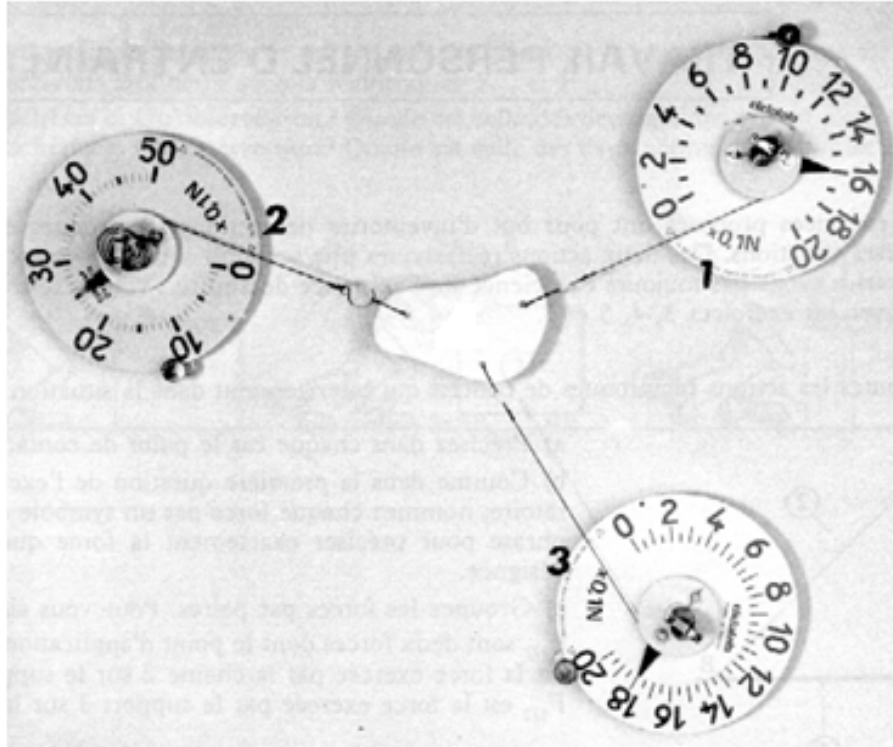


Unité 6 : Equilibre d'un corps solide soumis à l'action de trois forces non parallèles

توازن جسم صلب خاضع لثلاث قوى غير متوازية

I. Conditions d'équilibre d'un corps solide soumis à l'action de trois forces non parallèles

Une plaque de polystyrène légère (de poids négligeable) est soumise à l'action de trois forces par l'intermédiaire de trois fils tendus. Trois dynamomètres mesurent ces forces. (Voir ci-dessous)

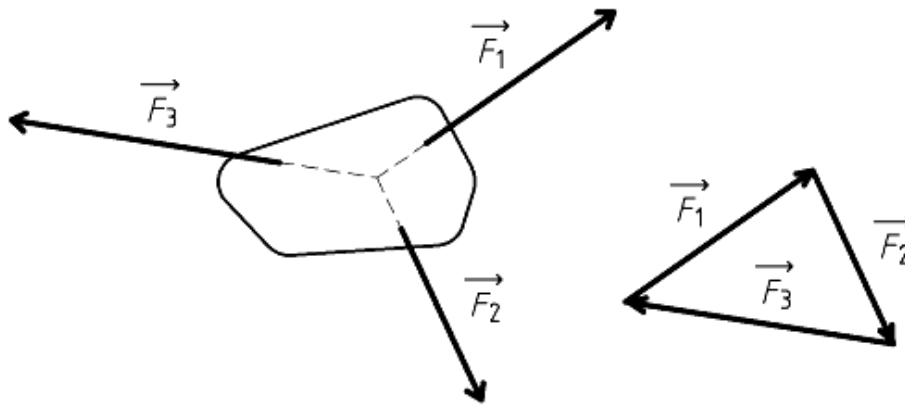


1. Faire inventaire les forces exercées sur le corps solide.
2. Représenter les forces sur la figure, en utilisant l'échelle suivante : $1\text{cm} \longrightarrow 4\text{N}$
3. Prolonger les supports (lignes d'actions) du forces, que observez-vous.
4. Tracer le polygone dynamique c-à-d la somme vectorielle des forces , que remarquez – vous.

Enoncée : Conditions d'équilibre d'un corps solide soumis à trois forces non parallèle.

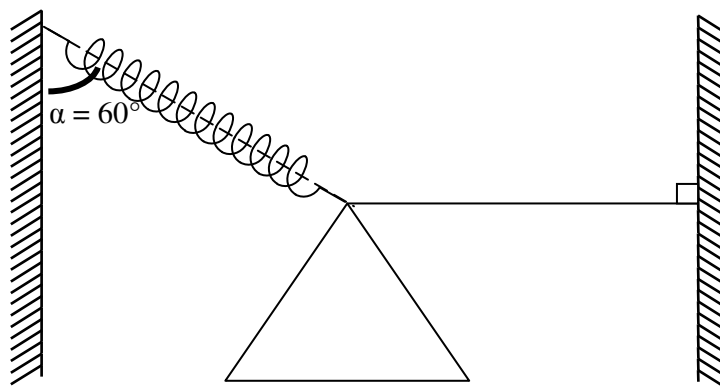
Si un système est soumis à trois forces non parallèles, alors :

- Les trois forces sont dans même plan on dit qu'ils sont coplanaires
- Les directions des trois forces se coupent en un même point ils sont concourantes en un même point.
- La somme des trois vecteurs représentant les forces est égale au vecteur nul. La construction graphique de cette somme se nomme triangle des forces, dynamique fermé ou encore polygone dynamique.



Exercice d'application

Une enseigne d'une boutique de masse $m = 800\text{g}$ est maintenue à l'équilibre par un câble fixé à un mur vertical et un ressort de constante de raideur $K = 50\text{N / Kg}$ fixé à un autre mur vertical. Voir la figure ci contre.



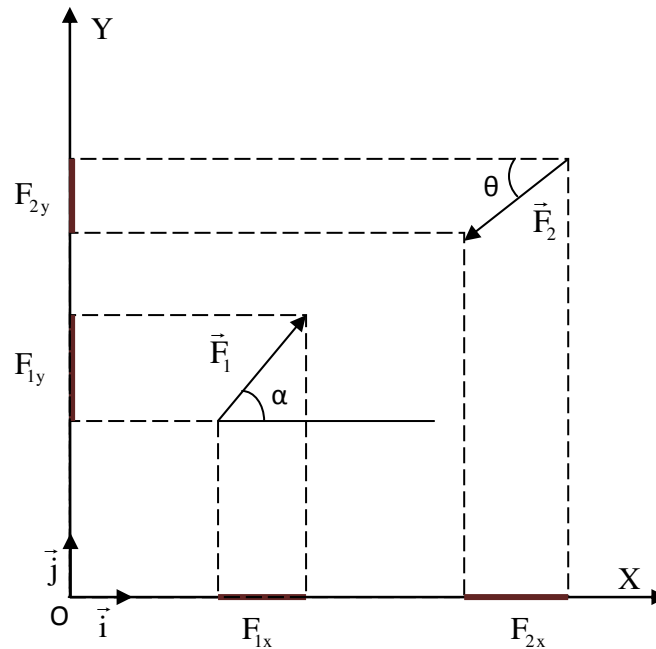
1. Quels sont les forces exercées sur l'enseigne de boutique.
2. En utilisant la construction géométrique (le polygone dynamique), déterminer la valeur de la tension du câble et celle du ressort.
3. Détermine l'allongement du ressort.

II. Application : réaction du support

1. Coordonnées de vecteur force (méthode analytique)

Considérons un repère orthonormé $R(O, \vec{i}, \vec{j})$.

On fait la projection des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ sur les axes de repère.



La projection de $\vec{F}_1$ donne les coordonnées cartésiennes F_{1x} et F_{1y} , on écrit : $\vec{F}_1 = F_{1x} \cdot \vec{i} + F_{1y} \cdot \vec{j}$ ou encore

$$\vec{F}_1 \begin{pmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j})} \quad \text{ou} \quad \vec{F}_1 \begin{vmatrix} F_{1x} \\ F_{1y} \end{vmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j})}$$

Relation entre F_{1x} (ou F_{1y}) avec F et l'angle α :

$$\sin \alpha = \frac{|F_{1y}|}{F} \quad \text{Or } F_{1y} \text{ est positif alors } \sin \alpha = \frac{F_{1y}}{F} \quad \text{donc } \boxed{F_{1y} = F \sin \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{|F_{1x}|}{F} \quad \text{Or } F_{1x} \text{ est positif alors } \cos \alpha = \frac{F_{1x}}{F} \quad \text{donc } \boxed{F_{1x} = F \cos \alpha}$$

La projection de $\vec{F}_2$ donne les coordonnées cartésiennes F_{2x} et F_{2y} , on écrit : $\vec{F}_2 = F_{2x} \cdot \vec{i} + F_{2y} \cdot \vec{j}$ ou encore

$$\vec{F}_2 \begin{pmatrix} F_{2x} \\ F_{2y} \end{pmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j})} \quad \text{ou} \quad \vec{F}_2 \begin{vmatrix} F_{2x} \\ F_{2y} \end{vmatrix}_{(\vec{i}, \vec{j})}$$

Relation entre F_{2x} (ou F_{2y}) avec F et l'angle α :

$$\sin \alpha = \frac{|F_{2x}|}{F} \quad \text{Or } F_{2x} \text{ est négatif alors } \sin \alpha = \frac{-F_{2x}}{F} \quad \text{donc } \boxed{F_{2x} = -F \sin \alpha}$$

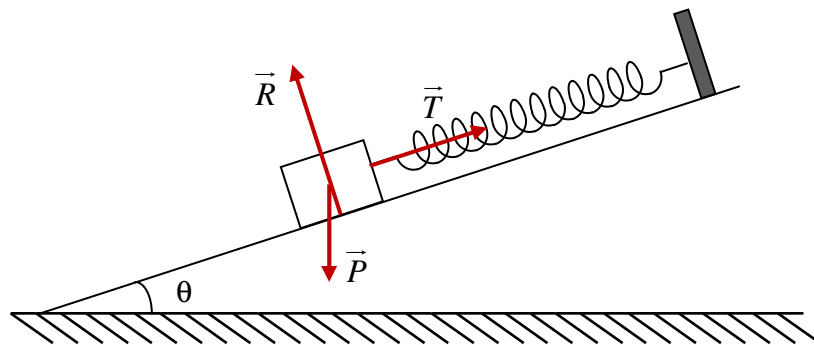
$$\cos \alpha = \frac{|F_{2y}|}{F} \text{ Or } F_{2y} \text{ est négatif alors } \cos \alpha = \frac{-F_{2y}}{F} \text{ donc } \boxed{F_{2y} = -F \cos \alpha}$$

La norme d'une force $\vec{F} = F_x \cdot \vec{i} + F_y \cdot \vec{j}$ est : $F = \|\vec{F}\| = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$

2. Equilibre d'un corps solide sur une surface en cas de frottement négligeable.

Considérons le cas expérimental suivant.

Un autoporteur est maintenu à l'équilibre sur une surface lisse (coussin d'air) inclinée faisant un angle 18° avec l'horizontal, par un ressort (dynamomètre) son l'autre extrémité est fixé à un support fixe (voir la figure). La valeur indiquée par le dynamomètre est 1N, on donne $g=10\text{N/Kg}$.



1. Quelles sont les forces appliquées sur l'autoporteur
2. En utilisant le polygone dynamique. Trouver les caractéristiques de la force de la réaction.
3. En utilisant la méthode analytique, trouver les caractéristique de la force de réaction.

Résumé : en cas d'absence de frottement la force de réaction exercée par une surface sur un corps solide en contact avec elle est perpendiculaire sur la surface vers le haut.

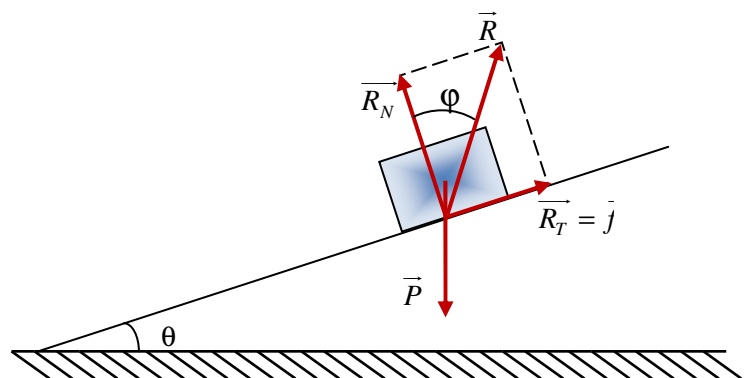
3. Equilibre d'un corps solide sur une surface en cas de frottement

Considérons le cas expérimental suivant :

Un corps solide en équilibre sur une surface rugueuse (contact avec frottement) inclinée d'un angle θ avec l'horizontal. Le corps reste en repos tant que l'angle θ est (soit) inférieur à un angle s'appelle angle critique ou encore l'angle de frottement statique ; notée φ_0 .

Le corps est soumis à deux forces, sont poids $\vec{P}$ et la réaction du plan incliné $\vec{R}$.

Le corps étant au repos, ces deux forces doivent être en équilibre (leur somme doit être nulle):



$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

On peut décomposer la réaction du plan incliné en une partie normale $\vec{R}_N$ et une partie tangentielle $\vec{R}_T$, qui est due au frottement : $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$

L'angle $\varphi = (\vec{R}, \vec{N})$ s'appelle l'angle de frottement

Si l'on augmente l'inclinaison (c-à-d augmenter θ) donc φ l'angle de frottement augmente, l'équilibre reste possible aussi longtemps que $\varphi < \varphi_0$, alors l'équilibre n'est plus possible, et le corps doit glisser. Il existe donc une valeur critique de l'inclinaison, c-à-d une valeur critique de l'angle de frottement s'appelle angle de frottement statique φ_0 .

On appelle coefficient de frottement la grandeur sans unité définie par : $K = \tan \varphi$

D'après le schéma précédente (en utilisant les composantes de $\vec{R}$) on écrit : $K = \tan \varphi = \left| \frac{R_T}{R_N} \right|$

On appelle coefficient de frottement statique la grandeur sans unité définie par : $K_0 = \tan \varphi_0$

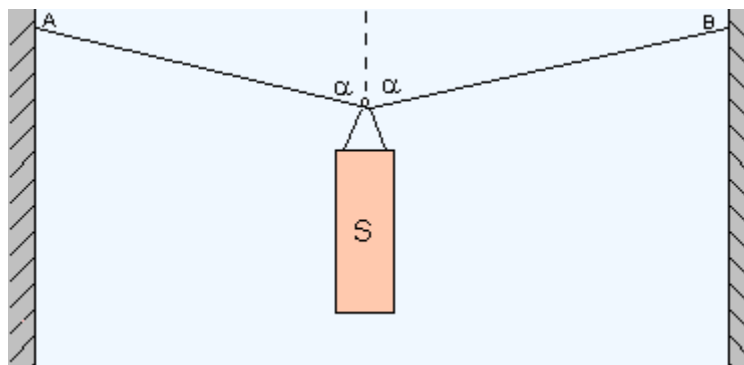
Exercice :

Dans tous les exercices, on prendra $g=9,81\text{N.kg}^{-1}$.

Solide suspendu:

Un objet S de masse $m=55\text{kg}$ est suspendu par deux câbles fixés sur un anneau. Les câbles sont fixés en deux points A et B situés sur la même horizontale. L'angle que fait la verticale de l'anneau avec chacun des deux câbles a pour mesure $\alpha=70^\circ$.

1. Quelles sont les forces exercées sur le système {objet S + anneau}?
2. Quelle relation existe-t-il entre ces vecteurs forces?
3. Déterminer les valeurs T_1 et T_2 des tensions des câbles.



Véhicule en mouvement rectiligne uniforme:

Un véhicule, de masse $m=1300\text{kg}$, roule à vitesse constante $V=90\text{km.h}^{-1}$ sur une route rectiligne et horizontale. L'ensemble des forces s'opposant à l'avancement est équivalent à une force unique, opposée au vecteur vitesse, de valeur $f=800\text{N}$.

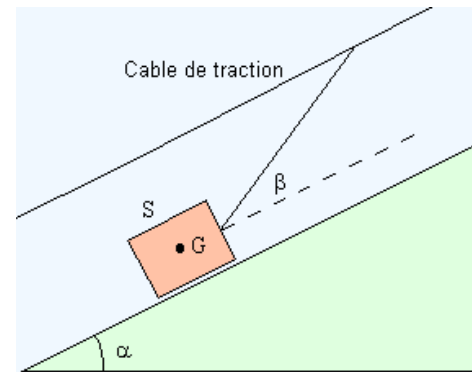
1. Déterminer la valeur de la force motrice développée par le moteur.
2. Le véhicule aborde, à présent, une côte formant un angle de 14° avec l'horizontale. Quelle doit être la nouvelle valeur de la force motrice si le conducteur maintient la même vitesse et que l'ensemble des forces s'opposant à l'avancement est toujours équivalent à une force unique, opposée au vecteur vitesse, de valeur $f=800\text{N}$?

Mouvement sur un plan incliné:

Un solide de masse $m=5\text{kg}$ glisse sans frottement sur un plan incliné d'angle $\alpha=15^\circ$ par rapport à l'horizontale. Il est entraîné à vitesse constante par un câble faisant un angle $\alpha=20^\circ$ avec la ligne de plus grande pente du plan incliné.

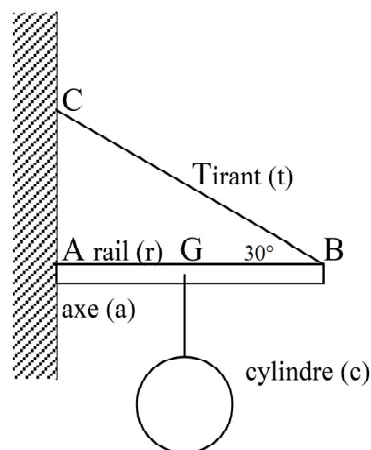
1. Déterminer la tension du fil de traction.
2. Déterminer la réaction du plan incliné.

Exercice :



Lors d'une opération de maintenance effectuée sur une repasseuse automatique, on doit sortir un cylindre d'acier dont la masse est $m_c = 300\text{ kg}$.

1. Calculer la valeur du poids p_{Pc} de ce cylindre. (On prendra $g = 10\text{ N/kg}$).
2. Le cylindre est soulevé à l'aide d'une potence à tirant constituée d'un rail (r) mobile autour d'un axe (a) maintenu horizontal par un tirant (t).
On se propose d'étudier l'équilibre du rail (r) lorsque le cylindre est situé sur la verticale passant par G. Ce rail est soumis à trois forces dont l'une est totalement déterminée et les deux autres partiellement définies :



$\vec{P}$: Poids total du rail et du cylindre

$\vec{F}_1$: Force exercée par le tirant sur le rail.

$\vec{F}_2$: Force exercée par l'axe sur le rail.

- Représenter le poids $\vec{P}$ de valeur 5 000 N sur le schéma 1 suivant.
- Déterminer sur le schéma 1, le point de concours I des droites d'action des trois forces puis tracer celle de $\vec{F}_1$
- Construire le dynamique des forces : $\vec{P} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ à partir du point O (schéma 2).
- Déterminer graphiquement les valeurs de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$. Echelle : 1 cm pour 1000 N.

Schéma 1

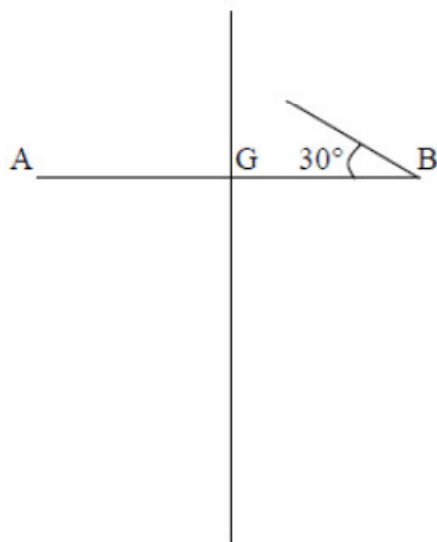


Schéma 2



Unité 7 : équilibre d'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe.

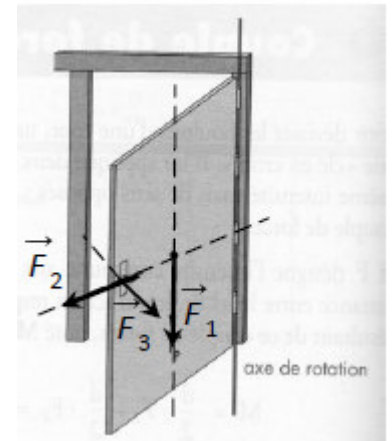
توازن جسم صلب قابل للدوران حول محور ثابت

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

1. Effet d'une force sur la rotation d'un corps solide mobile autour d'un axe fixe.

On exerce sur une porte ouverte 3 forces différentes

- la force $\vec{F}_1$ ne mis pas la porte en mvt de rotation car $\vec{F}_1$ a une direction parallèle à l'axe de rotation.
- La force $\vec{F}_2$ ne mis pas non plus la porte en mvt car la direction de $\vec{F}_2$ coupe l'axe de rotation.
- La force $\vec{F}_3$ provoque une rotation de la porte par ce que la direction de $\vec{F}_3$ et l'axe de rotation ni parallèle ni concourante



Nous admettrons que :

Lorsque la droite d'action de la force exercée sur un solide et son axe de rotation sont concourante ou parallèles, l'effet de rotation est nul.

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

Nous avons vu dans le paragraphe précédent, que l'efficacité d'une force d'être susceptible de mettre le solide en rotation dépend de l'intensité de la force et de la position de la droite d'action par rapport à l'axe de rotation.

Le moment d'une force traduit son efficacité à produire un effet de rotation du solide autour de cet axe.

Définition :

Le moment d'une force par rapport à un axe (Δ) est le produit de la valeur F de cette force et la distance d séparant la direction de la force et l'axe de rotation. Est notée $M_{(\Delta)}(\vec{F})$ est vaut :

$$M_{(\Delta)}(\vec{F}) = \pm F.d$$

Le moment de la force est une grandeur algébrique. Pour déterminer le signe de moment on choisi arbitrairement un sens positif de rotation se solide.

- $M_{(\Delta)}(\vec{F}) = + F.d$: si la force $\vec{F}$ exercée seule sur le solide le fait tourner dans le sens positif.
- $M_{(\Delta)}(\vec{F}) = - F.d$: si la force $\vec{F}$ exercée seule sur le solide le fait tourner dans le sens contraire du sens positif choisi.

II. Equilibre d'un solide susceptible d'être en mouvement de rotation autour d'un axe fixe.

1. Le théorème des moments

Lorsqu'un solide mobile autour d'un axe fixe est en équilibre, la somme algébrique des moments des forces qui agissent sur le solide est nulle : $\sum_i M_{(\Delta)}(\vec{F}_i) = 0$

2. Conditions d'équilibre

Lorsqu'un solide en rotation autour d'un axe fixe est en équilibre, deux conditions doivent être satisfaites.

- La somme vectorielle de forces est nulle $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$: immobilité du centre d'inertie
- La somme algébrique de moments est nulle $\sum_i M_{(\Delta)}(\vec{F}_i) = 0$: absence de rotation autour de l'axe.

III. Moment du couple de deux forces

1. Couple de deux forces

Lorsqu'un automobiliste veut faire tourner son véhicule, il exerce sur le volant un ensemble de deux forces opposées. L'ensemble de ces deux forces constitue un couple de forces.

Définition :

On appelle couple de forces l'ensemble de deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$, de même valeur F , de même direction, de sens contraire et de droites d'action différentes.

2. Moment d'un couple

2.1. Définition

Le moment M d'un couple de forces orthogonales à un axe de rotation Δ est le produit de la valeur commune F des deux forces par la distance d séparant les deux droites d'action.

$$M = \pm F.d$$

- M : moment du couple en N.m sera notée aussi $M_{\Delta}(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$
- F : intensité commune des deux forces qui constituent le couple en N
- d : distance séparant les droites d'action des deux forces en m

Remarque : le moment d'un couple ne dépend pas de la position de l'axe de rotation.

2.2. Couple et sens de rotation

Un couple tend à faire tourner un solide dans un sens donné.

Le moment d'un couple est une grandeur algébrique dont le signe dépend du sens de rotation choisi.

- Un couple qui tend à faire tourner le solide dans le sens positif choisi, a un moment positif : $M = F.d$ le moment est dit moteur
- Un couple qui tend à faire tourner le solide dans le sens contraire du sens positif choisi, a un moment négatif : $M = -F.d$ le moment est dit résistant.

Remarque : dans de nombreux cas, les forces qui sont à l'origine du couple sont difficiles à déterminer. Le couple est alors uniquement caractérisé par son moment. De tels couples sont appelés couples de forces réparties.

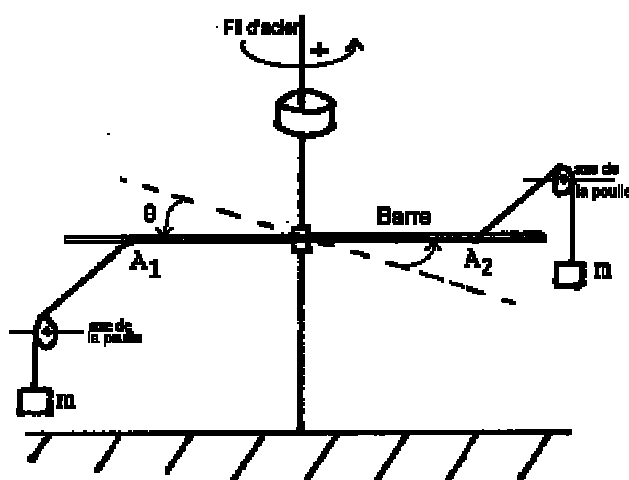
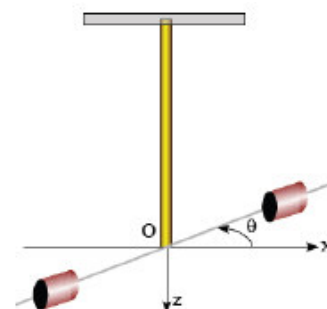
IV. Moment du couple de torsion

Un pendule de torsion est un solide suspendu à un fil métallique vertical, le centre de masse étant sur l'axe du fil métallique, l'autre extrémité du fil étant maintenue fixe dans un support.

Quand le solide tourne autour de l'axe du fil, celui-ci réagit à la torsion en exerçant des forces de rappel équivalentes à un couple dont le moment par rapport à l'axe est proportionnel à l'angle de torsion :

$$M_C = -C.\theta$$

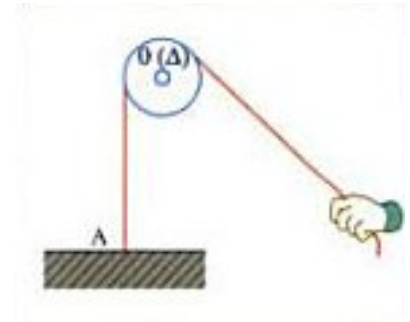
La constante C dite constante de torsion dépend de la longueur et du diamètre du fil et de la nature du matériau constituant le fil. Sa unité est N.m.rad^{-1} .



Exercices d'applications :

Exercice 1

Un fil de masse négligeable passe dans la gorge d'une poulie mobile autour d'un axe fixe (Δ) horizontal, passant par O. l'un des extrémités du fil est attaché en A, à un support, comme l'indique la figure ci-contre. Une main tire l'autre extrémité exerçant une force $\vec{F}$ dont l'intensité, à l'équilibre, est de 6N.

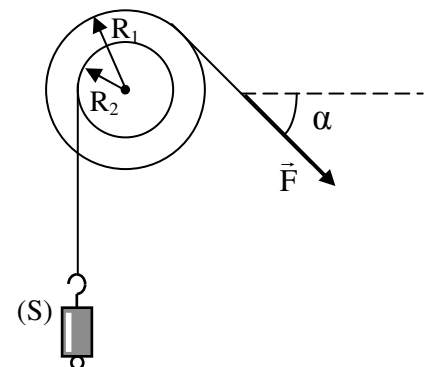


1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système constitué par le fil et la poulie, représenter le dispositif.
2. Pour chaque force, exprimer le moment par rapport à l'axe Δ
3. .
 - a. Ecrire la condition d'équilibre de rotation de la poulie.
 - b. En déduire l'intensité de la force $\vec{F}$ exercée par le support sur le fil au point A.

Donnée : le rayon de la poulie sera noté r

Exercice 2 :

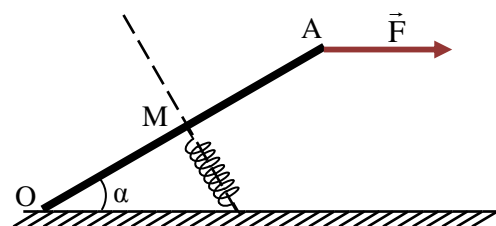
Une poulie différentielle de masse négligeable, à deux gorges de rayons respectifs R_1 et R_2 tel que $R_1 = 2R_2$ susceptible de tourner autour d'un axe fixe horizontal passant par son centre O. un fil de masse négligeable enroulé sur la gorge de rayon R_2 , supporte un objet S de masse $m=200g$. on mis la poulie en équilibre par un fil enroulé sur l'autre gorge est tendu par la force $\vec{F}$ incliné de $\alpha = 45^\circ$ par rapport à l'horizontale. On donne $g=10N/Kg$



1. Faire le bilan de toutes les forces qui s'exercent sur la poulie en équilibre.
2. Ecrire l'expression de moment de chaque force par rapport à l'axe de rotation (Δ).
3. appliquant le théorème des moments, déterminer l'intensité F pour réaliser l'équilibre.
4. Déterminer les caractéristiques de la réaction de l'axe de rotation.

Exercice 3 :

Une pédale d'accélérateur OA de poids négligeable de longueur ℓ tourne autour d'un axe fixe horizontale passant par O. on exerce une force $\vec{F}$ à l'extrémité A de valeur $F = 20N$. la pédale est en équilibre quand le ressort fixé en son milieu M prend une direction qui lui est perpendiculaire, la pédale fait un angle $\alpha=30^\circ$ avec l'horizontale à l'équilibre.



1. Faire inventaire les forces exercent sur la pédale.
2. Appliquant le théorème des moments, déterminer l'expression de la valeur de tension de ressort en

fonction de F et α . Calculer-la.

- Déduire la constante de raideur de ressort sachant que l'élongation soit $\Delta \ell = -8\text{cm}$.
- Déterminer les caractéristiques de la réaction de l'axe de rotation sur la pédale.

Exercice 4 :

Une tige homogène de longueur l et de poids $\vec{P}$ est mobile autour d'un axe horizontal Δ perpendiculaire à cette tige en son milieu O . On applique à l'extrémité A une force $\vec{F}_1$ perpendiculaire à la tige et à l'extrémité B une force $\vec{F}_2$ verticale. $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ sont toutes deux orthogonales à Δ (figure 1).

- Calculer les moments des forces exercées sur la tige par rapport à Δ .

Données numériques : $\alpha = 30^\circ$, $l = 10\text{ cm}$, $P = 1\text{ N}$, $F_1 = 1\text{ N}$, $F_2 = 3\text{ N}$

- Calculer les moments des forces exercées sur la tige par rapport à un axe de rotation passant par le point B .

- Déterminer dans quel sens tourne la tige T lorsque l'axe de rotation passe par le point B .

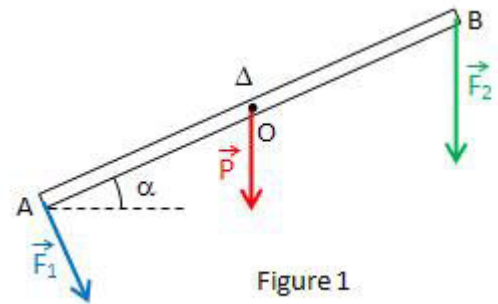


Figure 1

Exercice 5 :

Une poutre dont le poids est $P = 100\text{N}$ et dont la longueur est $\ell = 1,0\text{m}$ supporte une charge dont le poids est $P_1 = 300\text{N}$ à son extrémité droite. Un câble relié à un mur maintient la poutre en équilibre. (figure 2)

- Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la poutre.
- Quelle doit être la tension du câble pour assurer l'équilibre de la poutre ?
- Quelles sont les composantes (horizontale et verticale) de la force exercée par le mur sur la poutre ?

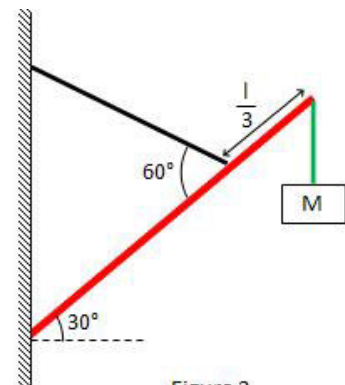
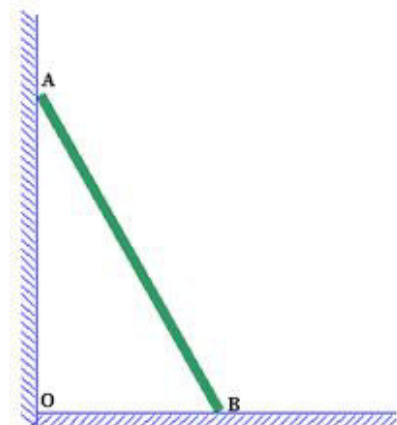


Figure 2

Exercice 6 :

Une barre homogène AB de longueur $l = 2\text{ m}$ est en équilibre comme l'indique la figure. Les points O , A et B sont dans un même plan vertical. La barre fait un angle $\alpha = 40^\circ$ avec le mur vertical qui est lisse. La masse de la barre est $m = 10\text{ kg}$. On prendra $g = 10\text{ N.kg}^{-1}$

- Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la barre.
- Énoncer les conditions d'équilibre de la barre.
- Représenter les forces qui s'exercent sur la barre.
- On suppose que la barre est susceptible d'être en mouvement de



rotation autour d'un axe passant par B. En utilisant le théorème des moments, calculer l'intensité de la force exercée en A par le mur sur la barre.

5. Calculer l'intensité de la force exercée en B par le sol sur la barre.

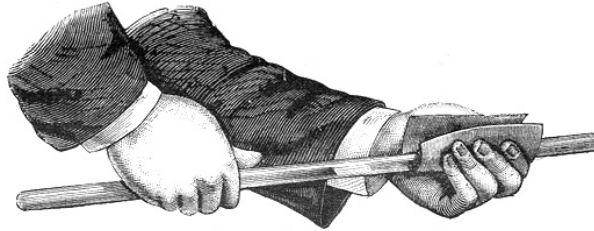
Partie II : Electricité

Unité 1 : courant électrique continue

I. Courant électrique

1. Electrification par frottement

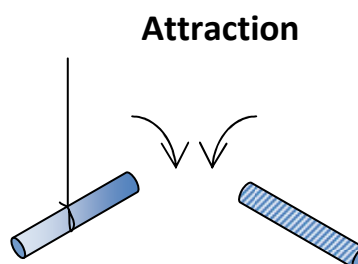
a. Expérience



On fait frotter deux bâtons de verre avec un morceau de soie et on rapproche l'une de l'autre fig.1, et on répète la même expérience en remplaçant le verre par l'ébonite (fig.2).



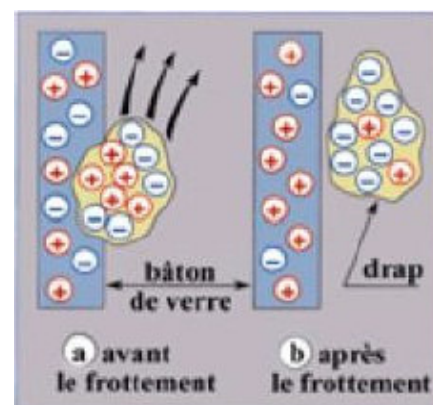
On approche un bâton d'ébonite électrisé à un bâton de verre suspendue



- Le frottement a modifié les propriétés de la surface de matière et il est devenu électrisée ou chargée d'électricité.
- Il existe deux sortes d'électricité : l'électricité qui apparaît sur le verre et celle qui apparaît sur le bâton d'ébonite.

b. Les deux types d'électricité et leurs interactions mutuelles.

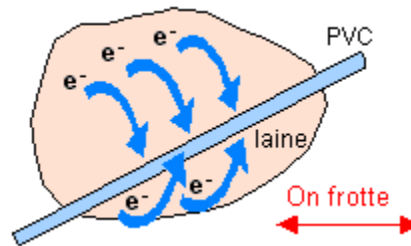
- Par convention, l'électricité qui apparaît sur le bâton verre est notée positivement (+) et celle qui apparaît bâton d'ébonite est notée négativement (-).
- Deux corps qui portent des charges électriques de signe se repoussent.
- Deux corps qui portent des charges électriques de contraires s'attirent.



de
sur le
même
signes

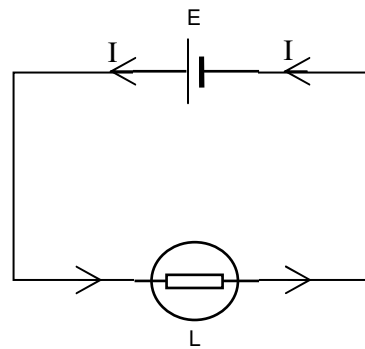
c. Explication de phénomène d'électrisation par frottement.

- Un atome est constitué d'un noyau chargé positivement et d'électrons chargé négativement.
- Lors de frottement le bâton d'ébonite arrache des électrons à la laine ou la soie et la laine arrache des électrons au bâton de verre.



2. Sens conventionnel de courant électrique

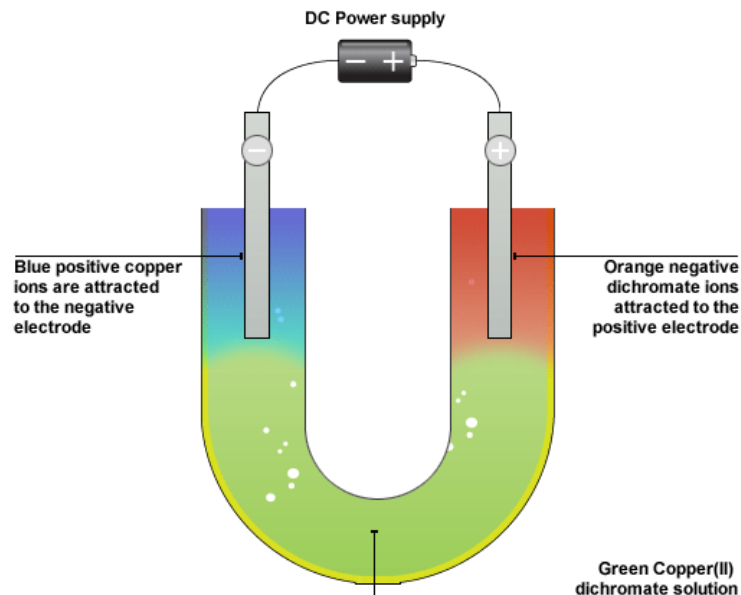
- Le courant électrique est le déplacement des charges électriques.
- Le courant circule dans un circuit électrique fermée de la borne positive vers la borne négative à l'extérieur du générateur (le pile)
- Représentation du sens conventionnelle du courant :



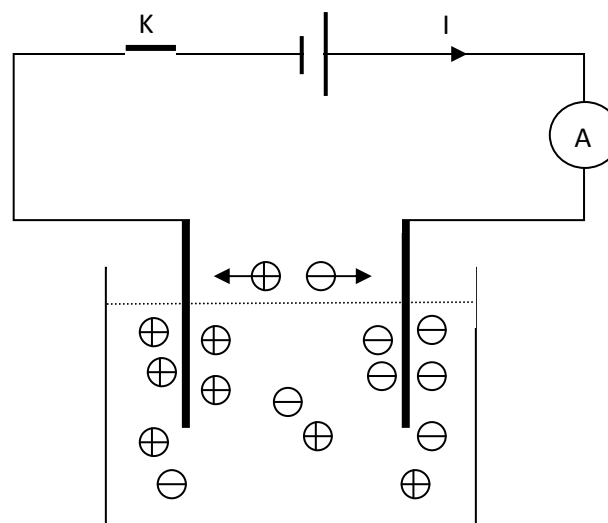
3. Nature du courant électrique dans les électrolytes

Définition : toute substance (comme le sel chlorure de sodium ou sulfate de cuivre) conductrice du courant quand est à l'état liquide ou en solution. Autrement dit, il s'agit de substances chimiques ayant la capacité de se dissocier en ions quand il est mis en solution.

L'électrolyte contient des ions positifs (cations) et des ions négatifs (anion).



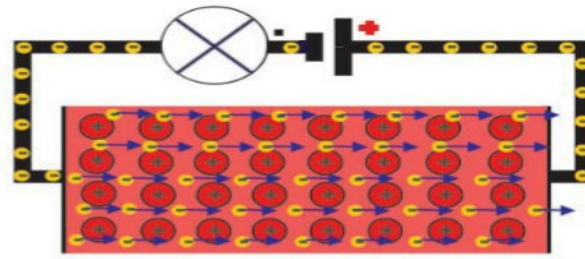
- Les ions positifs se déplacent vers l'électrode liée à la borne négative du générateur appelée cathode.
- Les ions négatifs se déplacent vers la deuxième électrode liée à la borne positive du générateur appelée anode.
- La circulation du courant est assurée par la double migration des ions. Les cations déplacent en sens conventionnel du courant et les anions en sens contraire.
- Les ions sont les porteurs mobiles de charges électriques.



4. Nature du courant dans les conducteurs métalliques.

Le courant électrique dans les conducteurs solides est dû à un mouvement d'ensemble d'électrons mobiles (appelés électrons de conduction) présents dans ces conducteurs.

Les électrons se déplacent en sens contraire que ce de courant électrique.



II. Mesure du courant électrique

1. Quantité d'électricité.

Les porteurs mobiles des charges électriques sont les ions et les électrons.

La quantité d'électricité Q (grandeur positive) est la valeur absolue de charges électriques déplacées par les porteurs mobiles des charges.

Elle est définie par la relation $Q = |q| = N \cdot \alpha \cdot e$

N : Le nombre de porteurs de charge

α : Le nombre de charge élémentaire pour chaque porteur de charge

e : La charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

L'unité de Q est le Coulomb notée C

Exercice d'application : calculer la quantité d'électricité des ions Cl^- et Al^{3+} dans les deux cas suivantes :

- Pour un ion
- Pour la quantité de matière $n=1,5 \text{ mol}$ d'ions.

2. L'intensité du courant électrique.

L'intensité du courant électrique est le quotient de la quantité d'électricité qui travers une section S de conducteur par la durée Δt de passage.

L'intensité se désigne par la lettre I et son unité est l'ampère A

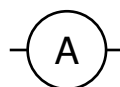
$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

3. Mesure de courant électrique

Le courant électrique est mesuré à l'aide des appareils appelés ampèremètres.

Il y a deux types d'appareils : ampèremètre à aiguille et ampèremètre numérique ou multimètre (ou AVOmètre).

Symbole normalisé d'un ampèremètre :



Pour mesurer l'intensité du courant qui circule dans une branche de circuit électrique on branche l'ampèremètre en série avec l'appareil électrique. Le courant doit pénétrer l'ampèremètre par sa borne positive.

Pour éviter de détériorer l'ampèremètre. On a intérêt à le brancher sur le plus grand calibre. Il ne faut pas oublier de baisser le calibre, si possible, pour obtenir un affichage suffisamment précis.

Le plus petit calibre qui nous permet de faire la mesure fournit la valeur la plus précise.

3.1. Mesure par ampèremètre analogique ou à aiguille

a- Lecture sur l'ampèremètre

L'intensité du courant mesurée par l'ampèremètre est : $I = \frac{C \times n}{n_0}$

avec ;

C : calibre utilisé

n : nombre de divisions correspondant l'intensité mesurée

n_0 : nombre de divisions de cadran

Le calibre C correspond la valeur maximale de l'intensité de courant mesuré par l'ampèremètre.

b- L'incertitude absolue

L'incertitude absolue d'un ampèremètre est déterminée par la relation

suivante : $\Delta I = \frac{C \times \text{classe}}{100}$

C : calibre utilisé

Classe est une donnée technique de constructeur indiqué sur l'appareil.

On peut présenter l'intensité du courant mesuré par l'écriture suivante : $(I_{\text{mesuré}} \pm \Delta I)(A)$ ou

$$I_{\text{mesuré}} - \Delta I \leq I \leq I_{\text{mesuré}} + \Delta I$$

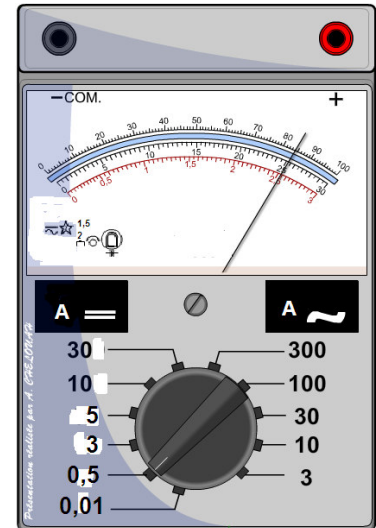
c- L'incertitude relative ou précision de mesure

Définie par le quotient : $\frac{\Delta I}{I}$ (à multiplier par 100 pour l'avoir en pourcentage)

Exercice : d'après le schéma d'ampèremètre précédente ; déterminer :

- L'intensité du courant mesuré.
- L'incertitude absolue.
- La précision de mesure.

2.2. Ampèremètre numérique



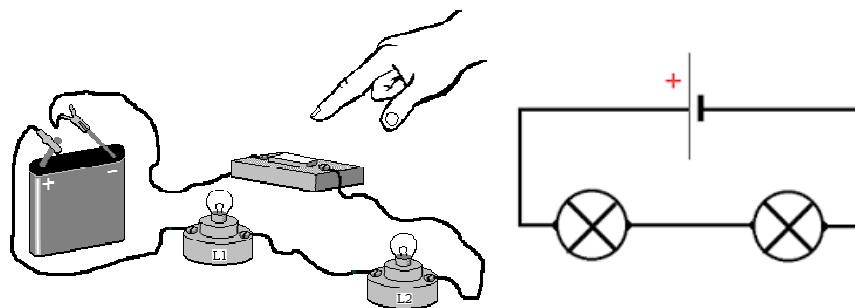


III. Propriétés du courant électrique

1. Montage en série

Le montage en série est le montage où tous les dipôles sont branchés les uns à la suite des autres.

Dans un circuit en série, l'intensité du courant est la même dans tous les composants électriques qui le constituent (y compris le générateur)



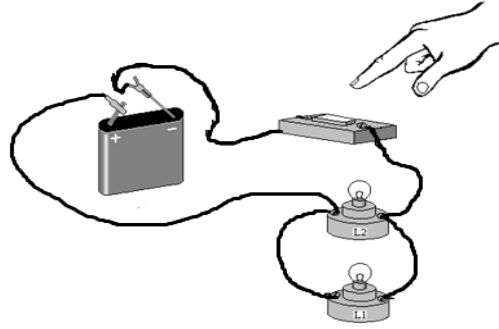
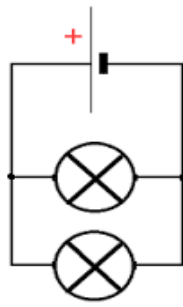
Lois d'unicité de l'intensité:

L'intensité du courant est la même en tout point d'un circuit série.

2. Montage en dérivation

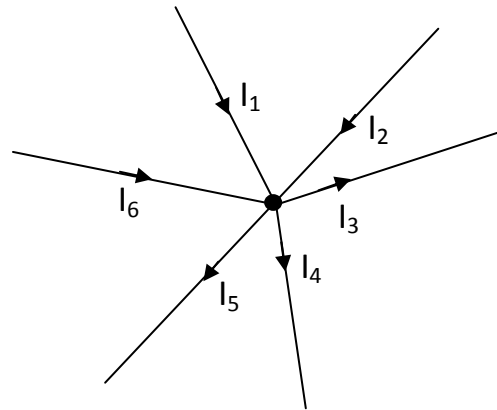
On dit qu'un circuit est en dérivation si tous les dipôles (ou séries de dipôles) sont branchés en dérivation.

Un circuit en dérivation peut être distingué d'un circuit en série car il comporte toujours au moins deux boucles.

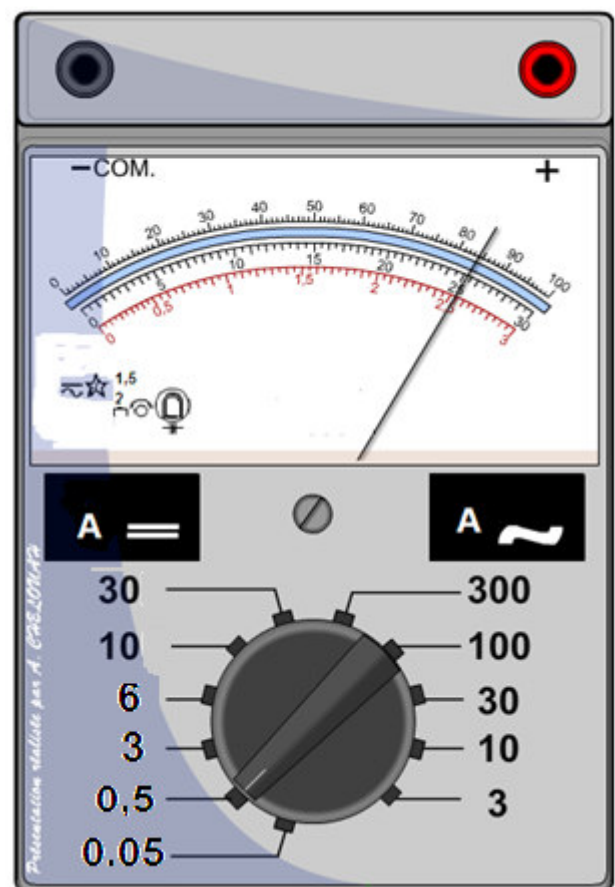
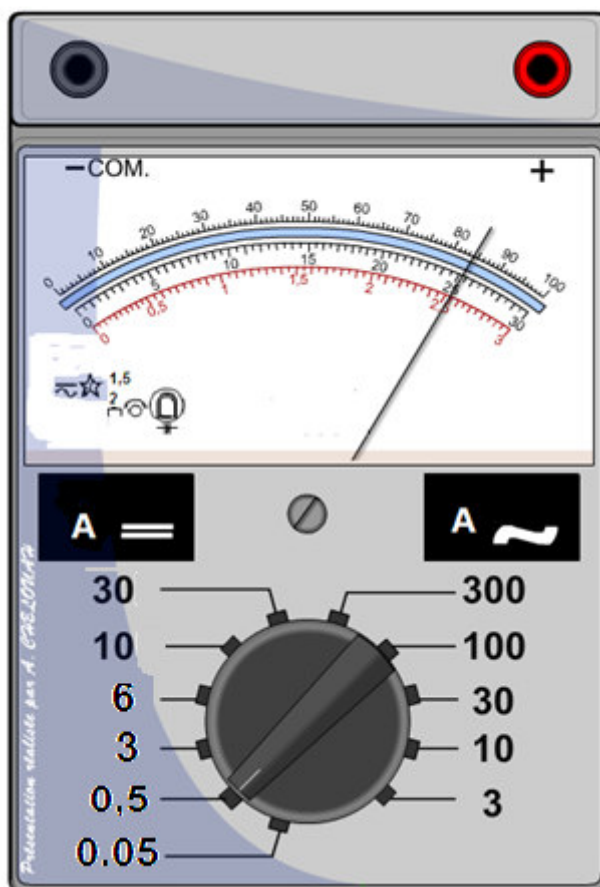
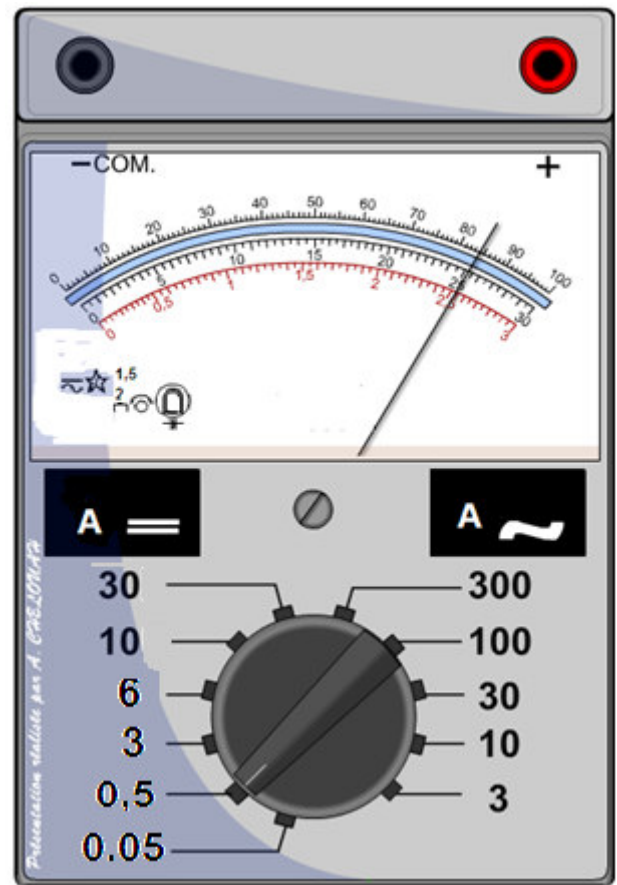
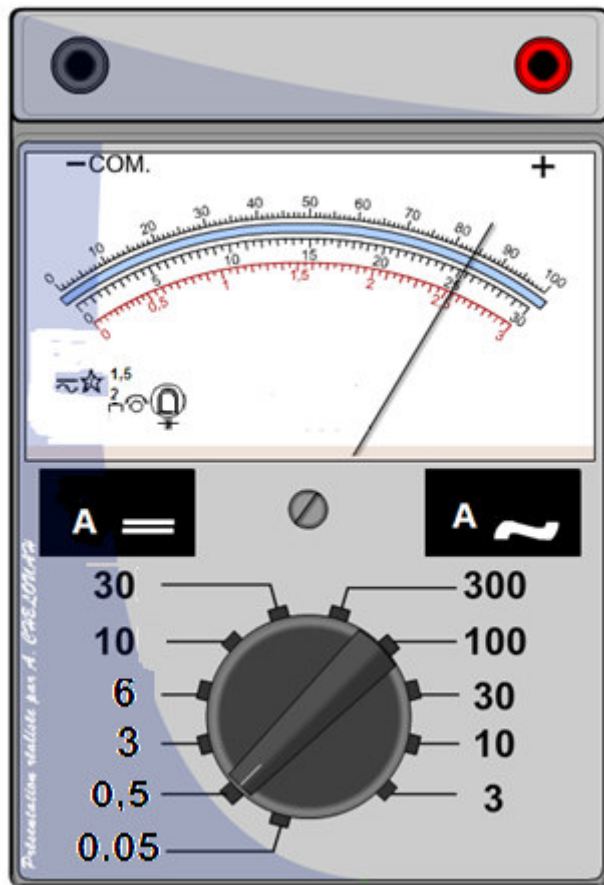


Loi de nœuds

La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui partent : $\sum I_{\text{arrive}} = \sum I_{\text{part}}$



$$I_1 + I_2 + I_6 = I_3 + I_4 + I_5$$



Unité 2 : la tension électrique

I. Tension électrique

1. Notion de tension électrique

Pour quoi le courant électrique circule dans la branche électrique de la borne A vers la borne B

Explication : la circulation de courant électrique d'un point A vers un autre B est à cause de l'asymétrie (ou dissymétrie) électrique entre A et B (le point A est plus haut électriquement que B). la différence de niveau électrique entre A et B est s'appelle **la tension électrique**.

La tension électrique aux bornes A et B d'un dipôle est notée U_{AB} . Elle est représentée par une flèche allant de B vers A.

La tension est une grandeur algébrique (positive ou négative) : $U_{AB} = - U_{BA}$

L'unité de mesure d'une tension est **le Volt** noté V.

2. Tension électrique et la différence de potentiel

Un niveau électrique est appelé potentiel électrique noté V, et s'exprimé en volt.

La tension électrique est la différence de potentiel entre deux points, nous écrivons : $U_{AB} = V_A - V_B$

V_A : Potentiel électrique en A.

V_B : Potentiel électrique en B.

$$U_{BA} = V_B - V_A = -U_{AB}$$

3. La masse d'un circuit électrique

La masse, dans un circuit électrique, est la branche (un point ou ensemble de points de même potentiel) de référence des potentiels électriques.

Dans la majorité des cas, le potentiel électrique de cette branche est la référence 0V du circuit considéré.

La masse de circuit est représentée par la lettre M ou par le symbole



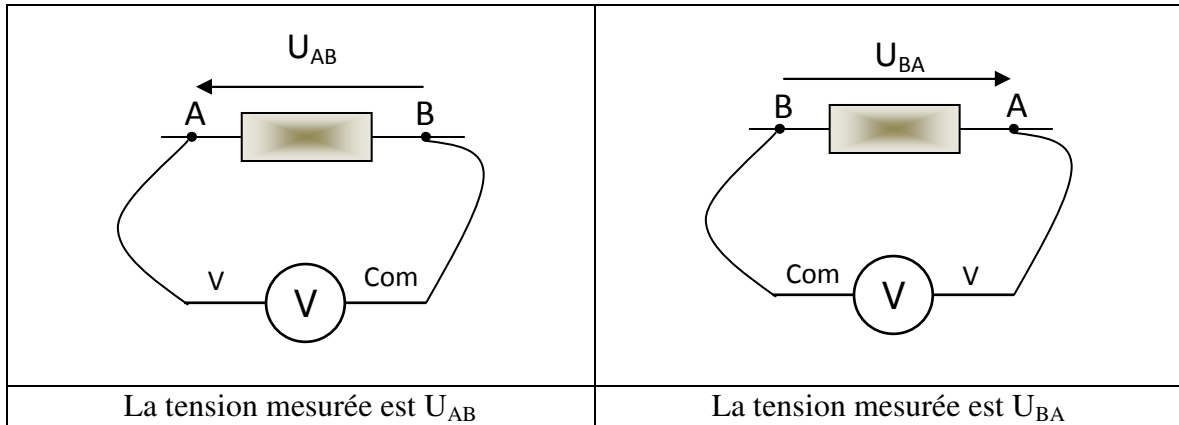
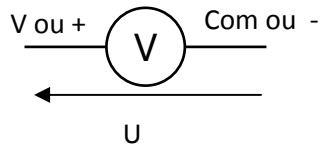
II. Mesure de tension électrique

1. Utilisation de voltmètre

Les appareils servant à mesurer une tension sont le voltmètre ou le multimètre.

Pour mesurer la tension entre deux point A et B, on branche le voltmètre en dérivation (en parallèle) par rapport au dipôle dont on mesure la tension.

Le voltmètre est représenté par le symbole normalisé :



a. Voltmètre à aiguille ou analogique



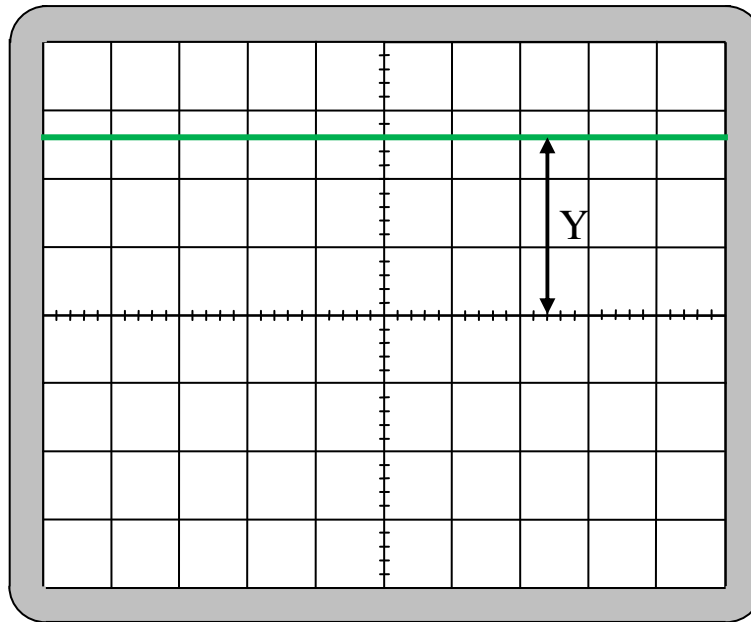
➤ Lecture sur un voltmètre à aiguille : $U = \frac{C \times n}{n_0}$

- C : le calibre utilisé pour mesurer la tension
- n : Division de déviation de l'aiguille ou de lecture.
- n_0 : Le nombre de division de cadran de lecture

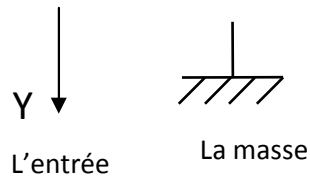
- L'incertitude relative ou précision de mesure : est le rapport $\frac{\Delta U}{U}$

- 1- Donner la valeur de U
- 2- Calculer l'incertitude relative
- 3- Devant quelle division X et Y s'arrêterait l'aiguille si on choisissait le calibre 15V ou le calibre 150V.

S_V ou S_Y : la sensibilité verticale de l'oscilloscope en Volt/div.



L'oscilloscope est représenté par le symbole suivant :



La tension mesurée par l'oscilloscope entre l'entrée Y et la masse est dirigée de la masse vers l'entrée



L'oscilloscope est un instrument de mesure destiné à visualiser une tension électrique continue ou variable au cours du temps, et de déterminer ses caractéristiques.

La sensibilité verticale est l'échelle de l'axe des ordonnées représentant la tension. Elle s'exprime en volt/division.

La sensibilité horizontale ou vitesse de balayage est l'échelle de l'axe du temps (l'axe des abscisses). Elle s'exprime en seconde/division.

III. Propriétés de la tension

1. Tension aux bornes du fil de connexion.

La tension aux bornes du fil de connexion est nulle.

En réalité la tension aux bornes du fil de connexion est infiniment petit et ça ce qui explique la circulation du courant dans le fil de connexion.

2. Montage en série

Loi d'additivité des tensions :

La tension aux bornes d'un ensemble de récepteurs (dipôles) branchés en série correspond à la somme des tensions de chacun entre eux.

3. Montage en dérivation

Loi d'unicité des tensions

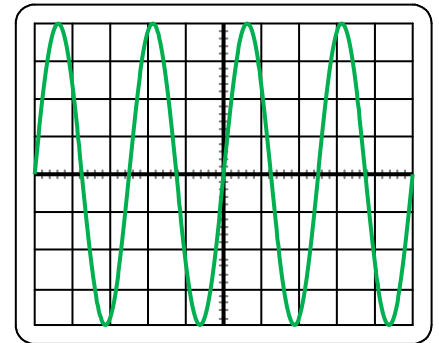
Lorsque les récepteurs sont branchés en dérivation la tension à leurs bornes est la même.

IV. Les tensions alternatives

1. Tension alternative sinusoïdale

Une tension alternative est une tension variable qui prend alternativement deux valeurs limites l'une positives et l'autre négatives.

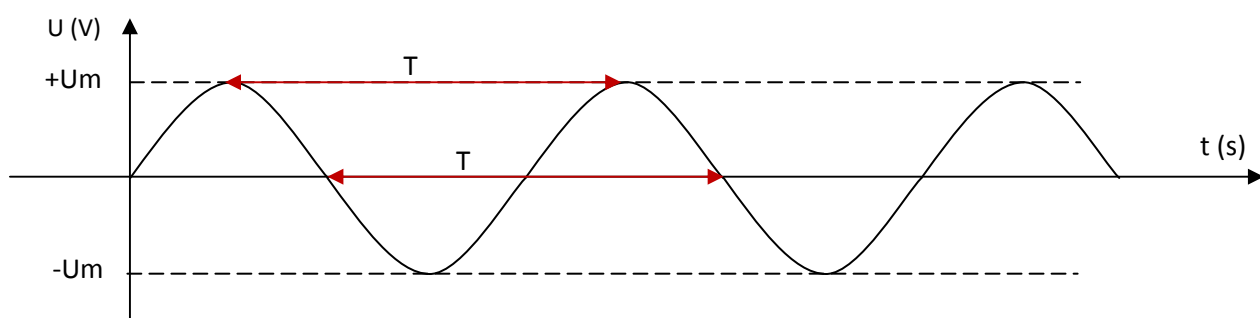
La tension alternative sinusoïdale est toute tension alternative se décrivant par une fonction sinus.



a. Période et fréquence

La tension périodique est une tension électrique qui se reproduit de manière identique après des laps de temps égaux.

- La période d'un signal alternatif est la plus petite durée au bout de laquelle le signal se reproduit de manière identique. Elle s'exprime en seconde s , et est notée T .
- La fréquence d'un signal périodique alternatif correspond au nombre de périodes par seconde. Elle est notée f ; et s'exprime en Hertz (Hz).
- La fréquence s'obtient par la relation : $f = \frac{1}{T}$



b. Tension maximale et tension efficace

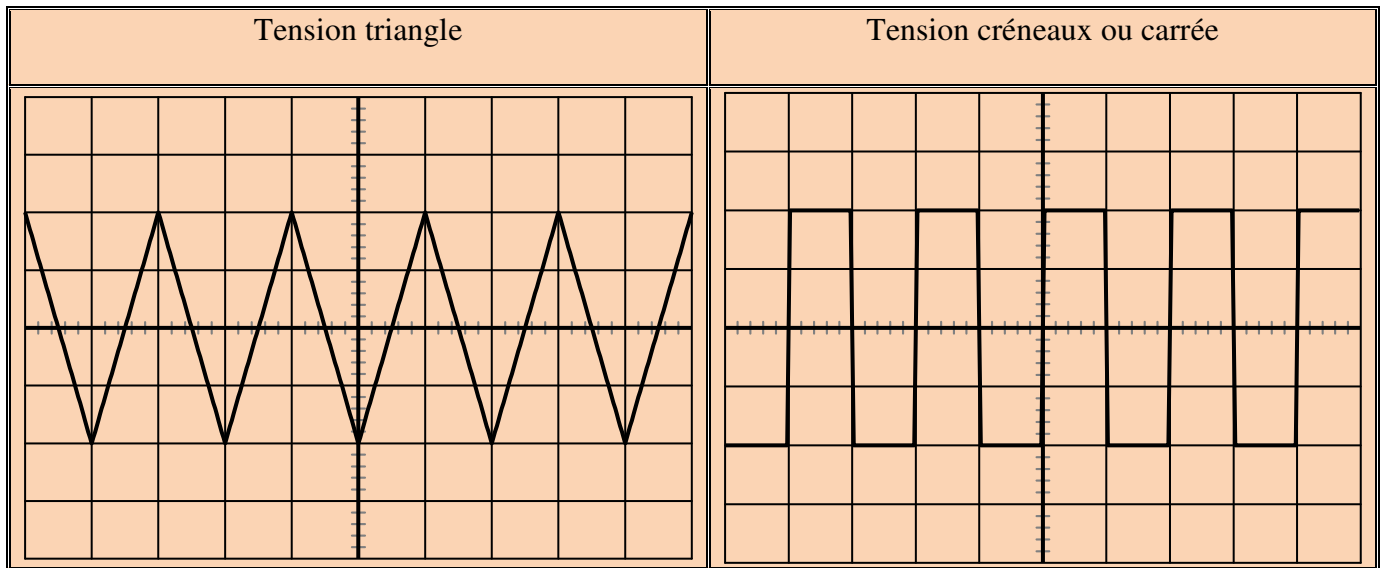
- ✓ Tension maximale ou amplitude : c'est la valeur maximale de la tension. On la note U_m . Elle s'exprime en volt : $U_m = Y_m \times S_v$
 Y_m : Nombre de division correspond l'amplitude.
- ✓ Tension efficace : est la valeur de la tension continue qui produit un échauffement identique. Valeur de la tension continue produisant les mêmes effets sur les récepteurs que la tension variable.

La tension efficace d'une tension sinusoïdale notée U_e ou U_{eff} est liée à la tension maximale U_m

par la relation : $U_e = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

Un voltmètre en mode (AC) donne directement la valeur de la tension efficace.

2. Autres tensions alternatives (variables)



Unité 1 : Association des conducteurs ohmiques

تجميع الموصلات الأومية

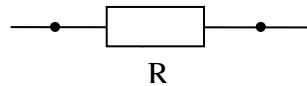
I. Conducteur ohmique

1. Définition du conducteur ohmique

Le conducteur ohmique (résistor ou résistance) est un dipôle passif caractérisé par une grandeur physique s'appelle la résistance, notée R .

L'unité de la résistance d'un conducteur ohmique en SI est OHM notée Ω .

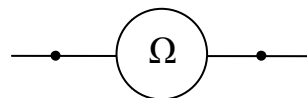
Le symbole normalisé utilisé en électricité pour représenter un conducteur ohmique est le suivant:



2. Comment déterminer la valeur de ma résistance d'un conducteur ohmique.

a) Mesure à l'ohmmètre.

L'ohmmètre est l'appareil de mesure permettant de déterminer la valeur de la résistance. Il suffit de le brancher aux bornes du conducteur ohmique dont on veut connaître la résistance. Le symbole électrique d'un ohmmètre est le suivant :

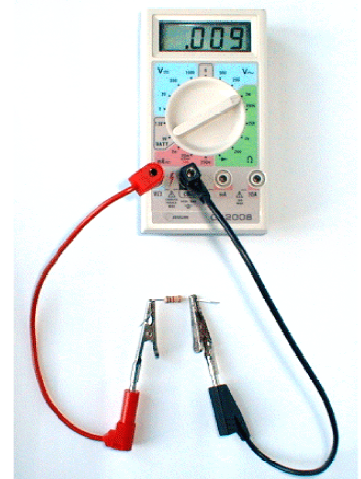


b) Utilisation du code des couleurs

Il est possible de déterminer la valeur de la résistance d'un conducteur ohmique en utilisant les anneaux de couleur disposés sur celui-ci par les fabricants.

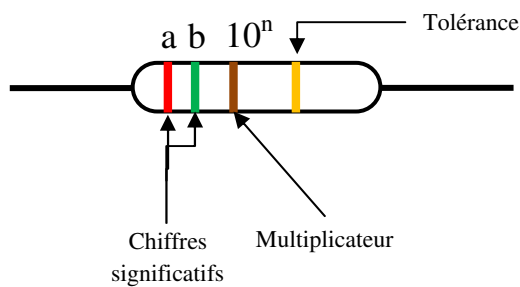
Tout d'abord il faut placer la résistance devant-soi comme l'indique le schéma ci-contre avec les 3 anneaux colorés à gauche :

- Les deux premiers anneaux indiquent les deux premiers chiffres significatifs de la valeur de la résistance.
- Le troisième anneau indique le multiplicateur.
- Le quatrième anneau (soit or soit argent) apporte une



Code des couleurs des résistances			
CHIFFRES SIGNIFICATIFS	MULTIPLICATEUR	TOLÉRANCE	COEFF. DE TEMP. 10°/K
	Argent : x 0,01 Ω	Argent : $\pm 10 \%$	
	Or : x 0,1 Ω	Or : $\pm 5 \%$	
Noir : 0	x 1 Ω		± 200
Marron : 1	x 10 Ω	$\pm 1 \%$	± 100
Rouge : 2	x 100 Ω	$\pm 2 \%$	± 50
Orange : 3	1 k Ω		± 15
Jaune : 4	10 k Ω		± 25
Vert : 5	100 k Ω	$\pm 0,5 \%$	
Bleu : 6	1 M Ω	$\pm 0,25 \%$	
Violet : 7	10 M Ω	$\pm 0,1 \%$	
Gris : 8			
Blanc : 9			

indication sur la précision de la valeur de la résistance. Elle est donnée en pourcentage par le fabricant.



$$R = ab \cdot 10^n \pm \text{Tolérance}$$

Exemples :

Résistance	Anneau 1	Anneau 2	Anneau 3	R
R_1	Marron	Gris	Marron	$R_1 = 18 \cdot 10^1 \Omega = 180 \Omega$
R_2	Rouge	Bleu	Vert	$R_2 = 23 \cdot 10^5 \Omega = 2,3 \text{ M}\Omega$
R_3	Jaune	Noir	Orange	$R_3 = 40 \cdot 10^3 \Omega = 40 \text{ K}\Omega$

3. Loi d'Ohm

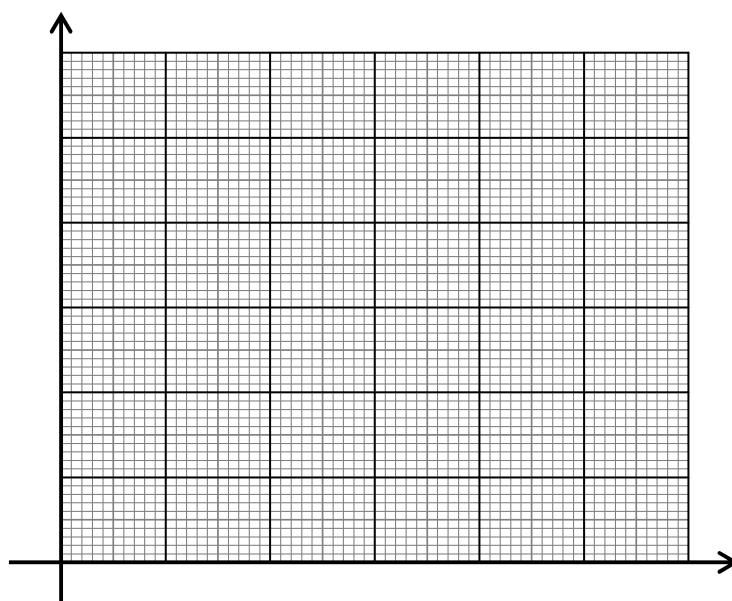
On réalise le montage ci-contre avec un générateur 0 – 15 V et un conducteur ohmique de résistance $R = \dots\dots$

On fait varier la tension aux bornes du générateur et pour chaque valeur de la tension U aux bornes du conducteur ohmique, on relève l'intensité I du courant électrique qui le traverse.

Tableau de mesure expérimentale :

I (mA)									
U (V)									

Pour illustrer les valeurs de mesures expérimentales on trace le graphe $U=f(I)$



Observer le graphe et déduire ?

On observe que le graphe obtenu est linéaire (droite passe par l'origine du repère).

On dit que la tension aux bornes d'un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse.

L'équation de la droite est : $U = k.I$

Tel que k est la constante de proportionnalité ou coefficient directeur de la droite.

Déterminer k ?

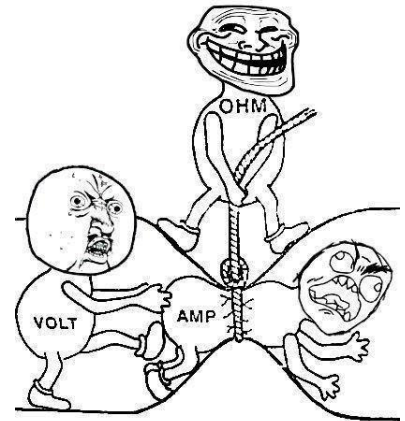
$$k = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

On observe que : $k = R$

L'équation de la droite s'écrit comme suite : $U = R.I$, cette relation s'appelle loi d'OHM d'un conducteur ohmique et le graphe s'appelle la caractéristique du conducteur ohmique.

Définition de loi d'OHM :

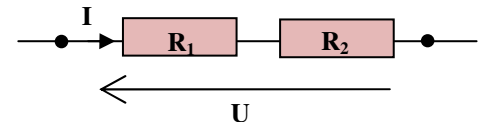
La tension U aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance R est égale au produit de la résistance R par l'intensité du courant I qui le traverse : $U = R.I$



II. Association des conducteurs ohmiques

1. Association en série

On considère deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 montés en série. La tension aux bornes de chaque conducteur ohmique est $U_1 = R_1 . I$ et $U_2 = R_2 . I$; ils sont les deux traversés par courant de même intensité I .



La loi d'addition des tensions nous permet d'écrire que la tension aux bornes de deux conducteurs ohmiques est $U = U_1 + U_2$

$$U = R_1 . I + R_2 . I = (R_1 + R_2) . I$$

Le conducteur ohmique équivalent de résistance R , est tel que, lorsqu'on applique la même tension U à ses bornes il est traversé par un courant de même intensité I .

On a donc : $U = R.I = (R_1 + R_2) . I$;

Par identification, on voit que la résistance du conducteur ohmique équivalent à des conducteurs ohmiques en série est :

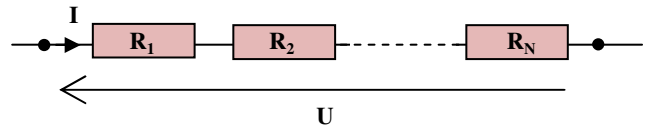
$$R = R_1 + R_2$$

Généralisation

Le dipôle équivalent à N conducteurs ohmiques branchés en série est un conducteur ohmique sa résistance R est égale à la somme des résistances de ces conducteurs ohmiques.

$$R = \sum_{i=1}^N R_i$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_N$$



2. Association en parallèle ou dérivation

On considère deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 montés en parallèle. L'intensité du courant dans la branche principale (AB) est I. chaque conducteur est traversé par un courant d'intensité différente I_1 et I_2 .

Les dipôles étant montés en parallèle, ils ont tous la même tension U à leurs bornes.

On peut écrire alors : $U = R_1 \cdot I_1$ et $U = R_2 \cdot I_2$

La loi des nœuds nous permet d'écrire : $I = I_1 + I_2$

$$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot U$$

Le conducteur ohmique équivalent est tel que, lorsqu'on applique la même tension U à ses bornes, il est traversé par un courant de même intensité I. On a donc : $I = \frac{1}{R} \cdot U = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot U$

La résistance du conducteur ohmique équivalent à deux conducteurs ohmique en parallèle est

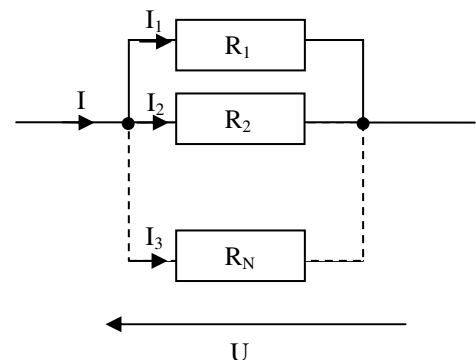
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Généralisation :

Le dipôle équivalent à l'association de N conducteur ohmique branchés en dérivation de résistances $R_1 ; R_2 ; \dots ; R_N$ est un conducteur ohmique de résistance R telle que :

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{R_i}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_N}$$



III. Diviseur de tension

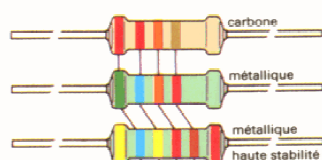
Le montage diviseur de tension (ou potentiométrique) permet d'obtenir une tension de sortie U_s réglable de 0 à une valeur maximale U_0 .

1. Montage diviseur de tension par deux conducteurs ohmiques

2. Montage diviseur de tension par rhéostat.
 - a. Rhéostat

 - b. Montage diviseur de tension par rhéostat

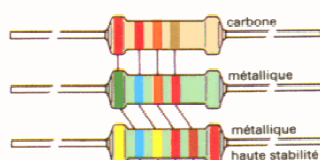
RESISTANCES



Chiffres Significatifs	Multipliateur	Tolérance	Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 20 %	± 50
3	x 10 Ω	± 1 %	± 15
4	x 100 Ω	± 2 %	± 25
5	x 1 k Ω	± 5 %	± 0,5 %
6	x 10 k Ω	± 0,5 %	± 10
7	x 100 k Ω	± 0,25 %	± 5
8	x 1 M Ω	± 0,1 %	± 0,05 %
9	x 10 M Ω	± 20 %	± 1

RTC

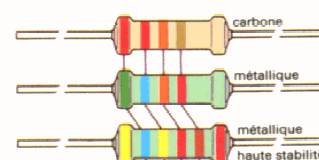
RESISTANCES



Chiffres Significatifs	Multipliateur	Tolérance	Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 20 %	± 50
3	x 10 Ω	± 1 %	± 15
4	x 100 Ω	± 2 %	± 25
5	x 1 k Ω	± 5 %	± 0,5 %
6	x 10 k Ω	± 0,5 %	± 10
7	x 100 k Ω	± 0,25 %	± 5
8	x 1 M Ω	± 0,1 %	± 0,05 %
9	x 10 M Ω	± 20 %	± 1

RTC

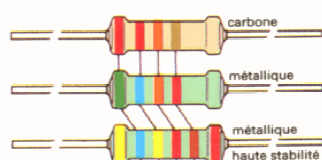
RESISTANCES



Chiffres Significatifs	Multipliateur	Tolérance	Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 20 %	± 50
3	x 10 Ω	± 1 %	± 15
4	x 100 Ω	± 2 %	± 25
5	x 1 k Ω	± 5 %	± 0,5 %
6	x 10 k Ω	± 0,5 %	± 10
7	x 100 k Ω	± 0,25 %	± 5
8	x 1 M Ω	± 0,1 %	± 0,05 %
9	x 10 M Ω	± 20 %	± 1

RTC

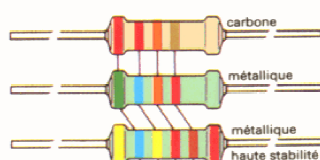
RESISTANCES



Chiffres Significatifs	Multipliateur	Tolérance	Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 20 %	± 50
3	x 10 Ω	± 1 %	± 15
4	x 100 Ω	± 2 %	± 25
5	x 1 k Ω	± 5 %	± 0,5 %
6	x 10 k Ω	± 0,5 %	± 10
7	x 100 k Ω	± 0,25 %	± 5
8	x 1 M Ω	± 0,1 %	± 0,05 %
9	x 10 M Ω	± 20 %	± 1

RTC

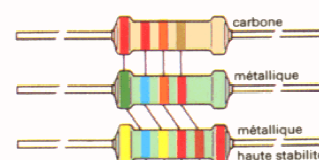
RESISTANCES



Chiffres Significatifs	Multipliateur	Tolérance	Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 20 %	± 50
3	x 10 Ω	± 1 %	± 15
4	x 100 Ω	± 2 %	± 25
5	x 1 k Ω	± 5 %	± 0,5 %
6	x 10 k Ω	± 0,5 %	± 10
7	x 100 k Ω	± 0,25 %	± 5
8	x 1 M Ω	± 0,1 %	± 0,05 %
9	x 10 M Ω	± 20 %	± 1

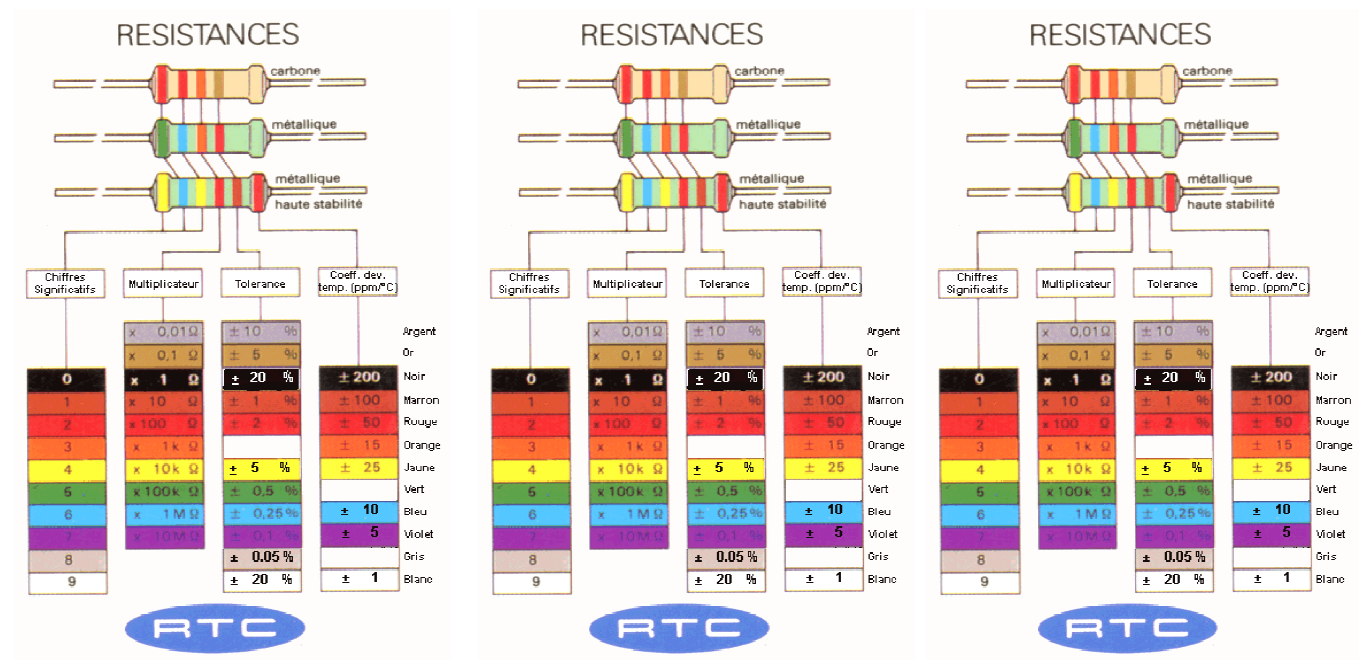
RTC

RESISTANCES



Chiffres Significatifs	Multipliateur	Tolérance	Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 20 %	± 50
3	x 10 Ω	± 1 %	± 15
4	x 100 Ω	± 2 %	± 25
5	x 1 k Ω	± 5 %	± 0,5 %
6	x 10 k Ω	± 0,5 %	± 10
7	x 100 k Ω	± 0,25 %	± 5
8	x 1 M Ω	± 0,1 %	± 0,05 %
9	x 10 M Ω	± 20 %	± 1

RTC



Unité : caractéristique d'un générateur – caractéristique de récepteur –
point de fonctionnement

مميزة مولد – مميزة مستقبل – نقطة الاشتغال