2 + m.g.z + Cte$$

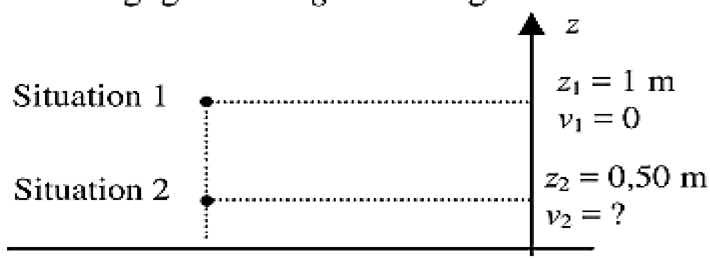
4. Conservation de l'énergie mécanique.

Lorsqu'un objet n'est **soumis qu'à son poids** et que les frottements sont négligeables, alors l'énergie mécanique reste constante tout au long du mouvement. On dit qu'elle **se conserve**.

Ceci signifie que, dans cette situation, si on connaît l'énergie mécanique d'un système à un moment donné, on peut connaître à tout moment sa vitesse si on connaît son altitude et réciproquement.

Exemple:

On laisse tomber un objet de masse m = 1,0 kg d'une altitude de 1 m. Quelle est sa vitesse lorsqu'il se trouve à 0,5 m d'altitude ? Les frottements sont considérés comme négligeables et $g = 10\ \mathrm{N\cdot kg^{-1}}$



Comme cet objet n'est soumis qu'à son poids et qu'on néglige les frottements, alors l'énergie mécanique se conserve : $E_{M1} = E_{M2}$

$$0{,}5\times m\cdot v_1^2 + m\cdot g\cdot z_1 = 0{,}5\times m\cdot v_2^2 + m\cdot g\cdot z_2$$

On simplifie tout les termes de chaque membre de l'équation par m et on isole v_2 avec un **calcul littéral** :

$$v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2\cdot g\cdot z_1 - 2\cdot g\cdot z_2}$$

$$v_2 \cong 3{,}2\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$$

5. frottement-énergie thermique Q.

Des forces de frottement apparaissent sur un système dès qu'il y a déplacement dans un fluide ou qu'il y a contact avec un solide.

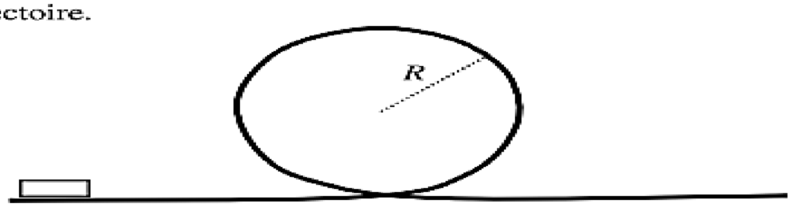
Lors d'un mouvement, les forces de frottement transforme une partie de l'énergie mécanique du système en énergie thermique : les frottements sont responsables d'échauffement.

Si les frottements ne sont pas négligeables, alors le système perd peu à peu de l'énergie mécanique. Celle-ci est convertie en énergie thermique

$$\Delta E_m = -Q^{(*)}$$

Exercice N° 2:

Une attraction foraine est constituée d'un rail comportant une boucle circulaire de rayon R. Un palet de masse m peut glisser sans frottement sur le rail. Le palet peut effectuer une boucle si sa vitesse au sommet est supérieure à $\sqrt{R\cdot g}$. L'origine de l'altitude est prise au niveau le plus bas de la trajectoire.



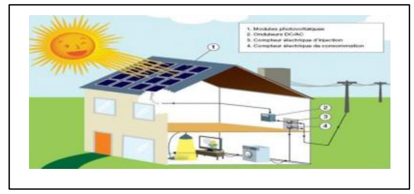
1. Quelle est l'expression générale de l'énergie mécanique du palet ?

2. Pourquoi l'énergie mécanique est-elle constante ?

3. Avec quelle vitesse minimale doit-on lancer le palet sur la partie horizontale du rail afin qu'il effectue une boucle ?
Calculer cette vitesse pour R = 1 m et m = 150 g. On prendra $g = 10\ \mathrm{N\cdot kg^{-1}}$

Electricité-magnétisme	
CHAPITRE 1: Le champ électrostatique ^{sm}.	*CHAPITRE 5*:Le champ magnétique.
CHAPITRE 2:L'energie potentielle d'une charge électrique dans un champ électrostatique uniforme ^{sm}.	*CHAPITRE 6*: Le champ magnétique crée par un courant électrique.
CHAPITRE 3: Transfert d'énergie dans un circuit électrique-Effet Joule .	*CHAPITRE 7*: les forces électromagnétiques-couplage électromécanique ^{sm}.
CHAPITRE 4:Comportement globale d'un circuit électrique.	

Chapitre 1(3*) : Transfert d'énergie dans un circuit électrique-Effet Joule (5h-8h*).



S.P: Les plaques solaires de cette maison reçoivent une énergie de rayonnement qui la transforme en énergie électrique ou thermique (chauffage de l'eau , éclairage,..)

Quelles sont les expressions de l'énergie et de la puissance électrique reçues ?

Quels sont les différentes transferts ou transmissions d'énergies qui se font au niveau des récepteurs ? et qu'est ce que l'effet joule ?

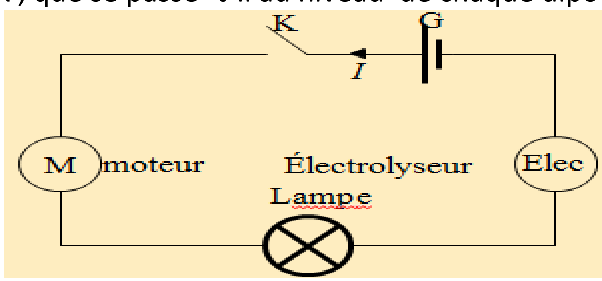
I. Transfert d'énergie au niveau d'un récepteur électrique.

1. Définition et exemples de récepteurs électriques

Activité:

On réalise le montage électrique suivant et qui est formé par un générateur branché en série avec une lampe, un moteur électrique, un interrupteur K et un électrolyseur.

On ferme l'interrupteur K , que se passe -t-il au niveau de chaque dipôle ?



Réponse : Lorsqu'on ferme le circuit on observe :

* la lampe brille et chauffe.
* l'électrolyseur est le siège de réactions chimiques au niveau de chaque électrode
* Le moteur tourne.

1 Quelles sont les formes d'énergie qui sont produit par chaque dipôle ?

2. Qu'il est le dipôle électrique qui fournit de l'énergie au reste de circuit ?

3. Qu'appelle-t-on les dipôles électriques suivants : la lampe ; le moteur et l'électrolyseur ?

Exploitation

1. Les formes d'énergie qui se produit par chaque dipôle sont :

* dans la lampe : énergie calorifiqueحرارية et énergie de rayonnementاشعاعية ;
* dans le moteur : énergie calorifique et énergie mécanique ;
* dans l'électrolyseurمحلل : énergie calorifique et énergie chimique

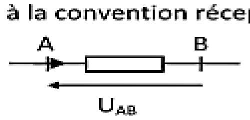
2. Le générateur qui fournit de l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les éléments de circuit électrique.

3. Ce sont des récepteurs électriques

Conclusion : Un récepteur électrique est un dipôle qui convertit l'énergie électrique reçue en une autre forme d'énergie

2. convention récepteur

On étudie les dipôles passifs grâce à la convention récepteur.



Dans une portion de circuit ne comportant pas de générateur, le courant circule dans le sens des potentiels décroissants.

Remarque important:

Le régime permanent

Lorsqu'on ferme un circuit électrique, le fonctionnement régulier (uniforme) de l'élément du circuit nécessite une certaine durée. Après cette durée, on dit que les récepteurs fonctionnent en régime permanent.

3. l'énergie électrique reçue par un récepteur

Si pendant un temps t, une charge q entre en A (potentiel V_A) et sort en B (potentiel V_B).

- Pendant le temps considéré, les échanges électriques ont perdu l'énergie électrique qV_A-qV_B. Cette énergie perdue par les charges en mouvement se dissipe dans le dipôle et elle représente l'énergie reçue par le dipôle pendant le temps t.

$$E_{reçue} = q(V_A - V_B) = qU_{AB} \text{ puisque } q = It \text{ nous aurons } E_{reçue} = U_{AB}It$$

$$\boxed{E_{reçue} = UIt \left| \begin{array}{l} U(V) \quad volt \\ I(A) \; ampère \\ t(s) \; seconde \\ E(J) \quad joule \end{array} \right.}$$

4. puissance électrique reçue par un récepteur

En régime permanent et en courant continue, la puissance $\mathcal{P}_{recue}$ transférée à un récepteur est égale au produit de la tension U à ses bornes par l'intensité du courant qui le traverse elle est égale aussi le quotient du travail (W) ou l'énergie (E_{recue}) par Δt du transfert :

$$\mathcal{P}_{reçue} = \frac{E_{reçue}}{t} \quad E_{reçue} = UIt \Rightarrow \mathcal{P}_{reçue} = \frac{UIt}{t} = UI$$

$\mathcal{P}_{recue}$ en watt (w) ; **I** en Ampère (A) et **U** en volt(V)

L'unité dans S.I de l'énergie électrique est le joule (J).On utilise une autre unité d'énergie, c'est le **kWh**

$$1kWh = 1000 \times 3600 = 3,6 \times 10^{6} J$$

Remarque:

La puissance électrique $\mathcal{P}_{recue}$ permet d'évaluer la rapidité d'un transfert d'énergie. Donc la puissance est la vitesse du transfert d'énergie.

II. Effet Joule .

1. définition de l'effet joule.

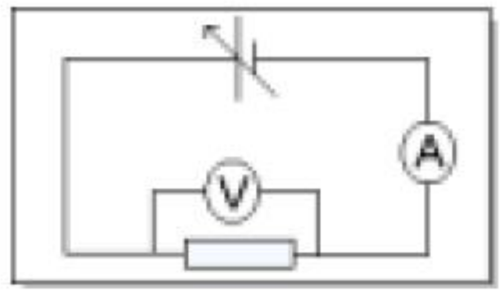
On appelle effet Joule l'effet thermique dû au passage du courant électrique dans les conducteurs électriques.

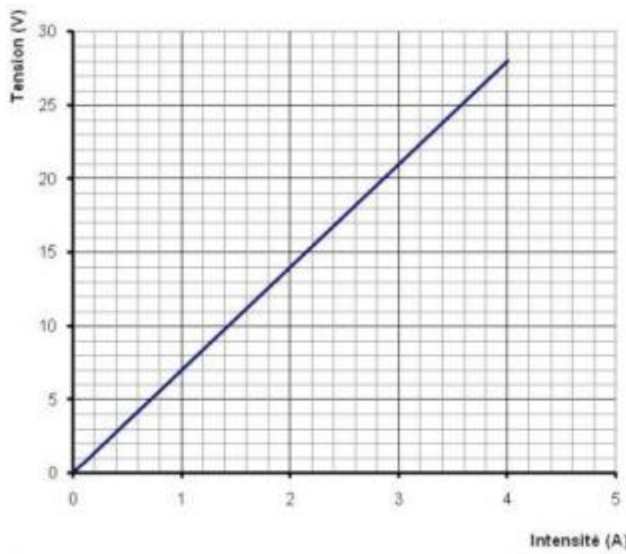
Il se manifeste sous deux formes : transfert sous forme thermique et par rayonnement.

Remarque: l'effet Joule nommée ainsi relativement au **savant Britannique JAMES PRESCOTT JOULE (1818-1889**).

2. loi d'ohm pour un conducteur ohmique.

La loi d'ohm pour un conducteur ohmique s'exprime par la relation $U = RI$. Pour un conducteur filiforme $R = \frac{\rho l}{s}$ (ρ: résistivité (Ωm^{-1}); l:longueur du fil (m) et s: section du fil (m^2)).





Exemple: $U = 7 \times I$

3. loi de Joule pour un conducteur ohmique.

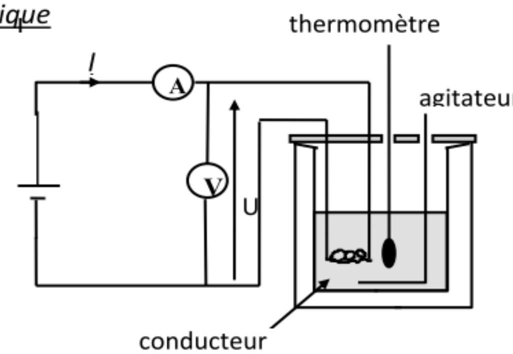
Dans un conducteur ohmique toute l'énergie électrique reçue par le dipôle est restituée au milieu extérieur sous forme de chaleur.

$$\boxed{\begin{pmatrix} \text{Energie reçue par} \\ \text{le conducteur ohmique} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{Energie thermique fournie} \\ \text{au milieu extérieur (chaleur)} \end{pmatrix}}$$

<u>*Échanges énergétiques dans un conducteur ohmique*</u>

$$E_{reçue} = UIt = (RI)It = RI^2t = Q_{fournie}$$

$$\boxed{E_{reçue} = Q_{fournie} = UI^2t}$$



4. Conséquences de l'effet Joule.

L'effet Joule manifeste dans tous les récepteur parcourus par un courant électrique , il est utile lorsqu'il constitue l'effet recherché (fournir l'énergie thermique par chaleur ou par rayonnement comme appareils de chauffage , éclairage par incandescence ..) . En revanche , il correspond une perte d'énergie dans le cas contraire (échauffement inutile dans des récepteurs qui peut conduire à une détériorationاتلاف de ces récepteurs , perte d'énergie dans les lignes de transport d'électricité ..).

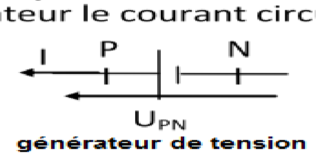
III.Transfert d'énergie au niveau d'un générateur.

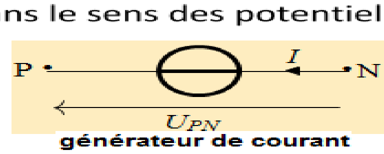
1. définition d'un générateur.

Un générateur est un appareil qui produit de l'énergie électrique. Il effectue la transformation d'une forme d'énergie en énergie électrique. Exemple: pile, accumulateur.

2. convention générateur.

Dans un générateur le courant circule dans le sens des potentiels croissants.





3. l'énergie électrique fournie par un générateur.

$E_{ext} = UIt$: énergie fournie par le générateur au milieu extérieur.

4. puissance électrique fournie par un générateur.

$\mathcal{P}_{ext} = UI$: puissance fournie par le générateur au milieu extérieur

Remarque: *On note :*

W_e l'énergie *électrique reçue par un dipôle*	***$\mathcal{P}_e$ puissance*** *électrique reçue par un dipôle*
W_j l'énergie *dissipée par effet joule*	***$\mathcal{P}_j$ puissance*** *dissipée par effet joule*
W_u l'énergie *utile.*	***$\mathcal{P}_u$ puissance*** *utile.*

Exercice N° 1:

On applique aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance $R = 10\Omega$ une tension $U = 4V$.

1. Calculer la puissance électrique reçue par le conducteur ohmique. Sous quelle forme est convertie cette puissance ?

2. Sachant que la tension U est appliquée pendant la durée $\Delta t = 5min$ Calculer l'énergie dissipée par effet joule.

Exercice N° 2:

1. . Le kilowatt-heure est-il une unité d'énergie ou de puissance? L'exprimer en unités S.I.

2. . Quelle est, en joules, l'énergie électrique reçue par un conducteur ohmique de résistance $R = 20\ \Omega$, alimenté sous la tension $U = 40$ V pendant 5 minutes? Que devient-elle?

3. . Une résistance chauffante consomme une puissance $\mathcal{P} = 1{,}5$ kW lorsqu'on l'alimente sous la tension $U = 150$ V.

Quelles sont les valeurs de cette résistance et de l'intensité du courant qui la traverse?

4. Une source de tension maintient entre ses bornes P et N une tension constante $U = 20$ V.

Dans une première expérience, on branche entre P et N un conducteur ohmique de résistance R.

a) . Quelle doit être la valeur de R pour que la puissance Joule consommée dans la résistance soit de 10 W?

b) . Quelle est la puissance $\mathcal{P}'$ consommée par effet Joule dans l'ensemble de deux résistances R identiques à la précédente branchées en parallèle entre P et N?

5. . La caractéristique intensité-tension d'une varistance est reproduite à la figure

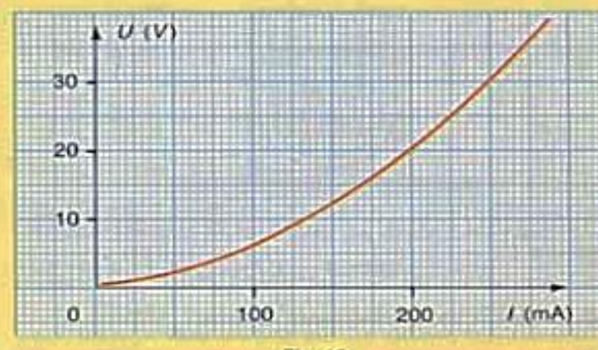


Fig. 15.

Quelle puissance consomme-t-elle :

— lorsqu'elle est soumise à une tension $U = 6$ V;

— lorsqu'elle est traversée par un courant d'intensité $I = 200$ mA?

L'effet Joule

L'effet Joule est omniprésent dans notre vie quotidienne : radiateur, four, grille-pain... Dans certains cas, cet effet est malheureusement indésirable et nécessite l'utilisation de ventilateurs pour abaisser la température. C'est le cas des ordinateurs ou des amplis.

Chpitre2 (4*) : Comportement globale d'un circuit électrique (6h-8h*).

S.P: La batterie auto joue le rôle d'un générateur, elle sert à démarrer une voiture, ainsi qu'à alimenter en électricité les différents éléments électriques (phares, …) et électroniques (autoradio, …). **Comment se distribue l'énergie électrique au niveau d'un générateur et d'un récepteur ?**

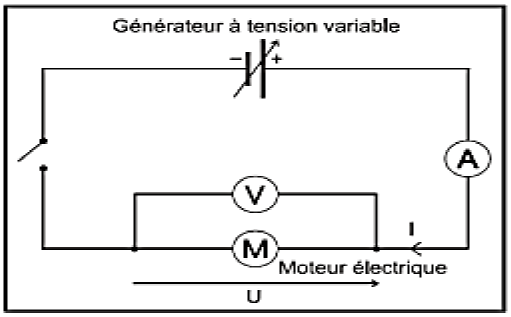
I. Distribution de l'énergie électrique pendant une durée Δt.

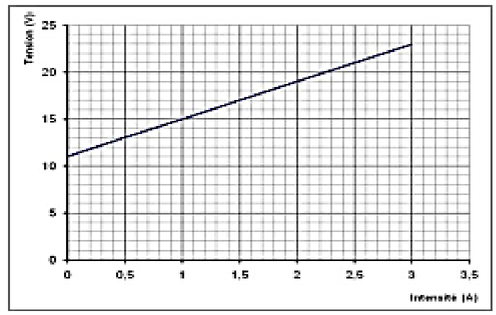
1. au niveau d'un récepteur électrique.

a. Loi d'ohm pour un récepteur.

Dans un récepteur le courant circule dans le sens des potentiels décroissants.

La caractéristique intensité-tension d'un récepteur est une droite de coefficient directeur positif et ne passant pas par l'origine.





Exemple: $U = 11 + 4 \times I$

$$\boxed{U = e' + rI}$$

e'(V): force contre électromotrice (f.c.é.m.) et r(Ω): résistance interne du récepteur.

b. bilan énergétique au niveau d'un récepteur.

$E_{reçue} = UIt$ et puisque $U = e' + rI$ pour un récepteur, alors $E_{recue} = It(e' + rI) = e'It + rI^2t$

$$\boxed{E_{reçue} = (e'I + rI^2)t \Rightarrow E_{reçue} = E_u + E_{th}}$$

$E_u = e'It$: énergie utile (mécanique ou chimique)

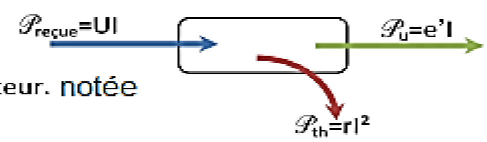
$E_{th} = rI^2t$: énergie thermique perdue par effet joule. notée aussi E_j

$$\boxed{\mathcal{P}_{reçue} = UI = e'I + rI^2 \Rightarrow \mathcal{P}_{reçue} = \mathcal{P}_u + \mathcal{P}_{th}}$$

$\mathcal{P}_{reçue} = UI$: puissance reçue par le récepteur

$\mathcal{P}_u = e'I$: puissance utile.

$\mathcal{P}_{th} = rI^2$: puissance thermique dissipée dans le récepteur. notée aussi $\mathcal{P}_j$



remarque :

Pour un moteur bloqué $\mathcal{P}_u = e'I = 0 \Rightarrow e' = 0$.

c. rendement d'un récepteur.

On définit le rendement d'un récepteur par le rapport entre la puissance utile qu'il produit (mécanique ou chimique) et la puissance qu'il reçoit.

$$\rho = \frac{\mathcal{P}_u}{\mathcal{P}_{reçue}} = \frac{e'I}{e'I + rI^2} = \frac{1}{1 + \frac{rI}{e'}} < 1$$

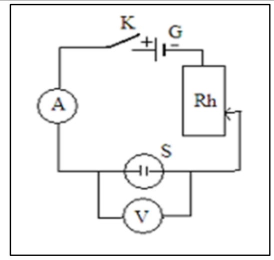
Application:

Un électrolyseur reçoit une puissance $\mathcal{P} = 120$ W lorsqu'il est alimenté par un courant d'intensité 10 A. La puissance thermique est $\mathcal{P}_{th} = 100$ W. Déterminer la f.c.é.m. e' et la résistance interne.

Résolution: $\mathcal{P}_{th} = r'I^2 \Rightarrow r' = \frac{\mathcal{P}_{th}}{I^2} = \frac{100}{100} = 1\ \Omega$

$\mathcal{P}_{reçue} = UI$ avec $U = e' + rI \Rightarrow e' = \frac{\mathcal{P}_{reçue} - \mathcal{P}_{th}}{I} = \frac{120 - 100}{10} = 2\ V$

d. activité.



Considérons le circuit électrique ci-contre, qui constitue par un générateur G, Rhéostat Rh, électrolyseur Interrupteur K, voltmètre V et un ampèremètre A. On ferme K et on calcule lors du deux cas de fonctionnement normale du S l'intensité du courant et la tension entre les bornes de S:cas 1($I_1 = 0.5A$,$U_{AB1} = 5V$)et cas 2 :($I_2 = 1A$,$U_{AB2} = 6V$).

a. trouver la force-électromotrice **é** et la résistance interne **r'** du S ?
b. en déduire le rendement du S pour les deux cas. Quelle est le cas mieux adapté de S ?

exploitation:

a. d'après la loi d'ohm pour un récepteur on écrit:

$$\begin{cases} 1^{ér}\,cas: 5 = é + 0.5 * r' \\ 2^{éme}\,cas: 6 = é + r' \end{cases}$$ d'où : **é=4V** et **r'=2Ω**

b. le rendement :

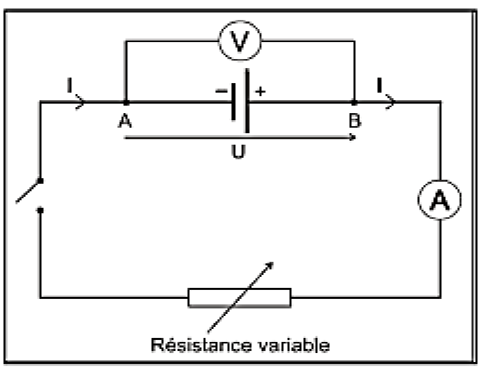
Le rendement *dans le cas 1*	$\sigma_1 = \frac{é}{é + r' * I_1} \approx 0.8$
Le rendement *dans le cas 2*	$\sigma_2 = \frac{é}{é + r' * I_2} \approx 0.66$

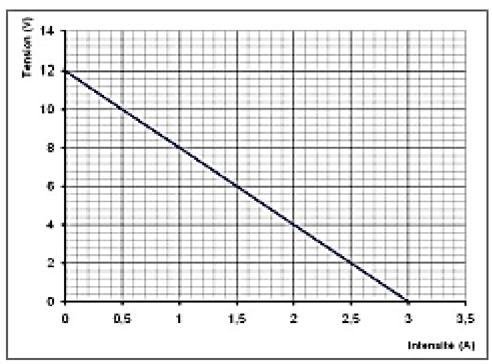
$\sigma_1 > \sigma_2$ le rendement dans le cas 1 et supérieur par rapport au cas 2, ainsi l'énergie dissipée par effet joule est petit dans le cas 1, donc le cas 1 est le mieux adapté.

2. au niveau d'un générateur électrique.

a. Loi d'ohm pour un générateur.

La caractéristique intensité-tension d'un générateur est une droite de coefficient directeur négatif et ne passant pas par l'origine.





Exemple: $U = 12 - 4 \times I$

$$\boxed{U_{PN} = e - rI}$$

e(V): force électromotrice ou f.é.m.   r(Ω): résistance interne du générateur.

b. bilan énergétique au niveau d'un générateur.

La tension aux bornes du générateur est $U_{PN} = e - rI$

$$E_{ext} = UIt = It(e - rI) = eIt - rI^2t \Rightarrow E_{ext} = E_g - E_{th} \Rightarrow \boxed{E_g = E_{ext} + E_j}$$

$E_{ext} = UIt$: énergie fournie par le générateur au milieu extérieur.

$E_g = eI$: énergie engendrée par le générateur

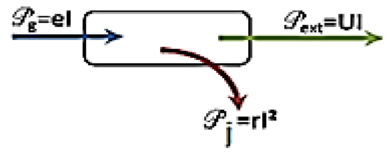
$E_j = rI^2t$: énergie thermique par effet joule.

La puissance extérieure est $\mathcal{P}_{ext} = U_{PN}I = eI - rI^2 = \mathcal{P}_g - \mathcal{P}_{th} \Rightarrow \boxed{\mathcal{P}_g = \mathcal{P}_{ext} + \mathcal{P}_j}$

$\mathcal{P}_g = eI$: puissance engendrée par le générateur

$\mathcal{P}_{ext} = UI$: puissance fournie par le générateur au milieu extérieur

$\mathcal{P}_j = rI^2$: puissance thermique perdue par effet joule.

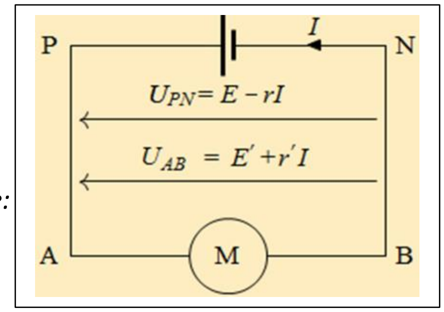


c. rendement d'un générateur.

On définit le rendement d'un générateur quotient entre la puissance utile $\mathcal{P}_{ext}$ et la puissance totale qu'il fournit.

$$\boxed{\rho = \frac{\mathcal{P}_{ext}}{\mathcal{P}_g} = \frac{U_{PN}I}{eI} = \frac{e-rI}{e} = 1 - \frac{rI}{e} < 1}$$

3. le rendement total d'un circuit électrique.



On considère le circuit électrique simple ci-contre.

D'après la loi d'additivité des tensions : $U_{PN} - U_{AB} = 0$

d'où : $U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - rI = E' + r'I$

On multiplier les deux membres de cette dernière équation par I on trouve:

$$EI = E'I + (r + r')I^2 \Longrightarrow P_g = P_u + P_j$$

avec :

$P_g = EI$: la puissance totale du générateur.

$P_u = E'I$: la puissance utile.

$P_j = (r + r')I^2$: la puissance dissipée par effet joule.

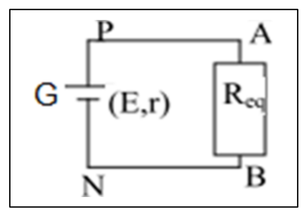
On définit le rendement global de ce circuit simple par la relation :

$$\rho = \frac{P_u}{P_g} = \frac{E'}{E}$$

II. les facteurs influençant sur l'énergie fournie du générateur dans un circuit résistif.

1. l'intensité du courant dans un circuit résistif.

a. activité.



Considérons le circuit électrique ci-contre constitue d'un générateur G de force électromotrice e et de résistance interne r ,et d'un dipôle résistif de résistance équivalente $R_{éq}$.en utilisant la loi d'ohm pour un conducteur ohmique et pour un générateur trouver l'intensité du courant I parcourue le circuit.

b. exploitation.

Un dipôle résistif est un conducteur ohmique ou ensembles des conducteurs ohmiques arrangés en série et/ou parallèle. $\begin{cases} U_{AB} = R_{éq}.I \\ U_{PN} = E - r.I \end{cases}$

$$Or : \quad U_{AB} = U_{PN} \quad donc \ R_{éq}.I = E - r.I \quad finalement : \ I = \frac{E}{r + R_{éq}}$$

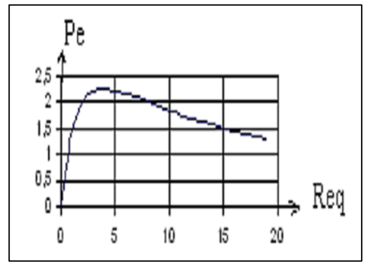
2. influence de la force électromotrice E et de la résistance équivalente $R_{éq}$ sur l'énergie fournie par le générateur pendant la durée Δt

a. activité.

On considère le circuit dans l'activité précédente.

a. trouver en fonction de E,r,$R_{éq}$,et Δt l'expression de l'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique.
b. tracer $P_e = f(R_{éq})$.en donne E=6V et R=4Ω.pour quelle valeur de $R_{éq}$ la puissance P_e est maximal.
c. trouver en fonction de E, $R_{éq}$,et Δt l'expression de l'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique lorsque le générateur est idéal (r=0Ω).

b. exploitation.



a. l'énergie électrique reçue par le conducteur ohmique égale l'énergie électrique fournie par le générateur :

$$W_r = W_e = U_{PN}.I.\Delta t = R_{éq}.I^2.\Delta t = \frac{R_{éq}}{(r+R_{éq})^2}.E^2.\Delta t$$

b. $P_e = \frac{R_{éq}.E^2}{(r+R_{éq})^2}$, P_e est maximal lorsque : $R_{éq} = 4\Omega$

$soit\ R_{éq} = r$;

$dans\ cas$: $P_e = P_{e.max} = \frac{E^2}{4r}$.

c. lorsque le générateur est idéal : $U_{PN} = Cte = E$,
d'après la loi d'ohm on deduit que:

$$I = \frac{E}{R_{éq}}$$

Enfin l'énergie électrique fournie par le générateur au dipôle résistif est : $W_e = \frac{E^2}{R_{éq}}\Delta t$ qui égale l'énergie reçue par le conducteur ohmique.

3. limite de fonctionnement d'un conducteur ohmique.

Tout conducteur ohmique s'échauffe quand il est traversé par un courant électrique. Après une durée de fonctionnement transitoire, cette chaleur ne s'évacue pas rapidement ce qui risque de le détériorer.

Généralement les fabricants donnent la résistance R et la puissance maximale supportable par le conducteur ohmique. On calcule les valeurs de I_{max} et U_{max} qu'ils n'ont jamais dépassée par la relation:

on sait que : $P_{max} = I_{max}.U_{max} = R.I_{max}^2$

donc $I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}}$ et $U_{max} = \sqrt{R.P_{max}}$

Exercice N° 1:

La plupart de voitures électriques nécessitent une batterie afin de stocker l'énergie électrique nécessaire à leur fonctionnement.

Mais une autre méthode de stockage de l'énergie dans une voiture électrique est possible. Un véhicule peut être équipé d'une pile à combustible fonctionnant au dihydrogène. La réaction du H_2 avec le O_2 de l'air, à l'intérieur de la pile, produit un courant électrique capable d'alimenter un moteur électrique.

Le dihydrogène n'existe pas dans la nature. Il faut le produire par électrolyse de l'eau, ce qui nécessite une grande quantité d'énergie électrique.

Pour un véhicule parfaitement écologique, ce dihydrogène doit être produit à partir d'une source d'énergie renouvelable, par exemple, l'énergie solaire.

Faire le schéma de toute la chaîne énergétique constituée de la l'installation solaire et de la voiture à pile à combustible.

Exercice N° 2:

Chargeur USB

On considère un chargeur USB, qui est un générateur de tension de force électromotrice $E = 5,0$ V et de résistance interne $r = 1.2\ \Omega$.

On connecte à ce chargeur un téléphone, que l'on réduira à un conducteur ohmique de résistance $R = 5,5\ \Omega$. Celui-ci peut se recharger si la tension aux bornes du chargeur est au moins égale à 4,0 V.

1. Le téléphone peut-il se recharger ? Quelle sera l'intensité du courant de charge fourni par le générateur ?

2. Même question pour le rechargement d'une tablette, assimilée à un conducteur ohmique de résistance $R = 2,5\ \Omega$.

3. Calculer la puissance thermique dissipée par le chargeur dans la première situation.

Chpitre3 (5*) : le champ magnétique (3h-4h*).

S.P: les savants pensent que la migration collective des oiseaux se fait grâce au champ magnétique terrestre. **Qu'est-ce qu'un champ magnétique? Quelles sont ses caractéristiques et comment mesure son intensité?**

I. mis en évidence du champ magnétique.

1. utilisation d'aiguille aimantée à la découverte du champ magnétique.

Dans un endroit donnée au surface de la terre ; l'aiguille aimantée prend toujours une direction sud-nord. On en déduit l'existence d'un champ magnétique c'est le champ magnétique terrestre.

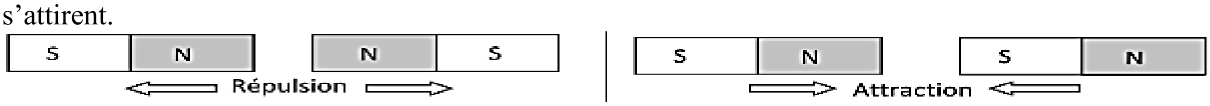
Convention : le pôle d'aiguille aimantée orienté vers le pôle nord de la terre est appelée le pôle nord ; tandis que l'autre pôle est appelée pôle sud.

2. action d'un aimant sur un autre aimant et sur une aiguille aimantée.

Un aimant agit à distance sur un autre aimant: il modifie les propriétés de l'espace qui l'environne.

Nous dirons que l'espace environnant un aimant est le siège d'un champ magnétique.

L'expérience montre que les pôles d'aimant de même nom se repoussent et les pôles de noms différents s'attirent.



Si on approche un aimant d'une aiguille aimantée on remarque que l'aiguille tourner selon la face d'aimant qu'on a approchée.

3. action d'un courant continu sur une aiguille aimantée.

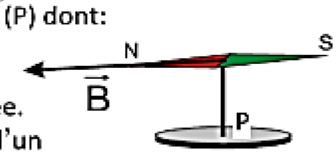
Lorsqu'on approche une aiguille aimantée d'un fil conducteur parcourue par un courant électrique l'aiguille aimantée se dévie ; on déduit que le passage du courant électrique continu crée un champ magnétique dans l'espace environnant.

II. Vecteur champ magnétique.

1. définition.

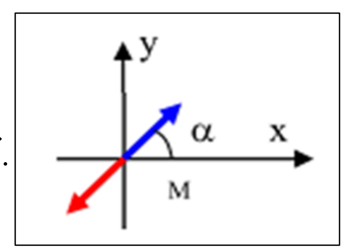
Le champ magnétique en un point P est représenté par un vecteur noté $\overrightarrow{B}(P)$ dont:

- Le point d'application est le point P
- La direction est celle de l'aiguille aimantée (boussole) placée en P
- Son sens est dirigé du pôle sud vers le pôle nord de l'aiguille aimantée.
- Sa norme peut être déterminée par le calcul ou par mesure à l'aide d'un teslamètre à sonde de Hall. l'unité du champ magnétique dans le SI est le tesla (symbole T)



application:

Lorsqu'on approche un aimant droit à un aiguille aimantée susceptible de tourner verticalement ; l'aiguille se dévie dans le plan $(M,\vec{i},\vec{j})$ d'un angle $\alpha = \mathbf{25^0}$ par rapport à l'axe $(M,\vec{i})$ que l'aiguille est confondu avec lui initialement. Le teslamètre donne une valeur$B = 35.5mT$.



a) déterminer au point M les caractéristiques du vecteur champ magnétique$\overrightarrow{B(M)}$.
b) déterminer les coordonnées de $\overrightarrow{B(M)}$dans le repère $(M,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$.

réponse:

a) les caractéristiques de $\overrightarrow{B(M)}$ sont :

L'origine	La direction	Le sens	L'intensité
Le point M	Droite inclinée d'angle $\alpha = 25^0$ par rapport au $(\boldsymbol{M},\vec{\boldsymbol{i}})$	Vers le bas	B(M)=35.5mT

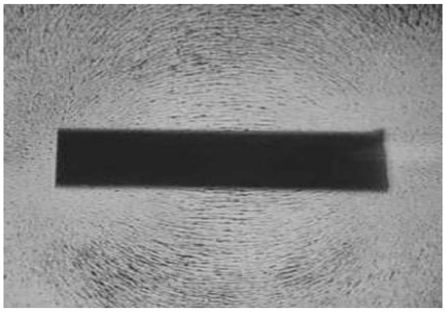
b) les coordonnées de $\overrightarrow{B(M)}$dans le repere $(M,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$:

$B_x = -B.\cos\alpha = -32{,}1mT$; $B_y = -B.\sin\alpha = -15mT$; $B_z = 0$

2. lignes du champ magnétique.

a. *Expérience et observations:*

Sur une plaque de verre ou de plexiglas, située dans la zone utile du champ magnétique, on saupoudre de la limaille de fer. Les grains de limaille (de forme allongée) sous l'action du champ magnétique se transforment en petits aimants (ou petites boussoles) qui s'orientent alors parallèlement à ce champ magnétique.



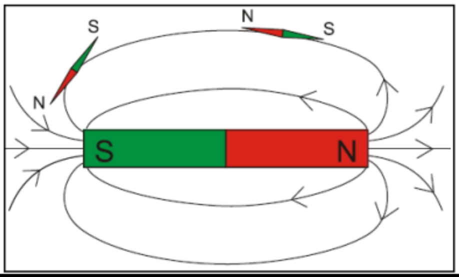
b. *définition d'une ligne de champ magnétique et spectre du champ magnétique.*

- Une ligne de champ est une courbe tangente en chacun de ses points avec le vecteur champ magnétique $\vec{B}$. Elle est orientée dans le sens de $\vec{B}$.
- Deux lignes de champ ne se coupent jamais parce qu'il n'existe qu'un seul vecteur champ magnétique en un point.
- L'ensemble des lignes de champ magnétique constitue le spectre du champ magnétique.

c. *exemples:*

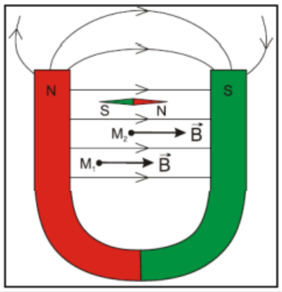
Spectre d'un champ magnétique crée par un aimant droit

- Près des pôles les lignes de champ sont resserrées: le champ y est plus intense.
- Les lignes de champ quittent le pôle nord pour converger vers le pôle sud.



Spectre d'un champ magnétique créé par un aimant en U

Entre les deux branches de l'aimant en U, les lignes de champ sont parallèles et de même sens. Dans cette région le champ magnétique est uniforme.

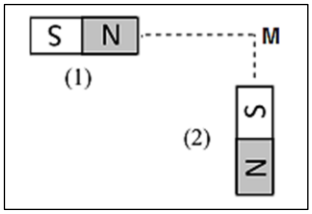


3. superposition des champs magnétiques.

Le champ magnétique $\overrightarrow{\mathbf{B(M)}}$ crée en **M** par plusieurs sources est égale à la somme vectorielle des champs magnétiques crées de la part de chaque source ; et on a : $\overrightarrow{\mathbf{B(M)}} = \overrightarrow{\boldsymbol{B_1}} + \overrightarrow{\boldsymbol{B_2}} + ... + \overrightarrow{\boldsymbol{B_n}}$

application:

Considérons deux aimants droits orientés (voir figure).on donne les intensités des champs magnétiques en M créent par les deux aimants : $B_1 = 20mT\ et\ B_2 = 10mT$.trouver les caractéristiques du champ magnétique total $\overrightarrow{B(M)}$ on néglige le champ magnétique terrestre.

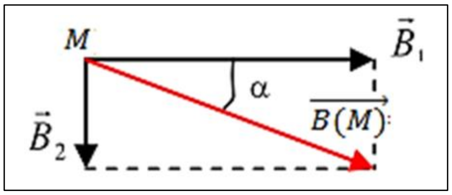


réponse:

Le champ magnétique total est : $\overrightarrow{B(M)} = \overrightarrow{B_1} + \overrightarrow{B_2}$

Selon le théorème de Pythagore: $B_M{}^2 = B_1{}^2 + B_2{}^2 = 22.3$mT.

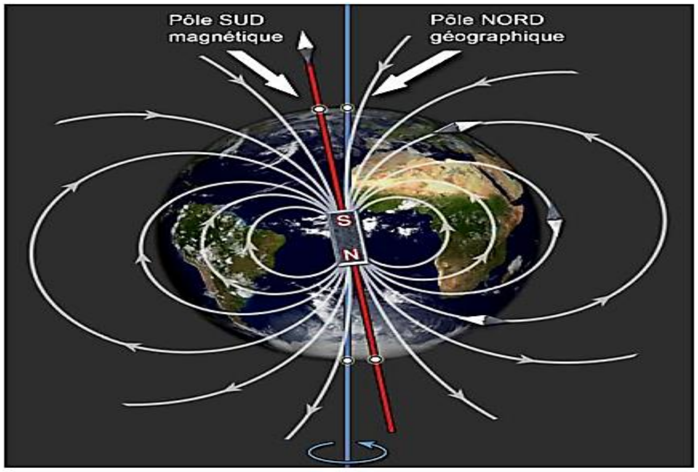
$$tan\alpha = \frac{B_2}{B_1} = 0.5 \Rightarrow \alpha = 26.6^0$$



III. champ magnétique terrestre.

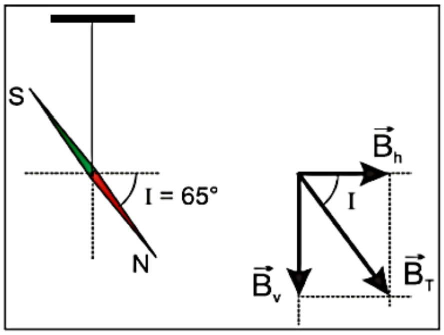
Plaçons plusieurs boussoles (ou aiguilles aimantées) dans une région de l'espace loin de toute source apparente de champ magnétique. Nous constatons qu'elles s'orientent toutes suivant la même direction. Cette direction particulière est due à la présence dans l'espace d'un champ magnétique: c'est le champ magnétique terrestre $\vec{B}_T$.

Le champ magnétique terrestre peut-être considéré comme le champ créé par un aimant droit placé au centre de la Terre (en réalité, la magnétosphère est déformée par le vent solaire).



Pôles géographiques et magnétiques de la Terre, ainsi que les lignes de champ du champ magnétique terrestre

- Le méridien géographique est le plan vertical qui contient le point considéré et l'axe nord sud des pôles.
- Le plan du méridien magnétique est le plan vertical contenant la direction du champ magnétique du point considéré.
- L'angle formé par les deux plans s'appelle la déclinaison (D).
- L'angle que fait $\vec{B}_T$ et l'horizontal du point considéré est appelé inclinaison (i).



Le champ magnétique terrestre est la résultante de deux composantes:

- $\vec{B}_H$: composante horizontale du champ magnétique terrestre au point M.
- $\vec{B}_V$: composante verticale du champ magnétique terrestre au point M.

$$\boxed{\vec{B} = \vec{B}_H + \vec{B}_V}$$

<u>Exemple:</u> à Paris i = 65° et B = $4,7.10^{-5}$T.

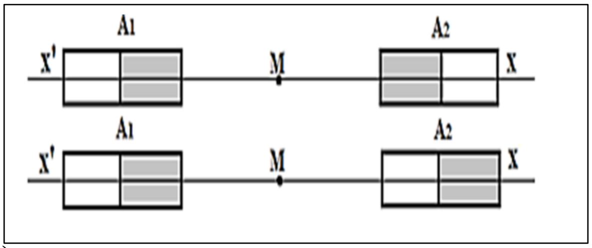
$$B_H = B.\cos(i) \Rightarrow B_H = 4,7.10^{-5}.\cos(65) \Rightarrow B_H = 2,0.10^{-5}\ T$$

<u>Remarque</u>:
le champ magnétique terrestre se superpose toujours aux champs créés par les autres sources (aimants, courant) devant lesquels il est d'ailleurs souvent négligeable.

Exercice:

La figure ci-dessous montre deux aimants droits A_1 et A_2 sont placés sur l'axe x'x

Chacun d'eux crée au point M situé à égale distance des deux sources, un champ magnétique de 20 mT.



1) Représenter comment s'oriente une aiguille placée en M.

2) Représenter le vecteur champ magnétique en M, lorsque les deux pôles en regard sont de même nom.

3) Même question lorsque les deux pôles sont de noms différents.

On désire qu'au point M le champ résultant ait une norme égale à 60 mT.

4) Quelle doit être la norme du champ magnétique créé par un 3ème aimant ? (discuter).

Chpitre4 (6^*) : champ magnétique crée par un courant électrique (4h-6h*).

<u>S.P:</u> En **1814**, le physicien **Danois Oersted** observe que le courant électrique produit par une pile et circulant dans un fil conducteur dévie l'aiguille d'une boussole dans une direction perpendiculaire à celle du courant, cette observation constitue une découverte de l'électro-aimant. Donc le courant électrique crée un champ magnétique dans l'espace qui l'entoure.
Quelles sont les caractéristiques de ce champ magnétique dans un conducteur (fil conducteur, bobine et solénoïde)?

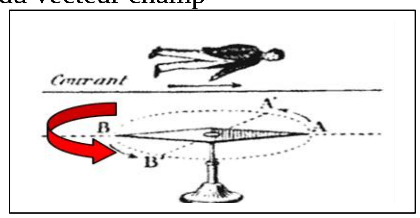
I. champ magnétique d'un conducteur rectiligne.

1. spectre du champ magnétique d'un conducteur rectiligne.

a. activité 1.

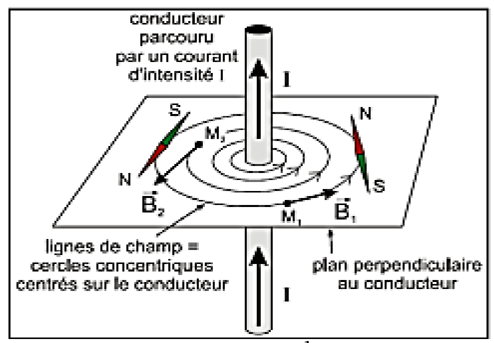
On réalise un circuit électrique constitue en série un fil conducteur très long, rhéostat, interrupteur et un générateur de courant continu. Sur une plaque de verre située perpendiculairement au fil on saupoudre de la limaille de fer et on ferme l'interrupteur.

1. décrire les lignes du champ magnétique crée par le courant dans le fil conducteur.
2. à l'aide d'une aiguille aimantée déterminer le sens et la direction du vecteur champ magnétique dans un point M_1 auprès du conducteur.
3. considérons un observateur observe le point M_1, tel que le courant le traverse de ses pied vers sa tête .vérifier que la main gauche d'observateur détermine le sens de .on appelle cette règle la règle d'Ampère. donner le texte de cette règle.



b. exploitation.

1. les lignes de champ sont des cercles concentriques centrés sur le fil et perpendiculaire a lui, l'ensemble de ses lignes constitue le spectre de champ.



2.et 3 Les caractéristiques du champ créé en un point M_1 appartenant au plan π sont les suivantes:

- Direction: celle de la tangente en M_1 à la ligne de champ
- Sens: son sens est donné par plusieurs règles parmi lesquelles le <u>bonhomme d'Ampère</u> (le bras gauche indique le sens de $\vec{B}$) et <u>la main droite</u> (la paume tournée vers le point où on veut définir le champ, le pouce indique le sens de $\vec{B}$).
- norme (intensité):voir paragraphe suivante.

2. intensité du champ magnétique d'un conducteur rectiligne.

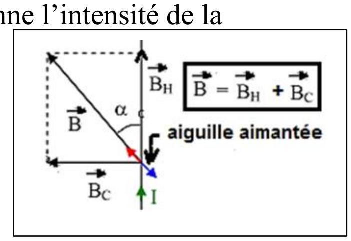
on a montré qu'en se plaçant à la distance d d'un conducteur rectiligne parcouru par un courant I, le champ magnétique vaut $\boxed{B = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{d}}$ ($\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ SI: perméabilité du vide)

soit : $B = 2.10^{-7}\frac{I}{d}$

3. application.

On place une aiguille aimantée sous un conducteur rectiligne ; distant de lui par d=2cm.ce conducteur existe dans le plan du méridien magnétique (مستوى الزوال المغنطيسي). lorsqu'un courant traverse le conducteur,l'aiguille se dévie d'une angle $\alpha = 20^0$.

1. déterminer les caractéristiques du champ magnétique crée par le courant dans le conducteur.
2. en déduire le sens et l'intensité du courant I qui traverse le conducteur. On donne l'intensité de la composante verticale du champ magnétique terrestre :$B_h = 2.10^{-5}T$



solution:

1. $B_C = B_h\ tan\alpha = 7.3 * 10^{-6}T$
2. $I = \frac{B_C.d}{2.10^{-7}} = 0.73A$. Le sens du courant électrique est déterminera par la règle de bonhomme d'Ampère (voir figure).

II. champ magnétique d’une bobine plate circulaire.

1. définition.

Une bobine plate circulaire est constitué d’un fil conducteur enroulé autour d’une cylindre isolante, elle se caractérise par son <u>nombre de spires</u> **N** et son <u>épaisseur</u> **e** qui est très petit devant le <u>rayon</u> **R** de la bobine.

2. spectre du champ magnétique de la bobine.

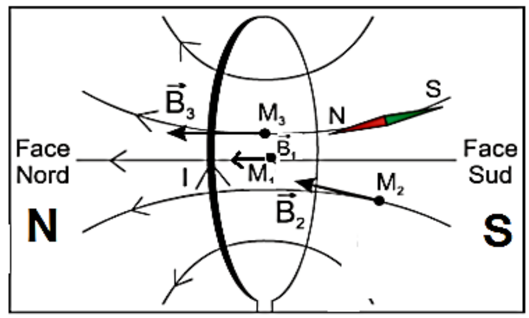
a. activité 2.

On réalise un circuit électrique constitue en série une bobine, rhéostat, interrupteur et un générateur de courant continu. Sur une plaque de verre transparente située perpendiculairement à la bobine on saupoudre de la limaille de fer et on ferme l’interrupteur.

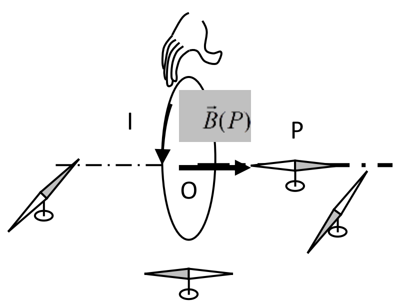
1. décrire les lignes du champ magnétique crée par le courant dans la bobine.
2. à l’aide d’une aiguille aimantée déterminer le sens et la direction du vecteur champ magnétique dans un point M_1 se situe au centre de la bobine.
3. vérifier le sens du vecteur champ magnétique en M_1 par les règles de bonhomme d’Ampère et la main droite.

b. exploitation.

- Les lignes de champ appartiennent au plan π perpendiculaire à la bobine.
- Le sens de $\vec{B}$ est donné par la règle du bonhomme d’Ampère (un bonhomme d'Ampère placé sur la bobine, le courant entrant par ses pieds et sortant par sa tête, indique le sens du champ magnétique par son bras gauche lorsqu'il regarde le centre de la bobine M_1) ou de la main droite.et on verifiera les resultats avec une aiguille aimantée .

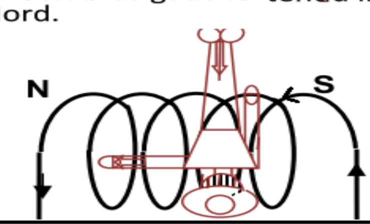
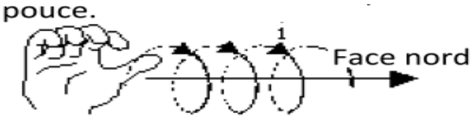


la **règle de la main droite** permet de trouver le sens de $\vec{B}(M)$ (déterminé par le pouce connaissant le sens du courant (autres doigts).



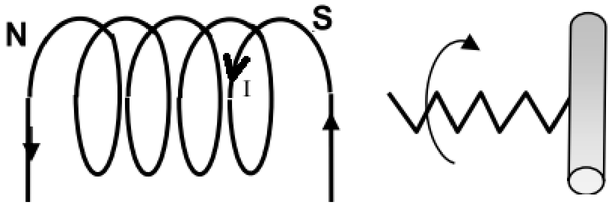
On ressemble une bobine(ou spire) a un aimant droit ; elle a donc deux faces Sud et Nord .comment déterminera les faces de la bobine ?

On détermine les noms des faces d’une bobine par les règles d’orientation selon le sens du courant.

- <u>Le bonhomme d’Ampère</u>	- <u>La main droite</u>
Le bonhomme d’Ampère couché sur le fil regarde vers l’intérieur de la bobine. Le courant lui entre par les pieds et sort par la tête. Son bras gauche tendu indique la face Nord. 	La main droite disposée dans le sens du courant, la paume tournée vers l’intérieur de la bobine et la face Nord est indiquée par le pouce. 

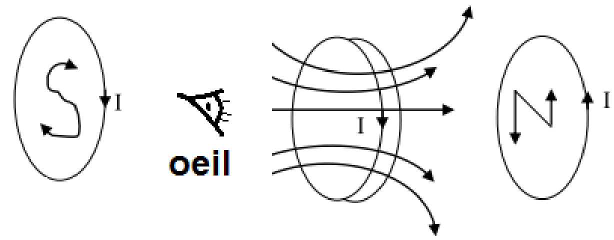
- Le tir bouchon

Lorsque le tir bouchon tourne dans le sens du courant, il progresse de la face Sud vers la face Nord à l'intérieur de la bobine.



règle des faces Nord et Sud

les lignes du champ entre de la face Sud et sort de la face Nord



3. intensité du champ magnétique au centre de la bobine.

Dans l'activité 2 on mesure l'intensité de $\overrightarrow{B_M}$ à l'aide d'un téslametre et on montre que: $\boxed{B = \frac{\mu_0 n I}{2R}}$

avec : **R** rayon de la bobine en (m) ; I l'intensité du courant en(A), **n** nombre de spires et $\boldsymbol{\mu_0}$ *péméabilité du milieu. dans le cas de l'air*: $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}(S.I)$

III. champ magnétique d'un solénoïde.

1. définition.

Un solénoïde est une bobine longue dont sa longueur L est supérieure à dix fois son rayon R (L>10r), il se caractérise par sa longueur L ; son rayon R et N son nombre de spires.

2. spectre du champ magnétique d'un solénoïde.

a. activité 3.

Sur une plaque de verre transparente constituant un plan de symétrie pour le solénoïde, on saupoudre de la limaille de fer et alimente le solénoïde par un courant continu.

1. décrire les lignes du champ magnétique à l'extérieur du solénoïde. Quel aimant a le même spectre.
2. quel est la nature du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde. justifier.
3. schématiser un solénoïde ; et représenter le sens du vecteur champ magnétique en M_1 situe à l'intérieur du solénoïde.vérifier les règles qu'on vues précédemment.

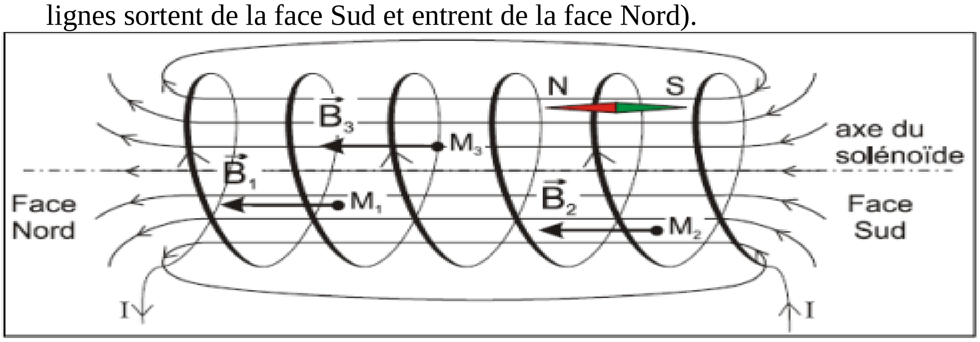
b. exploitation.

1. les lignes de champ a l'intérieur du solénoïde sont des droites parallèles ; tandis que à l'extérieur le spectre observée se ressemble au spectre d'aimant droit.
2. à l'intérieur du solénoïde le champ magnétique est uniforme car les lignes du champ sont des droites parallèles.

definition :

Lorsque dans tout point de l'espace le vecteur champ magnétique garde les mêmes propriétés (sens, direction et intensité) on parle du champ magnétique uniforme.

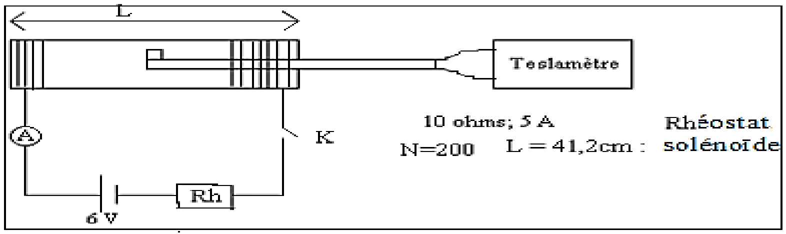
3. on détermine le sens du vecteur champ magnétique à l'aide d'une aiguille aimantée ou en utilisant les règles (bonhomme d'Ampère, main droite, règle des faces Nord et Sud tel que les lignes sortent de la face Sud et entrent de la face Nord).



3. intensité du champ magnétique a l'intérieur d'un solénoïde.

a. activité 4.

Réalisons le montage électrique suivant, et entrons le détecteur de Hall a l'intérieure du solénoïde. lorsque l'interrupteur K est ouvert le teslamètre affiche B=0.



on fixe le nombre de spires par unité de longueur n=$\frac{N}{L}$ =485spires/m et on mesure l'intensité du vecteur champ magnétique pour différents valeurs de courant électrique (voir tableau ci-dessous).

3.5	3	2.5	1.9	1.5	1	0.5	0	I(A)
2.1	1.8	1.5	1.21	0.85	0.6	0.3	0	B(mT)

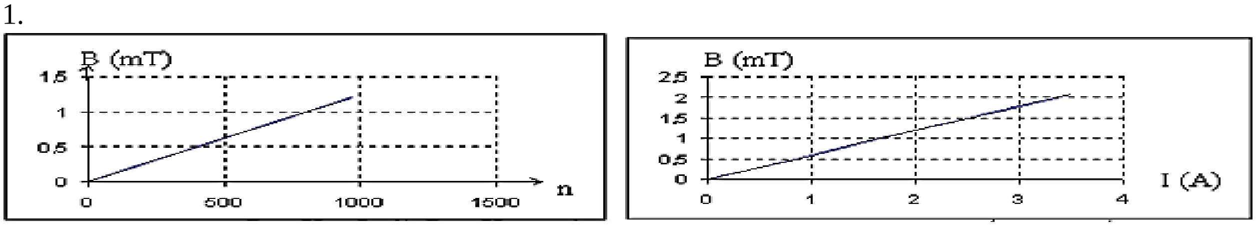
- on fixe l'intensité du courant électrique a la valeur I=1A et on mesure l'intensité du vecteur champ magnétique pour différents nombres de spires par unité de longueur du solénoïde(voir tableau ci-dessous).

970	584	0	$n = \frac{N}{L} en(\frac{spires}{m})$
1.2	0.6	0	B(mT)

1. tracer les courbes des fonctions : B=f(I) et B=g(n)
2. démontrer que B=K.n.I
3. en déduire l'expression de B a l'intérieure du solénoïde en fonction de n,I et μ_0.

b. exploitation.

1.



2. du courbe B=f(I) en déduit que B=$K_1.I$ et du courbe B=g(n) en déduit que B=$K_2.n$ on a donc: B=K.n.I.
3. $d'après\ la\ courbe\ 1\ on\ a : K_1 = \frac{\Delta B}{\Delta I} = 6.10^{-4}(S.I) \Rightarrow B = \frac{K_1}{n}.n.I\ Or\ n = 485\ donc\ K = \frac{K_1}{n}$

$$soit : K = 1.23.10^{-6}S.I$$

on sait que $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}(S.I) = 1.25.10^{-6}(S.I)$ finalement $K = \mu_0$

en déduit l'expression de B a l'intérieure du solénoïde: $B = \mu_0.n.I = \mu_0.\frac{N}{L}.I$

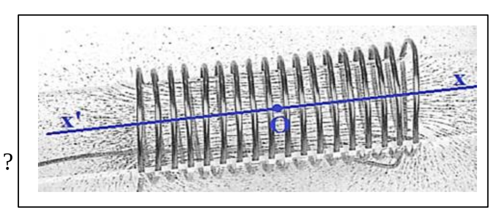
avec
- B: Champ magnétique à l'intérieur du solénoïde en teslas (T).
- μo = 4.π.10^{-7}S.I (perméabilité magnétique du vide)
- n: nombre de spires par mètre du solénoïde (spires.m^{-1}).
- I: Intensité du courant circulant dans le solénoïde en ampères (A).

Exercice1:

Calculer l'intensité du courant qu'il faut faire circuler dans un fil de cuivre pour que le champ magnétique à 1cm du fil ait une intensité égale à 1mT.

Exercice2:

Une aiguille aimantée est disposée au point O à l'intérieur d'un solénoïde. En l'absence de courant électrique, la direction horizontale nord-sud de l'aiguille est perpendiculaire à l'axe xx' horizontal du solénoïde. L'aiguille tourne d'un angle α=30° quand un courant d'intensité I circule dans le solénoïde.



1) Quelle est en O la direction du champ magnétique terrestre ?

2) Déterminer le champ magnétique $\vec{B_0}$ créé par le solénoïde et le champ magnétique résultant $\vec{B}$ sachant que l'intensité du champ terrestre est de 2.10^{-5} T

3) Déterminer le sens du courant électrique dans le solénoïde. Quelle est la face nord de ce dernier ?

4) Quelle est la nouvelle valeur de l'angle α quand I'=2I ?

Chpitre5 (7*) : les forces électromagnétiques-couplage électromécanique*(5h-7h*).

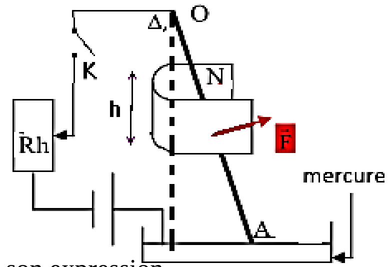
S.P: Christian Oersted (1777-1851) était professeur à l'université de Copenhague. Un problème se posait aux navigateurs de l'époque: la foudre faisait perdre le nord à leurs boussoles. Oersted réfléchissait au problème lorsqu'un jour, il eut l'idée d'improviser une expérience devant ses élèves.la boussole qu'il approcha devant un fil électrique (parcouru par un courant) se mit à bouger.il venait de prouver que les forces magnétiques et électriques sont intimement liées. Les élèves restèrent dubitatifs devant une telle expérience....aujourd'hui, Oersted est considéré comme le fondateur de l'électromagnétisme. l'électro-aimant fut inventé par les français François Argo (1786-1853) et André-Marie Ampère (1775-1836).

Quel phénomène physique intervient dans les appareils suivants : une gâchette électrique pour l'ouverture des portes, un magnétophone, un haut-parleur électrodynamique....?

I. Force électromagnétique.

1. activité :

Une tige de cuivre OA, de masse m = 8,3 g, homogène, de longueur L=30 cm, peut se mouvoir dans un plan vertic perpendiculaire au plan de la figure, passant par O. L'extrémité A plonge dans une cuve à mercure qui assure le contact électrique avec le reste du circuit. Sur une hauteur h = 3 cm, la partie centrale de la tige est placée dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme et parallèle à Δ, pointant vers le lecteur.



a) qu'observez-vous lorsqu'on ferme K. interpréter.
b) qu'observez-vous lorsqu'on change le sens du courant.
c) qu'observez-vous lorsqu'on augmente l'intensité I.
d) qu'observez-vous lorsqu'on diminuer la longueur de la partie de tige plongée dans le champ magnétique.
e) la force qui s'applique sur la partie de la tige s'appelle force magnétique. donner son expression.

2. exploitation:

a) lorsqu'on ferme K on observe que la tige roule ; donc la tige soumis à une force du au passage du courant dans la tige.
b) si on inverse le sens du I la tige roule dans le sens contraire. on déduit donc que le sens de la force dépend du sens du I.
c) lorsqu'on augmente I, la tige roule très vite. on déduit donc que l'intensité de la force augmente avec I.
d) si on diminuer la longueur de la partie plongée; la tige roule moins vite et vis-vers ça. on déduit donc que l'intensité de la force augmente avec la longueur de la partie plongée de la tige.
e) la partie de la tige plongée dans le champ magnétique subit une force appelée Force de Laplace son expression est donnée par la loi de Laplace (voir paragraphe suivant).

3. Loi de LAPLACE.

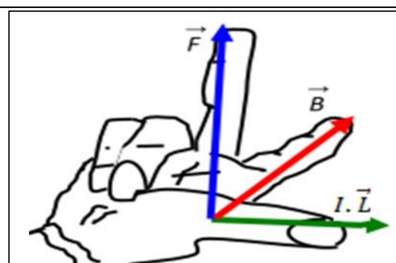
un conducteur rectiligne de longueur L parcouru par un courant d'intensité I placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ est soumis à la force de Laplace $\vec{F} = I.\vec{L}\wedge\vec{B}$;

le sens de $\vec{L}$ est celui du courant.la longueur L est la partie du conducteur qui est à la fois parcourue par le courant et plongée dans le champ magnétique $\vec{B}$.

la force de Laplace fait intervenir un opérateur mathématique appelé produit vectoriel (noté "^").

4. caractéristiques de la force de LAPLACE.

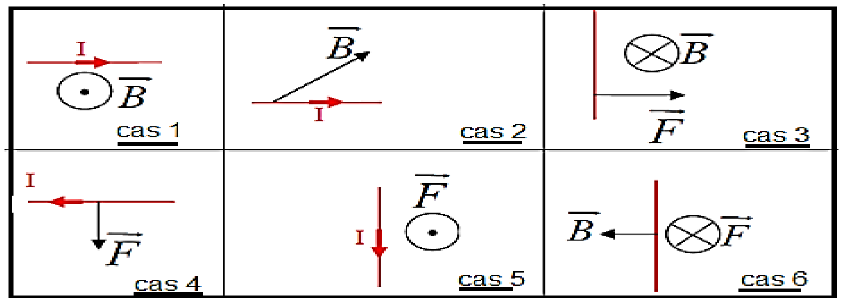
- ***point d'application*** : le milieu de la partie du conducteur plongée dans le champ magnétique.
- ***direction*** : perpendiculaire au plan $(\vec{L},\vec{B})$ $c'est-à-dire\ \vec{F}\perp(\vec{L},\vec{B})$.
- ***sens*** : tel que $(\vec{L},\vec{B},\vec{F})$ forme un trièdre direct (règle des trois doigts : règle d'orientation de l'espace).
- ***intensité ou norme***: $F = I.L.B|sin\alpha|$; avec $\alpha = (\vec{L},\vec{B})$,I en (A) L en(m) , B en(T) et F en (N).



règle des trois doigts

5. exercice d'application.

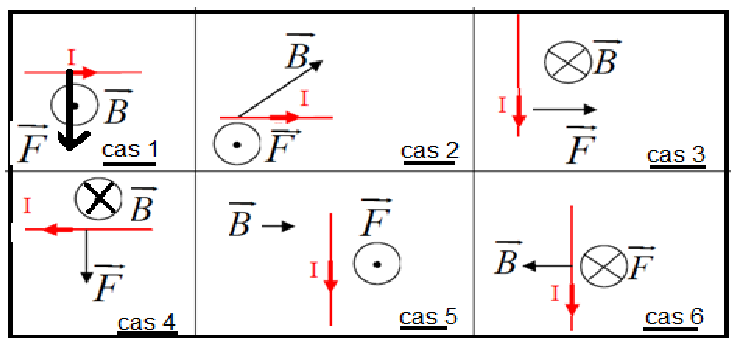
Représenter, dans chacun des cas suivants, le sens et la direction du courant électrique, du champ magnétique ou de la force de Laplace :



notation : ● si la fleche du vecteur vient vers nous on represente par ⊙
● si le contraire on represente par ⊗

solution :

En utilisant la règle des trois doigts on trouve :



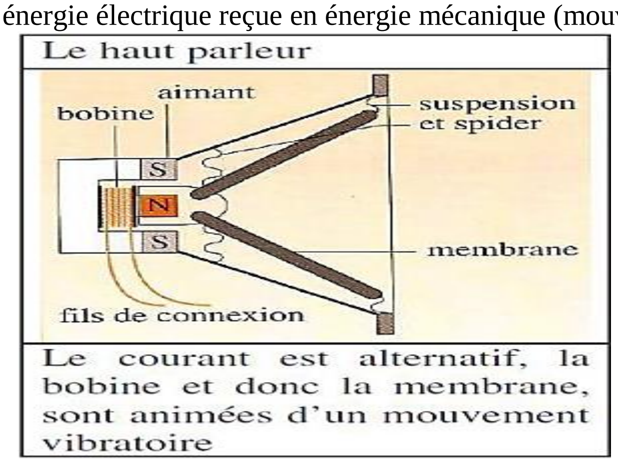
II. application de la force de Laplace.

1. Haut-parleur électrodynamique.

Le haut-parleur est une bobine solidaire d'une membrane M, placé à l'intérieur d'un aimant particulier, cet aimant crée un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ et radial ($\vec{B}$ parallèle au plan des spires).

La bobine qui reçoit une intensité électrique subit, en présence du champ magnétique, une force de Laplace qui la fait bouger et qui fait donc bouger la membrane. La membrane fait vibrer l'air ce qui produit le son.

Le Haut-parleur transforme l'énergie électrique reçue en énergie mécanique (mouvement vibratoire).



2. Moteur électrique alimenté par un courant continu.

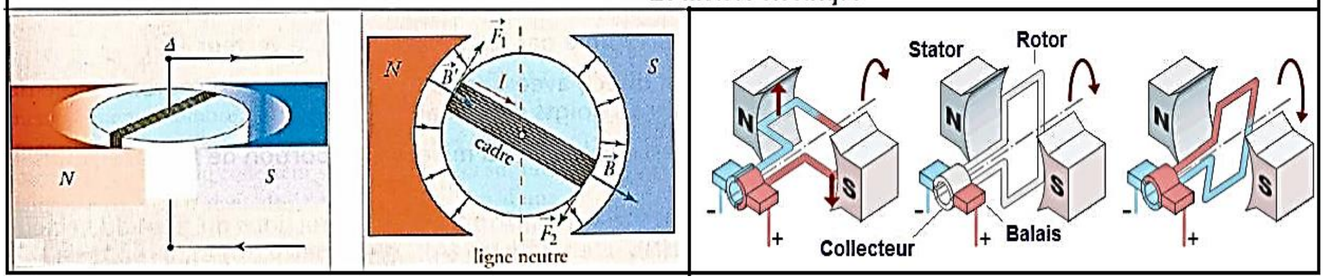
Un moteur électrique constitue principalement de deux parties :

- **le stator :** c'est la partie fixe, se constitue d'un aimant qui crée un champ magnétique radial à l'entrefer (l'intérieur du cylindre de fer).
- **le rotor:** c'est la partie mobile, se constitué d'une bobine (cylindre de fer susceptible de tourner librement autour de

son axe, enroulée en extérieure par un fil de cuivre), s'oriente suivant le champ magnétique crée par l'aimant fixe.

Pour comprendre le fonctionnement du moteur nous raisonnons sur une des spires (rectangulaire) de la bobine constituant le rotor. Le courant circule dans la spire mais dans deux sens opposés de chaque côté de la spire. Ainsi par interaction avec le champ magnétique crée par le stator, il se créé deux forces de Laplace qui tendent toutes deux à faire tourner la spire dans le même sens (création d'un couple).Pour que la spire puisse effectuer un tour complet, il faut inverser le courant dans la spire à chaque demi-tour. Cette inversion est réalisée par le collecteur. Les balais servent au transport du courant de la partie fixe à la partie mobile.

Le moteur électrique



III. couplage électromécanique*.

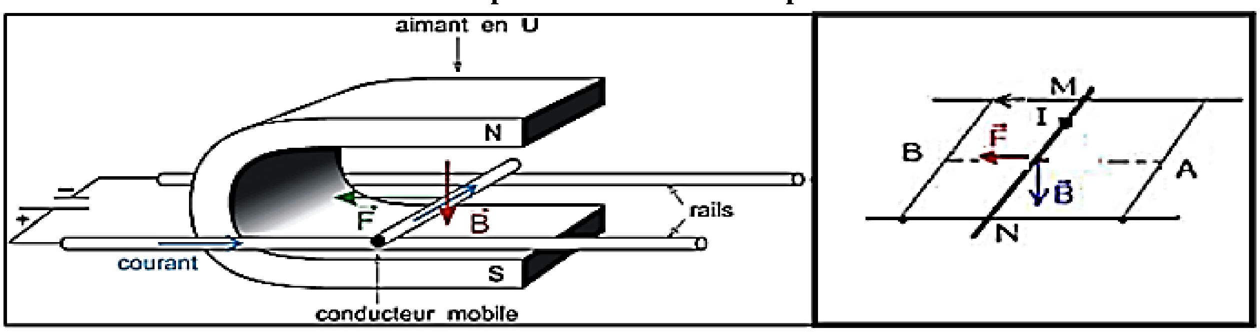
1. définition

Un couplage, c'est un transfert d'énergie entre deux systèmes.

Ici on parle de couplage électromécanique car on peut effectuer une conversion électrique-mécanique aussi bien qu'une conversion mécanique-électrique avec le même système (par exemple le moteur à courant continu).

2. travail de la force de Laplace.

Expérience des rails de Laplace :



lorsque la tige bouge de A à B ;la force de Laplace réalise un travail:$W_{A\to B}(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F.AB = I.l.B.d > 0$.

Donc le travail de la force de Laplace est moteur ;

Alors l'énergie fournie par le générateur se transforme en énergie mécanique reçue par la tige.cette transformation s'exprime par la relation : $E_g = E_m + E_f + E_{th}$;

Avec : E_g l'énergie électrique fournie par le génerateur,

E_m l'énergie mécanique qui apparait sous forme du travail de la force de Laplace,

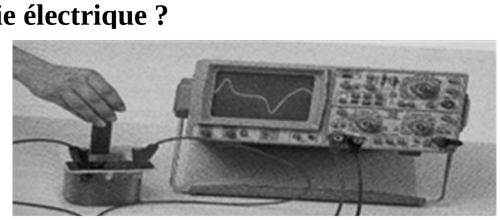
E_f l'énergie électrique dissipée par le frottement entre la tige et les rails ,

E_{th} l'énergie thermique dissipée par effet Joule dans la résistance des rails

3. est-il possible de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique ?

Expérience :

Quand on déplace un aimant devant une bobine, il apparaît une tension aux bornes de la bobine. Ce phénomène est utilisé pour produire une tension électrique.



Conclusion:

La mise en mouvement d'un aimant ou d'un électroaimant devant une bobine permet de convertir une partie de l'énergie mécanique associée au mouvement de l'aimant en énergie électrique.

- les moteurs électriques et les Haut-parleurs transforment l'énergie électrique reçue en énergie mécanique, on dit que ces appareils fonctionnent par le couplage électromécanique.

- le couplage électromécanique est un phénomène réciproque car il possible de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique (principe de fonctionnement de l'alternateur) et vis vers ça.

Exercice: **rails de Laplace**

Deux tiges de cuivre QR et ST constituent deux rails conducteurs horizontaux sur lesquels peut se déplacer une barre cylindrique MN qui ferme le circuit. Un aimant en U crée un champ magnétique $\vec{B}$.

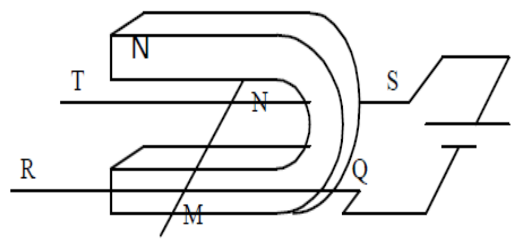
1) Le générateur à une f.e.m. de 6 V et la résistance totale du circuit est 2 W.

Quelle est la valeur de l'intensité I du courant qui traverse le circuit ?

2) Quelle est la particularité du champ magnétique entre les deux branches de l'aimant ? Donner la direction et les sens du vecteur champ magnétique entre les branches de l'aimant.

3) La valeur du champ magnétique est B = 0,05 T. La longueur MN est de 10 cm. On suppose que la barre est soumise sur toute sa longueur au champ magnétique. Donner les caractéristiques de la force (Force de Laplace) agissant sur la barre MN.

4) On intervertit les pôles de l'aimant. Que se passe-t-il ?



Optique	
CHAPITRE 1:conditions de visibilité d'un objet.	*CHAPITRE 3*: images données par une lentille mince convergente.
CHAPITRE 2: images données par un miroir plan.	*CHAPITRE 4*: quelques appareils optiques.

Chpitre1 : conditions de visibilité d'un objet (4h).

Chpitre2 : images données par un miroir plan (4h-6h*).

Chpitre3 : images données par une lentille mince convergente (6h-7h*).

Chpitre4 : quelques appareils optiques (6h)[sc.exp].