Plan de cours de TCSI option français

Partie de mécanique

Unité 1 : gravitation universelle

Unité 2 : exemples d'actions mécaniques

Unité 3 : le mouvement

Unité 4 : principe d'inertie

Unité 5 : équilibre d'un corps solide soumis à deux forces : applications

Unité 6 : équilibre d'un corps solide soumis à trois forces non parallèles

Unité 7 : équilibre d'un corps solide en rotation autour d'un axe fixe

Partie d'électricité

Unité 1 : courant électrique continu

Unité 2 : tension électrique

Unité 3 : association des conducteurs ohmiques

Unité 4 : caractéristiques de quelques dipôles passifs

Unité 5 : caractéristique d'un générateur – caractéristique d'un récepteur – point de fonctionnement

Unité 6 : le transistor

Unité 7 :l'amplificateur opérationnel

Partie de chimie

Unité 1 : les espèces chimiques

Unité 2 : extraction, séparation et identification des espèces chimiques

Unité 3 : synthèse des espèces chimiques

Unité 4 : modèle de l'atome

Unité 5 : géométrie de quelques molécules

Unité 6 : classification périodique des éléments chimiques

Unité 7 : la mole – quantité de matière

Unité 8 : concentration molaire

Unité 9 : transformations chimiques (réactions chimiques)

Unité 1 : Gravitation universelle
التجاذب الكوني

I. Echelle de distances

En physique ou en chimie, le résultat d'une mesure ou d'un calcul s'exprime le plus souvent avec une unité. On écrira par exemple que la masse d'un clou est m=5,4g, que la longueur de ce clou et ℓ=85mm, que l'intensité d'une force est F=4N…. ces grandeurs sont de nature différentes, m est une masse, ℓ est une longueur, F est une force.

On ne peut comparer que des grandeurs de même nature : deux masses, deux longueurs, deux forces…

Pour comparer les grandeurs de même nature, il est judicieux d'exprimer ces deux grandeurs dans la même unité et d'écrire l'expression numérique du résultat en notation scientifique.

1. Ordre de grandeur

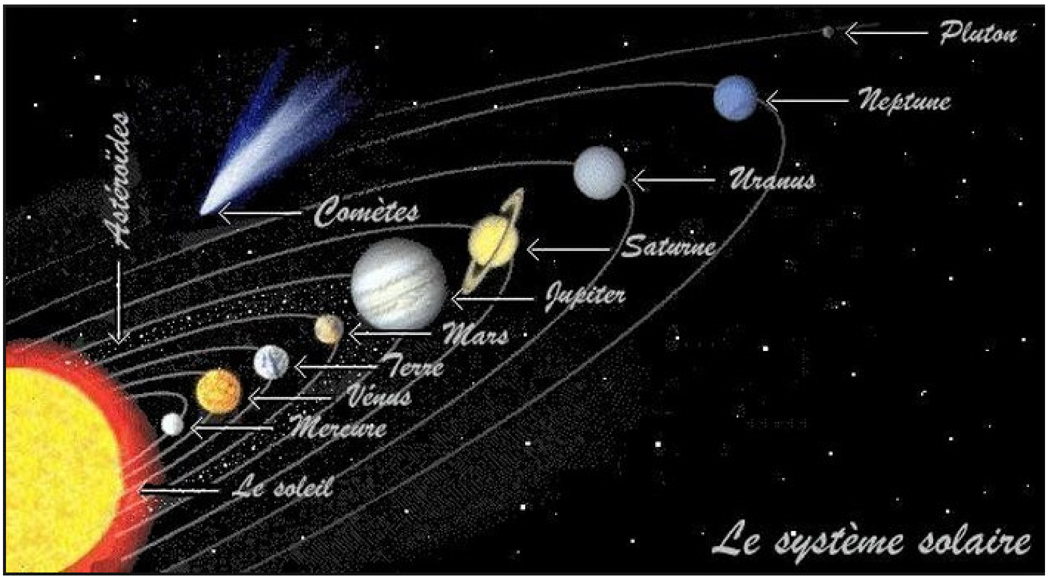
- La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme du produit : $a.10^n$
  Avec a nombre décimal $1 \leq a < 10$ et n, entier positif ou négatif.
- L'ordre de grandeur d'un nombre est la puissance de 10 la plus proche de ce nombre.

- Si $1 \leq a < 5$: l'ordre de grandeur est égal à 10^n
- Si $5 \leq a < 10$: l'ordre de grandeur est égal à 10^{n+1}

Exemple : écrire les dimensions suivantes sous la forme $a.10^n$, puis en déterminer l'ordre de grandeur.

- Largeur de porte de classe : 1,20 m
- Taille de fourmi : 4 mm
- Hauteur de silo de hassane : 180 m
- Altitude de montagne de toubkal : 4.16 Km
- Taille de virus de grippe : 100 nm
- Diamètre de globule rouge : 7µm
- Diamètre de terre : 12800 Km
- Distance entre la terre et la galaxie Andromède : $2,3.10^{22}$ m

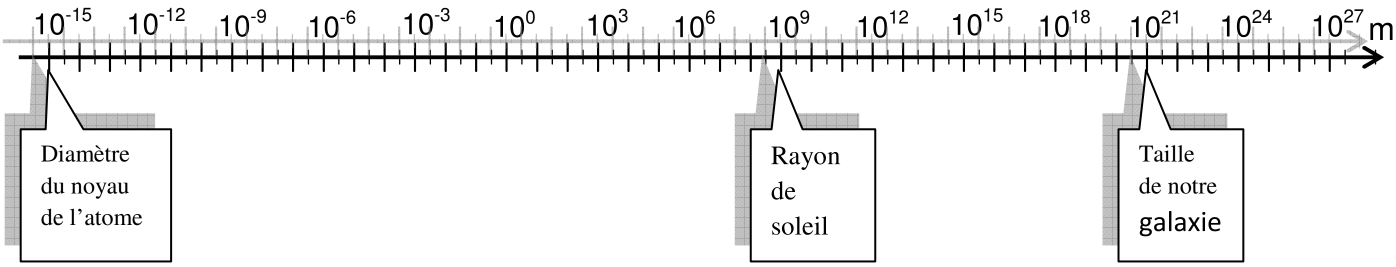
2. Echelle de distances



On place sur une échelle non linéaire les tailles des objets et les distances dans l'univers allant de l'infiniment petit à l'infiniment grand selon leurs ordre de grandeur.

Axe d'échelle de distances est orienté et gradué selon la puissance de dix.

Exemple : classer les dimensions d'exemple précédent sur l'axe d'échelle de distances ci-dessous



3. Multiples et sous-multiples d'une unité

- Les multiples

symbole	préfixe	Facteur multiplicatif
da	déca	10^1
h	hecto	10^2
K	Kilo	10^3
M	Méga	10^6
G	Giga	10^9
T	Téra	10^{12}
P	Pétra	10^{15}
E	Exa	10^{18}

- Les sous-multiples

symbole	préfixe	Facteur multiplicatif
d	déci	10^{-1}
c	centi	10^{-2}
m	milli	10^{-3}
µ	micro	10^{-6}
n	nano	10^{-9}
p	pico	10^{-12}
f	femto	10^{-15}
a	atto	10^{-18}

II. Gravitation universelle ou attraction universelle

C'est en 1687 que Newton explique le mouvement des planètes et des satellites en affirmant que tous les corps s'attirent mutuellement selon la loi d'interaction gravitationnelle.

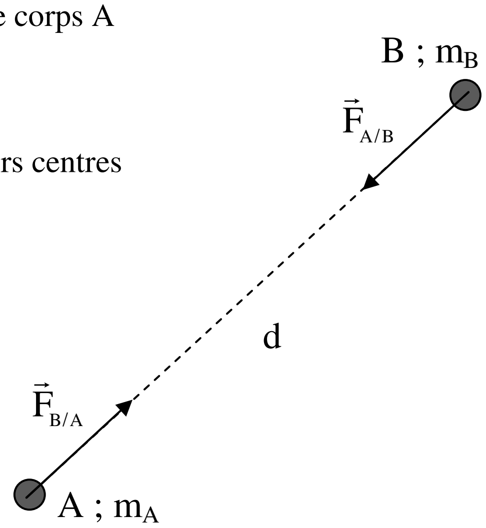
1. Enonce de loi de newton

Les corps s'attirent mutuellement en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance de leurs centres de gravité.

2. Formulation mathématique de loi de Newton

L'interaction gravitationnelle entre deux corps ponctuels A et B de masses respectives m_A et m_B, séparés d'une distance d=AB, est modélisée par des forces d'attraction gravitationnelles $\vec{F}_{A/B}$ (ou $\vec{F}_{A\to B}$) et $\vec{F}_{B/A}$ (ou $\vec{F}_{B\to A}$) telle que ;

- $\vec{F}_{A/B}$ ou $\vec{F}_{A\to B}$: la force exercée par le corps A sur le corps B
- $\vec{F}_{B/A}$ ou $\vec{F}_{B\to A}$: la force exercée par le corps B sur le corps A



Leurs caractéristiques :

- Direction ou droite d'action : droite AB joignant leurs centres
- Sens : de sens opposés (vers le centre attracteur)
  - $\vec{F}_{A/B}$ ou $\vec{F}_{A\to B}$: vers centre de corps A
  - $\vec{F}_{B/A}$ ou $\vec{F}_{B\to A}$: vers centre de corps B
- Point d'application :
  - $\vec{F}_{A/B}$ ou $\vec{F}_{A\to B}$: centre de corps B
  - $\vec{F}_{B/A}$ ou $\vec{F}_{B\to A}$: centre de corps A
- Valeur ou intensité : de même valeur :

$$F = F_{A/B} = F_{B/A} = G\frac{m_A m_B}{d^2}$$

m_A : masse de corps A en Kg

m_B : masse de corps B en Kg

d : distance entre le A et B en mètre noté m

G est la constante de gravitation sa valeur en SI est : $G = 6,67\times10^{-11}\,N.m^2.Kg^{-2}$

L'unité de la force dans le système internationale des unités est le newton notée N.

<u>Enoncé</u>

Triton est un satellite de la planète Neptune.

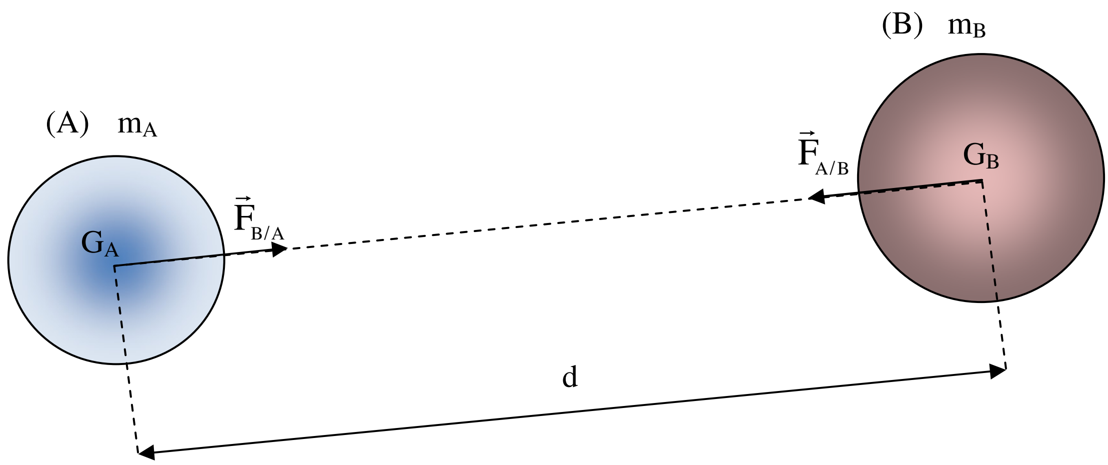
1. Calculer la valeur de la force d'attraction gravitationnelle que Neptune exerce sur triton
2. Faire un schéma et représenter la force de gravitation $\vec{F}_{N/T}$ à l'échelle : $1cm \to 5\times10^{20}\,N$

Données :
- Masse de Triton : $M_T = 1,30\times10^{22}\,kg$
- Masse de Neptune : $M_N = 1,02\times10^{26}\,Kg$
- Distance moyenne entre les centres de Neptune et Triton : $d = 3,55\times10^5\,Km$
- Constante de gravitation : $G = 6,67\times10^{-11}\,SI$

3. Interaction gravitationnelle entre deux corps sphériques

La plus part des astres, par exemple, peuvent être assimilés à des corps à répartition sphérique de masse.

Dans ce cas particulier, deux corps A et B, de masses m_A et m_B et dont les centres sont distants de d. exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction gravitationnelle.



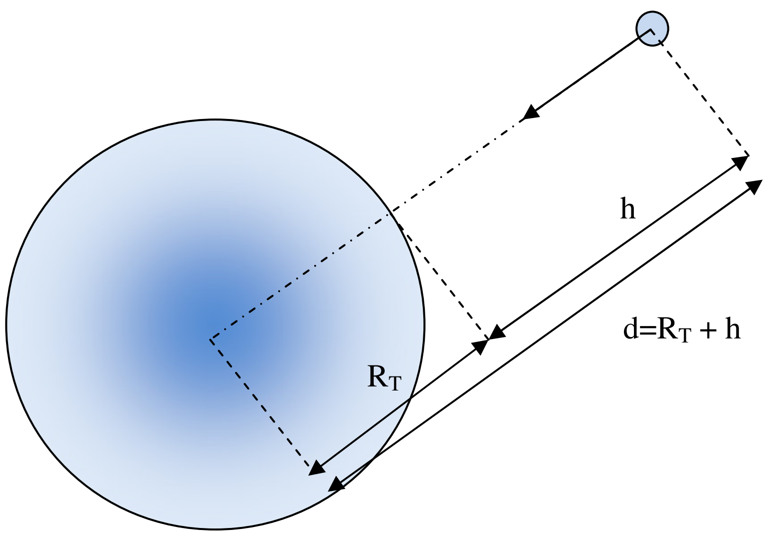
4. interaction gravitationnelle entre la terre et un corps à répartition sphérique de masse

La terre exerce sur un corps à répartition sphérique de masse (considéré comme corps ponctuel/ terre), et il se trouve à l'altitude h à la surface de la terre, une force d'attraction gravitationnelle sa valeur est :

$$F_{T/s} = G\frac{M_T m_s}{(R_T + h)^2}$$

avec :

M_T la masse de la terre et m_s la masse de la corps et R_T rayon de la terre



III. poids d'un corps

Sur terre, par définition, le poids est l'action exercée par la terre sur tout objet se trouvant à proximité de sa surface. Il ne s'agit que d'un cas particulier de l'interaction de gravitation.

Par extension, on peut aussi parler du poids d'un objet à la surface de tout autre astre. Par exemple, sur la lune, le poids d'un objet est défini comme étant l'interaction exercée par la lune sur celui-ci lorsqu'il se trouve à proximité de la surface lunaire.

1. Les caractéristiques du poids :

Le poids d'un corps situé au voisinage de la terre (un astre) est l'action à distance que la terre exerce sur lui. Il a les caractéristiques suivantes :

- Direction ou droite d'action : la verticale du lieu
- Sens : de haut en bas
- Point d'application : le centre de gravité de corps
- Valeur : est calculé par la relation suivante : $P = mg$

  P : poids en newtons (N)
  m : masse en kilogramme (Kg)
  g : intensité de la pesanteur ($N.Kg^{-1}$)

On écrit aussi $\vec{P} = m\vec{g}$ telle que $\vec{g}$ est le vecteur de la pesanteur

2. La pesanteur

On néglige l'influence du mouvement de la terre (mouvement de rotation sur elle-même et autour de soleil) sur les corps situé au voisinage de la terre.

Dans ce cas on dit que la force d'attraction gravitationnelle égale le poids

C'est-à-dire : $P_h = F_{T/s}$

$$\cancel{m}g_h = G\frac{\cancel{m}M_T}{(R_T + h)^2}$$

$$\boxed{g_h = G\frac{M_T}{(R_T + h)^2}}$$

La pesanteur dépend de l'altitude, elle diminue quand l'altitude augmente et varie le long d'un méridien (i.e. varie selon latitude). Les tableaux ci-contre donnent, à titre indicatif, la valeur de g selon la latitude et sur quelques astres

Lieu	Latitude	g(N/Kg)
Pole nord	90°	9,832
Paris	49°	9,810
Rabat	34°	9,796

Astre	g(N/Kg)
Lune	1,6
Mars	3,7
Jupiter	25

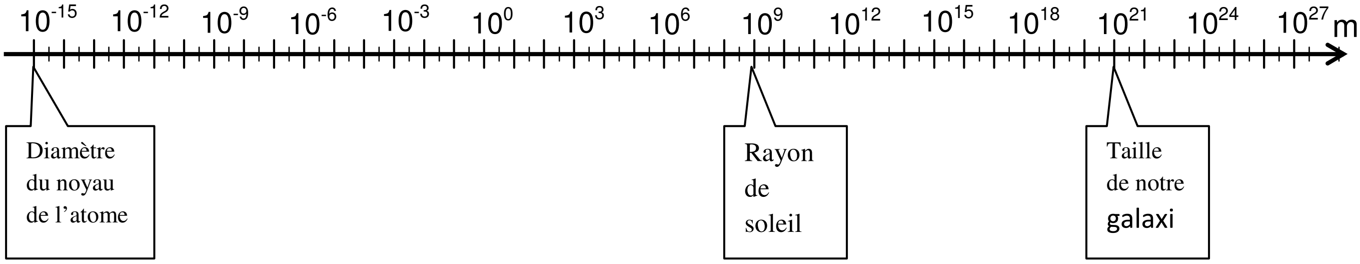
Sur la surface de la terre on pose $h = 0$

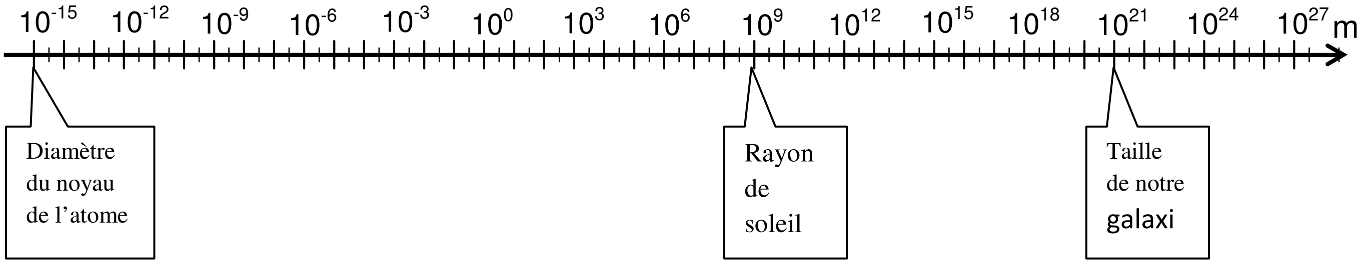
Donc la pesanteur sur la surface est $\boxed{g_0 = G\frac{M_T}{R_T^2}}$

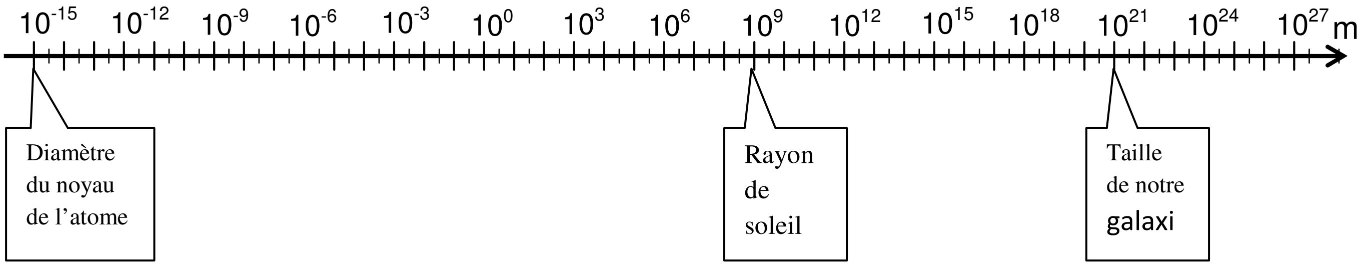
<u>La relation entre la pesanteur g_h à l'altitude h et g_0 la pesanteur sur la surface</u>

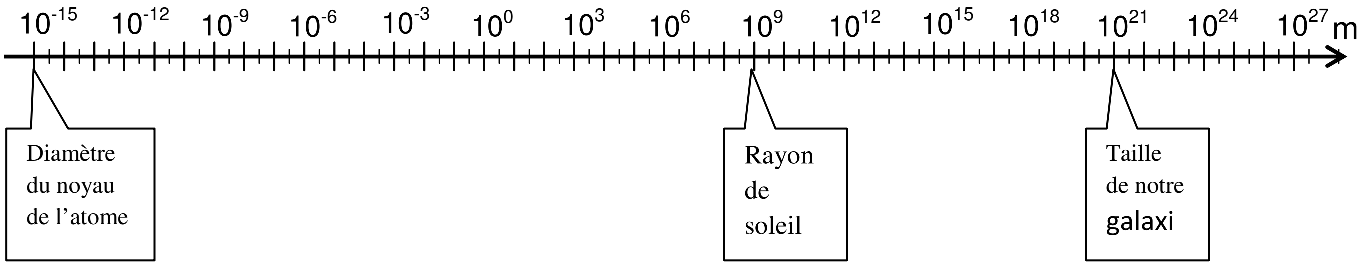
On a : $g_h = G\dfrac{M_T}{(R_T + h)^2}$ et $g_0 = G\dfrac{M_T}{R_T^2} \Rightarrow g_0 R_T^2 = GM_T$

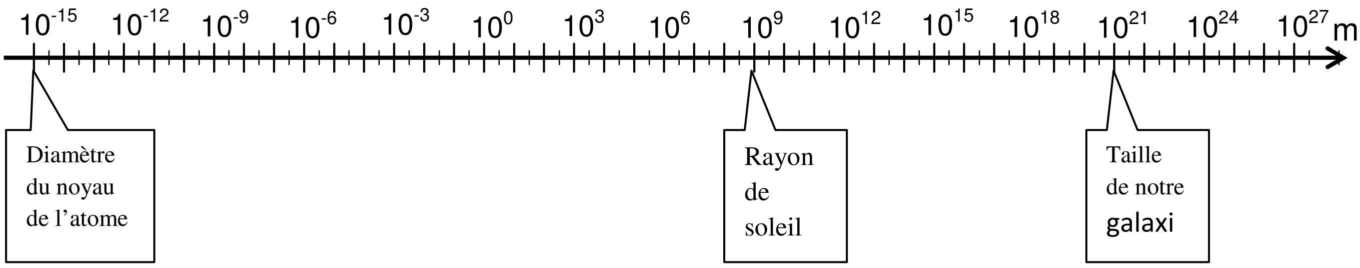
Donc en remplaçant dans la première formule : $g_h = g_0 \dfrac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$

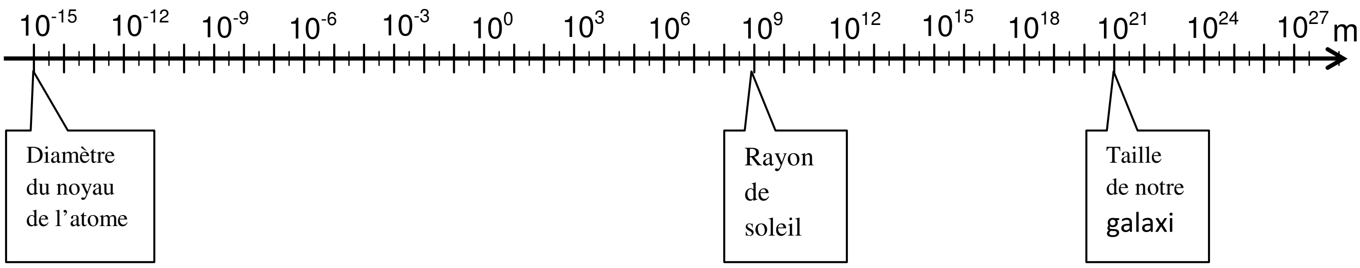

10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi


10^{-15} 10^{-12} 10^{-9} 10^{-6} 10^{-3} 10^{0} 10^{3} 10^{6} 10^{9} 10^{12} 10^{15} 10^{18} 10^{21} 10^{24} 10^{27} m
Diamètre du noyau de l'atome
Rayon de soleil
Taille de notre galaxi

Unité 2 : Exemples d'actions mécaniques
أمثلة لتأثيرات ميكانيكية

I. classification des actions mécanique

1. forces de contactes et forces à distances

une force est exercée par un auteur sur un receveur

- forces de contactes : l'action mécanique nécessite un contact entre l'auteur et receveur
  - Une action mécanique répartie : elle s'exerce sur une large surface du solide ou sur la totalité de son volume.
  - Une action mécanique qui n'est pas répartie est dite localisée : elle s'exerce en un point du solide.
- forces à distances : l'action mécanique ne nécessite aucun contact physique entre l'auteur et le receveur

2. forces extérieures et forces intérieures

- Forces extérieures : est toute force exercée sur le système (le receveur) par un objet (auteur) n'appartient pas au système
- Forces intérieures : est toute force exercée par une partie de système sur une autre partie du système.

3. exemples d'actions mécaniques

II. force pressante

1. mise en évidence la force pressante

En vidant une bouteille en plastique (déformable) de l'air qui ce passe t y il ?

La bouteille est déformé à cause de l'air qui l'entour.

L'air exerce sur la paroi extérieure de la bouteille une force nommé force pressante noté $\overrightarrow{F_p}$ ou $\vec{F}$

2. définition

- les fluides ce sont les gaz et les liquides
- les fluides exercent sur les corps qui sont en contacte avec eux une force de contacte répartie appeler force pressante dirigée vers l'extérieur du fluide et perpendiculaire à la surface de contacte entre le corps et le fluide.

III. Notion de pression

1. Pression en un point d'un gaz en équilibre

a. Gaz en équilibre

Un gaz est dit en équilibre si ses molécules ne sont pas animées d'un mouvement d'ensemble (exemple de mouvement d'ensemble : un écoulement dans une canalisation)

b. Définition

La pression P exercée par un fluide en équilibre (statique) sur un corps en contacte avec lui est égale à la force pressante F des molécules divisée par la surface S de la surface de contacte entre eux.

$$P = \frac{F}{S} \qquad \begin{cases} \text{P en pascals (Pa)} \\ \text{F en newtons (N)} \\ \text{S en mètres carrés (m}^2\text{)} \end{cases}$$

c. Unités de pression

L'unité légale de pression est le pascal, de symbole Pa. Une pression de 1 Pa est la pression exercée par une surface de 1 m² par une force de 1 N perpendiculaire à cette surface.

La pression peut s'exprimer en plusieurs unités parmi celles-ci on a :

- Le bar ; noté bar, 1 bar = 10^5 Pa. Est utilisé comme unité pratique dans l'industrie ;
- L'atmosphère ; noté atm, 1 atm = 101325 Pa ;
- Centimètre de Hg (mercure) ; noté cmHg ; 76 cmHg = 1 atm.

2. La pression atmosphérique

L'atmosphère terrestre est constituée d'un mélange gazeux : l'air, formé essentiellement de dioxygène et de l'azote. La pression de l'air qui nous entoure s'appelle la pression atmosphérique.

Elle est voisine de 1 bar au niveau du sol soit, en météorologie 1000 hPa. Elle varie avec l'altitude, plus on s'éloigne du sol plus la pression est faible.

3. Mesure de ma pression d'un gaz

La pression d'un gaz est mesurée par un appareil nommée le manomètre.

- Le manomètre absolu (ou baromètre) : donne la pression par rapport au vide, c'est la pression réelle du gaz.
- Le manomètre relatif (ou différentiel) : indique la pression par rapport à la pression atmosphérique. La pression réelle de gaz est déterminée par la relation suivante : $P_{mesuré} = P_{réelle} - P_{atm}$

$P_{mesuré}$: La pression mesurée par le manomètre ;

$P_{réelle}$: La pression réelle du gaz ;

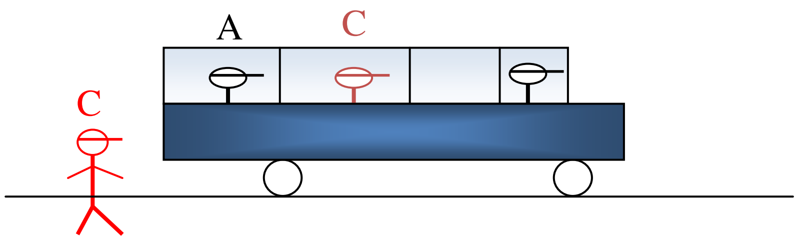
P_{atm} : La pression atmosphérique.

N.B : la pression atmosphérique est mesurée par un baromètre.

Unité 3 : le mouvement

الحركة

I. relativité de mouvement



Quel est le mouvement du passager A :

- par rapport à l'observateur B
- par rapport à l'observateur C

- ➢ le passager A est immobile par rapport à l'observateur B
- ➢ le passager A est en mouvement par rapport à l'observateur C.

La notion du mouvement est donc relative à l'objet par rapport auquel on l'étudie.
Les observateurs B et C s'appellent référentiel ou objet de référence.

1. Notion de référentiel

Un référentiel est un corps solide indéformable par rapport auquel on l'étudie le mouvement du système considéré.

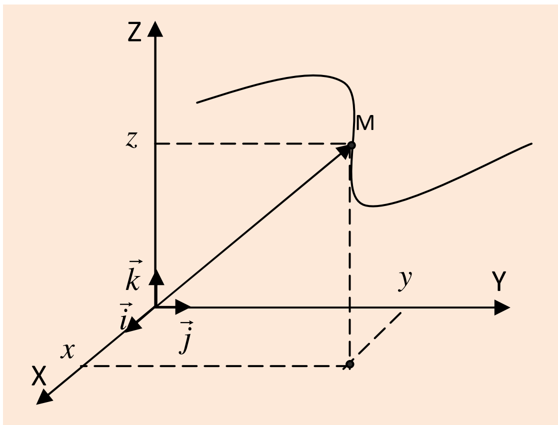
Le système est un corps ou ensemble de corps indéformable choisi pour effectuer une étude particulière.

2. Repère d'espace

Pour déterminer la position d'un point mobile il faut choisir un repère orthonormé son origine O appartient au référentiel.

La position du point mobile à un instant t est donnée par le vecteur position $\overrightarrow{OM}$.

Pour déterminer la position du point suivant le repère $R\left(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k}\right)$ on trouve les coordonnées de le vecteur position $\overrightarrow{OM}$ suivant ce repère.



- ➢ En cas de mouvement tridimensionnel (à trois dimension) : on choisie un repère de trois axes orthonormées $R\left(O;\vec{i};\vec{j};\vec{k}\right)$.

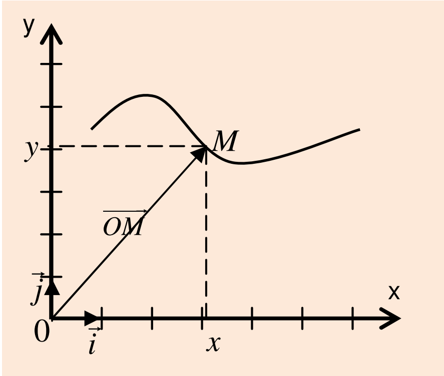
X : l'abscisse

Y : l'ordonnée

Z : la cote

Vecteur position est : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$

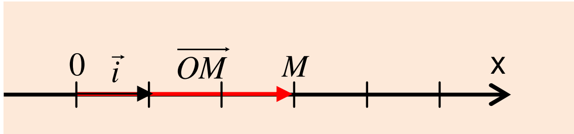
La norme est : $OM = \left\| \overrightarrow{OM} \right\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$



- En cas de mouvement au plan ou bidimensionnel (à deux dimension) : on choisi un repère à deux axes orthonormées $R\left(O;\vec{i};\vec{j}\right)$

Le vecteur position est : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j}$

La norme est : $OM = \left\| \overrightarrow{OM} \right\| = \sqrt{x^2 + y^2}$



- En cas de mouvement rectiligne unidimensionnel : on choisie un repère d'un seul axe $R\left(O;\vec{i}\right)$.

Vecteur position est : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$

3. Repère de temps

Pour étudier le mouvement d'un corps, il faut aussi associer une date à chaque position repérée dans le référentiel choisi.

Pour cela, il faut une horloge et un instant origine (date t=0).

La valeur mesurée sur l'horloge à chacune des positions indique alors la date t correspondante.

Pour repérer un événement dans le temps, il faut choisir une horloge et origine des dates et un sens (de passer vers le futur).

4. Trajectoire

La trajectoire d'un point mobile est l'ensemble des positions successives occupées par ce point au cours du mouvement.

Rq : la trajectoire dépend du référentiel utilisé.

Types de trajectoire :

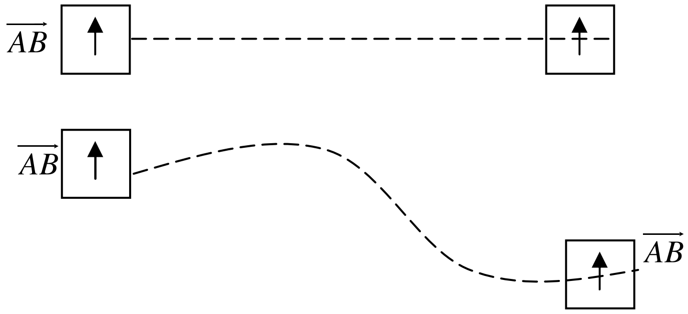
- Trajectoire rectiligne
- Trajectoire curviligne (cas particulière : trajectoire circulaire)

II. Vitesse d'un point du corps solide en mouvement de translation.

1. Définition de mouvement de translation

Un solide possède un mouvement de translation si tout segment du solide reste parallèle à lui-même au cours du mouvement.

Tous les points du solide en translation ont des trajectoires identiques et mêmes valeurs de vitesses.



2. Vitesse moyenne

Dans un référentiel choisi, la vitesse moyenne V_m d'un point mobile est le rapport entre la distance parcourue par le point mobile et la durée Δt du déplacement.

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}$$

En S.I l'unité de vitesse est m/s.

On utilise aussi fréquemment le kilomètre par heure $Km.h^{-1}$.

$1.Km.h^{-1} = \frac{1}{3,6}.m.s^{-1}$ et $1.m.s^{-1} = 3,6.Km.h^{-1}$

Rq : la vitesse dépend de référentiel utilisé.

Exercices d'applications

Exercice 1 : au 2001, l'athlète hichame El guerrouj a couru le 1500 m en 3min26s. Quelle a été sa vitesse moyenne de cette course en m/s et en Km/h.

Exercice 2 : un train part de Safi à 15h20min pour Bengurir. Il roule à la vitesse moyenne de 90Km/h.

La distance Safi-Bengurir vaut 160Km.

Quelle heure le train arrivera-t-il à destination.

3. Vitesse instantanée

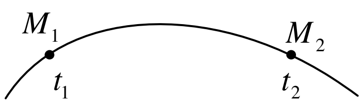
La vitesse instantanée est la vitesse d'un point mobile à un instant t donné.

Comment déterminer la vitesse instantanée expérimentalement.

On considère un mobile au point M_i à l'instant t_i .

Soient M_{i-1} et M_{i+1} deux point aussi proches que possibles de M_i et encadrant le point M_i.

Soient t_{i-1} et t_{i+1} respectivement les instants où le mobile se trouve aux points M_{i-1} et M_{i+1}.



La vitesse instantanée du point M_i , noté V_i ou $V(M_i)$ est définie par la relation d'approximation suivante :

$$V_i = \frac{\overset{\frown}{M_{i-1}M_{i+1}}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

4. Vecteur vitesse instantanée.

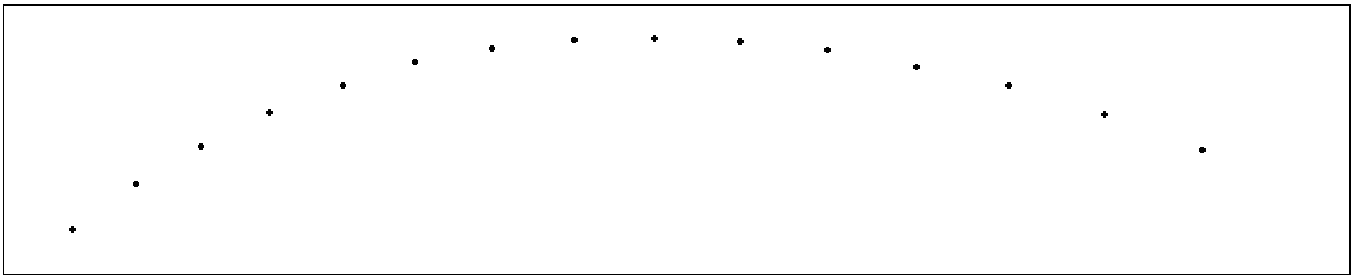
a) Caractéristiques de vecteur vitesse instantanée.

Dans un repère, le vecteur vitesse instantanée, notée $\vec{V_i}$ ou $\vec{V}(M_i)$ du point mobile à l'instant t_i est défini par :

- Origine : la position M_i du mobile à l'instant t_i
- Sens : celui du mouvement
- Direction : la tangente à la trajectoire en M_i .
- Norme : la valeur V_i de la vitesse instantanée.

b) Représentation de vecteur vitesse instantanée.

- Cas de trajectoire curviligne.
  On lance le mobile auto-porteur sur la table à coussin d'air horizontale et on enregistre le mouvement d'un point de celui-ci à intervalles de temps égaux à $\tau = 40ms$.
  L'enregistrement obtenu est représenté sur le document ci contre.
  Nous considérons que le premier point a été enregistré à un instant t=0



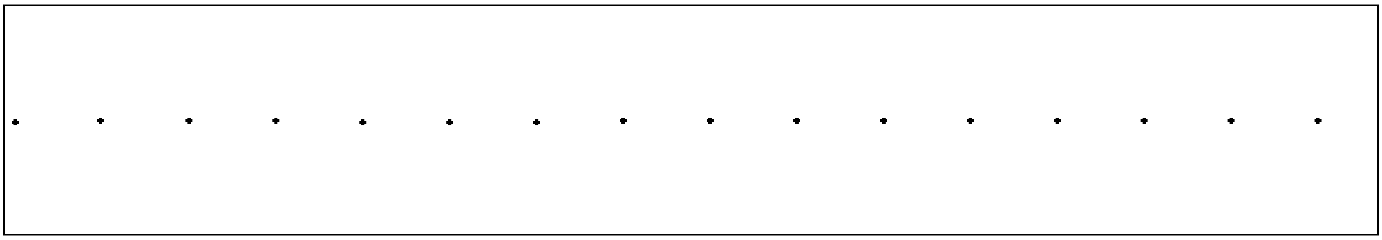
1. Calculer les vitesses instantanées V_2 , V_8 et V_{12} aux instants t_2 , t_8 et t_{12} .
2. Tracer les vecteurs vitesses instantanées $\vec{V}_2$, $\vec{V}_8$ et $\vec{V}_{12}$

- En cas de mouvement rectiligne

On lance le mobile auto-porteur sur la table à coussin d'air horizontale et on enregistre le mouvement d'un point de celui-ci à intervalles de temps égaux à $\tau = 60ms$.

L'enregistrement obtenu est représenté sur le document ci contre.

Nous considérons que le premier point a été enregistré à un instant t=0



1. Calculer les vitesses instantanées V_4 et V_{10} aux instants t_4 et t_{10} .
2. Tracer les vecteurs vitesses instantanées $\vec{V}_4$ et $\vec{V}_{10}$
3. Déterminer la nature du mouvement ; justifier.

La nature du mouvement : les points de l'enregistrement sont alignés et la distance qui sépare deux points consécutifs est constante donc le mouvement est rectiligne uniforme.

Le mouvement est rectiligne uniforme car la trajectoire est une droite et la valeur de vitesse instantanée est constante au cours du mvt.

c) Déduction
   - Si la direction de vecteur vitesse se change au cours de mouvement alors on dit que le mouvement est curviligne.
   - Si la direction de vecteur vitesse reste le même au cours du mouvement, le mouvement est rectiligne
   - Si le vecteur vitesse est constante alors on dit que le mvt est rectiligne uniforme.

III. Mouvement rectiligne uniforme

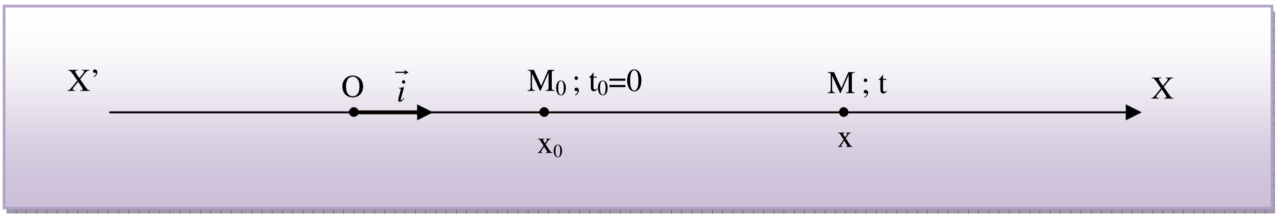
1. Définition

Le mouvement d'un point mobile dans un référentiel est dite rectiligne uniforme si son trajectoire est rectiligne et sa valeur de vitesse instantanés est constante.

2. Equation horaire

L'équation horaire permet de décrire le mouvement d'un point matériel dans le temps. C'est une relation entre l'espace et le temps qui permet de connaitre toutes les positions du point mobile au cours du mouvement et vice versa.

On considère un axe X'OX orienté de X' vers X (vers le sens du mouvement) son origine O est arbitraire et fixe.



$V = \frac{x - x_0}{t - t_0} = \frac{x - x_0}{t}$ donc $x - x_0 = V.t$

Finalement, on trouve : $x = V.t + x_0$ cette équation s'appelle l'équation horaire

x_0 : Abscisse à l'origine de temps (à l'instant t=0)

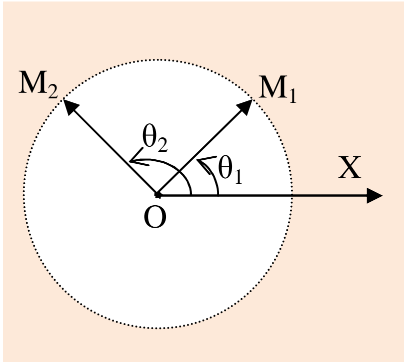
En général ; l'équation horaire s'écrive sous la forme $x = \pm V.t + x_0$

Signe + si le sens de déplacement du mobile est le même que celui de l'axe de repère

Signe – si le mobile se déplace au sens contraire.

IV. Mouvement circulaire uniforme

1. Définition



Le mouvement d'un point mobile est dite circulaire uniforme si la trajectoire est circulaire (forme de cercle) et la valeur de la vitesse instantanée est constante.

2. Vitesse angulaire

La vitesse angulaire est la vitesse de rotation d'un point.
Soit un point M décrivant une trajectoire circulaire de rayon R. le vecteur position $\overrightarrow{OM}$ du point balaie un angle θ pendant la durée Δt . La vitesse angulaire moyenne est : $\omega = \frac{\theta}{\Delta t}$

$$\begin{cases} \theta \text{ en radian (rad)} \\ \Delta t \text{ en seconde} \\ \omega \text{ en rad.s}^{-1} \end{cases}$$

Le rayon R est la norme du vecteur position.
Rappels : 180°=π rad et 360°=2π rad

Lien entre longueur de l'arc et l'angle de rota tion

$$\ell = R.\theta \quad \begin{cases} \ell \text{ est la longueur de l'arc en m} \\ \text{R le rayon en mètres} \\ \theta \text{ est l'angle de rotation en rad} \end{cases}$$

Lien entre vitesse instantanée et vitesse angulaire

La relation entre vitesse instantanée et vitesse angulaire est donnée par :

$$V = R\omega \quad \begin{cases} \text{V est la vitesse instantanée en m.s}^{-1} \\ \text{R est la distance entre le point et l'axe de rotation en mètres} \\ \omega \text{ est la vitesse angulaire en rad.s}^{-1} \end{cases}$$

3. Période et Fréquence

- Période T : est la durée pour effectuer un tour complet de la trajectoire circulaire à vitesse constante.

L’unité de période en S.I est la seconde : s

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

- Fréquence f : est le nombre des tours complets dans une seconde.

L’unité de fréquence est Hertz ; Hz (1Hz correspond un tour dans une seconde)

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad f = \frac{\omega}{2\pi}$$

Exercices d’applications.

Exercice 1 : le plateau d’un tourne-disque a un diamètre d=30,0 cm et tourne à 33,3 tours/min.

1. Quelle est la nature du mouvement d’un point du plateau dans le référentiel terrestre.
2. Quelle est la vitesse angulaire du plateau dans le référentiel terrestre.
3. Quelle est la vitesse linéaire d’un point de la périphérie du plateau dans le référentiel terrestre.
4. Quelle est la distance parcourue par un point de la périphérie du plateau en 5 minutes.

Exercice 2 : à l’instant t=0s, un coureur 1 par de A (prendre A pour origine de repère d’espace) et court à la vitesse constante de 5m/s. au même instant, un coureur 2 part de B, situé 100 m devant A et court à la vitesse de 2,5m/s.

1. Ecrire l’équation horaire du mouvement de chaque coureur.
2. Au bout de combien de temps et à quelle distance de l’origine, le coureur 1 rattrape-t-il le coureur 2. Faire la résolution graphiquement puis algébriquement.

Exercice 3 : une voiture (V1) initialement au point A se dirige vers la droite avec une vitesse constante de 100 Km/h. Partant du point B, une autre voiture (V2), initialement au repos, se dirige vers la gauche avec une vitesse constante de 80km/h.

Les voitures A et B sont séparés par une distance de 50Km.

Prendre comme repère d’espace l’axe qui dirige vers la droite et d’origine coïncide avec le point A de départ de la voiture (V1)

1. Ecrire l’équation horaire du mouvement de chaque voiture.
2. Déterminer algébriquement et graphiquement l’abscisse de la position et la datte de croisement de deux voitures.

Unité 4 : Principe d'inertie
مبدأ القصور

I. Effets d'une force sur le mouvement d'un corps :

- Une force qui s'exerce sur un corps peut le mettre en mouvement, modifier sa trajectoire ou / et modifier sa vitesse.
- Les effets d'une force sur le mouvement sur le mouvement d'un corps sont d'autant plus importants que la masse du corps est plus petite.
- Si un corps est soumis à plusieurs forces, les effets de chacune d'entre elles s'ajoutent.

II. Le principe d'inertie :

Pour le physicien un principe est une loi qu'on ne peut pas démontrer et qui est vérifiée par l'expérience. Par contre un principe sert ensuite à démontrer d'autres lois appelées théorèmes.

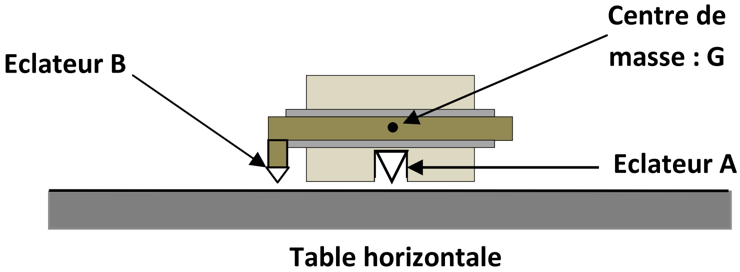
1) Système isolé et système pseudo-isolé

Lorsqu'un solide est soumis à des actions extérieures qui se compensent on dit qu'il est pseudo-isolé, c'est-à-dire, la somme vectorielle de forces extérieures que subit le solide est nulle ($\sum_i \vec{F}_i = 0$).

Un solide qui ne subirait aucune action extérieure serait dit isolé, ce serait approximativement le cas d'un solide perdu, très très loin de toute étoile ou planète, dans l'espace interstellaire.

2) Centre d'inertie

a) Expérience :

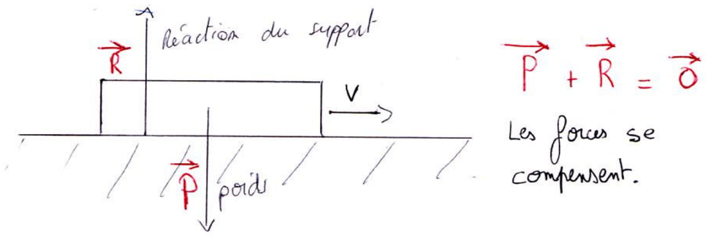


- **<u>Premier cas</u>** : Soit le mobile autoporteur est immobile sur la table à coussin d'air :

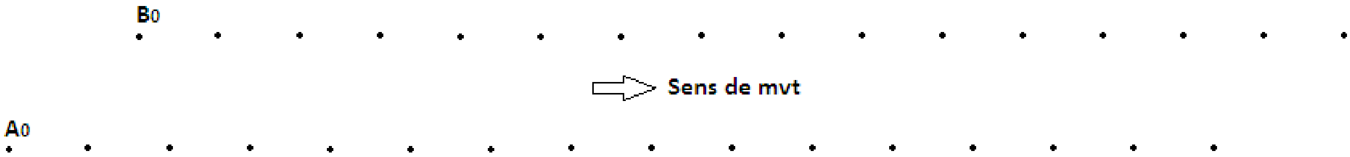
1. Quelles sont les forces qui s'exercent sur lui lorsqu'il est immobile ? Le mobile est isolé ou pseudo isolé ?

2. Essayer de dessiner la situation en faisant apparaître les forces ?

Les forces sont opposées alors qu'elles ont la même direction et la même norme. On dit qu'elles se compensent.



- **<u>Deuxième cas</u>** : On lance le mobile auto-porteur sur la table à coussin en enregistrant le mouvement des points A et B à des intervalles de temps égaux.



1. Comment qualifier ce mouvement ?

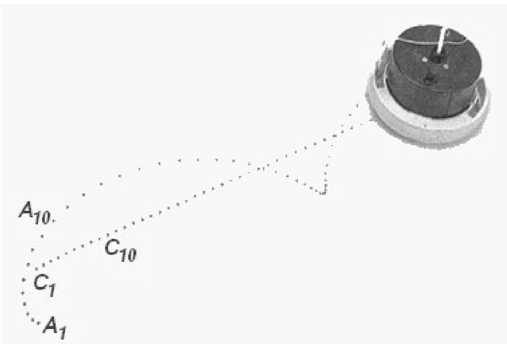
Les marques laissées par les points sont toujours espacées de la même distance et sont alignées. Le mouvement est dit rectiligne uniforme.

Le mouvement du mobile autoporteur est en mouvement de translation rectiligne uniforme.

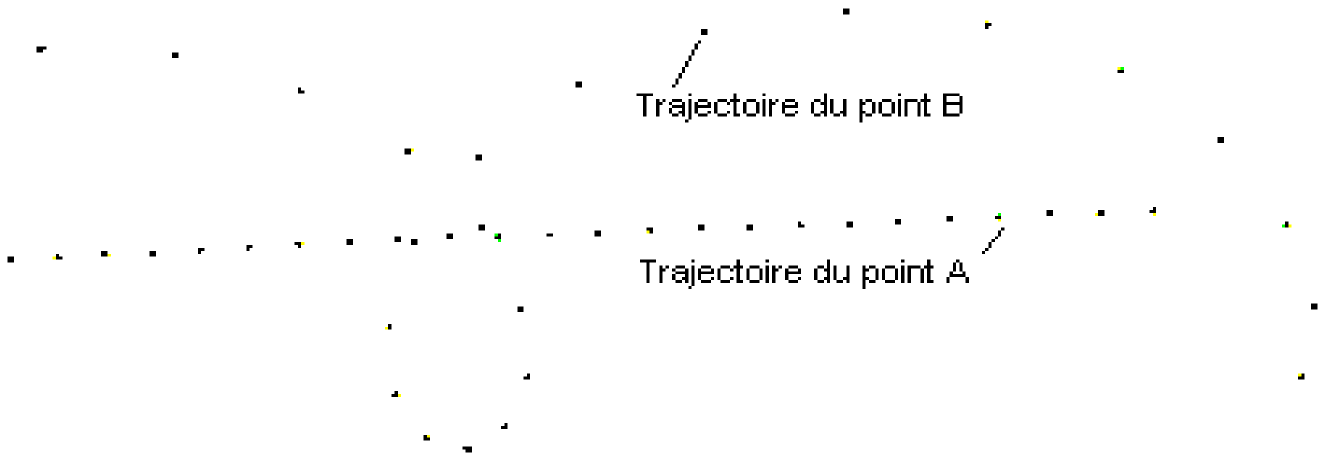
2. Quelles forces s'exercent sur le mobile, une fois lancé ?

3. Dessiner la situation :

Les forces sont opposées et sont de même valeur. On dit qu'elles se compensent.



- **<u>Troisième cas</u>** : on lance le mobile autoporteur de manière à qu'il tourne autour de lui-même et on enregistre le mouvement des points A et B à des intervalles de temps égaux.



a) Quelles sont les forces exercées sur le mobile autoporteur.

Le poids $\vec{P}$ et la réaction de la table $\vec{R}$

b) Comment qualifier ce mouvement.

Le mouvement du point A est toujours rectiligne uniforme par contre dans ce cas le point a un mouvement curviligne par rapport au référentiel terrestre.

Le mobile a un mouvement rectiligne uniforme et non plus a un mouvement de **translation** rectiligne uniforme.

c) En remarquant le deuxième et le troisième cas, qu'est ce que vous constatez. Sachant que le point A est projection orthogonal de point G centre de masse.

Nous constatons que le point A est le seul point de mobile qu'a un mouvement rectiligne et uniforme. Et lorsque A et la projection orthogonal de point G centre de masse de mobile alors le point G est un et un seul point de ses points qu'est toujours en mouvement rectiligne uniforme si le mobile est pseudo isolé.

b) Définition de centre d'inertie :

Si le solide est pseudo isolé, un et un seul de ses points est toujours en mouvement rectiligne et uniforme : c'est son centre d'inertie symbolisé par la lettre G

III. Enoncé du principe d'inertie :

Dans un référentiel terrestre :

"Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent".

On peut aussi écrire :

Dans un référentiel terrestre :

Soit un solide sur lequel s'exercent des forces qui se compensent :

• Si $V_G = 0$, alors le solide reste immobile.

• Si $V_G \neq 0$, alors le centre d'inertie du solide a un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v_{init}.

Il est donc équivalent de dire « un corps est soumis à des forces qui se compensent », et « un corps est soumis à aucune forces ».

Remarque:

- ✓ Ce principe n'est valable que dans certains référentiels dits référentiels galiléens ou d'inertie:
- ✓ Par définition un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel l'expérience vérifie les conséquences du principe d'inertie.
- ✓ Le référentiel du laboratoire (référentiel terrestre) est à peu près galiléen (en réalité il ne l'est pas exactement du fait de la rotation de la Terre sur elle-même).
- ✓ Tout référentiel en mouvement rectiligne uniforme par rapport au référentiel terrestre est lui aussi galiléen.

Comment utiliser le principe d'inertie ?

- ✓ Le principe d'inertie peut être utilisé pour prévoir le type de mouvement dont est animé un corps. Si le bilan des forces permet de montrer que les forces exercées sur un corps s'annulent alors il est possible de conclure à l'immobilité ou au mouvement rectiligne uniforme.
- ✓ Inversement si l'on sait qu'un corps est en mouvement rectiligne uniforme alors il est possible d'en déduire que les forces qu'il subit ce compense (Il est alors possible de trouver les caractéristiques d'une force inconnues à partir des autres. Voir plus loin).

V. Centre de masse et centre d'inertie d'un système matériel.

1. Définition de centre de masse

Le centre de masse d'un système matériel est le barycentre de tous les points matériels formant ce système.

Considérons un ensemble des points matériels pondérés G_i de masses m_i. Leur centre de masse noté C est défini par la relation : $\sum_{i=1}^{N} m_i \overrightarrow{CA_i} = \vec{0}$ ou $m_1\overrightarrow{CA_1} + m_2\overrightarrow{CA_2} + ... + m_N\overrightarrow{CA_N} = \vec{0}$

Relation barycentrique :

Le centre de masse G d'un système composé des corps solides homogènes (Si) de centre de masse Gi et de masse mi est donné par la relation :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_{i=1}^{N} m_i \overrightarrow{OG_i}}{\sum_{i=1}^{N} m_i}$$

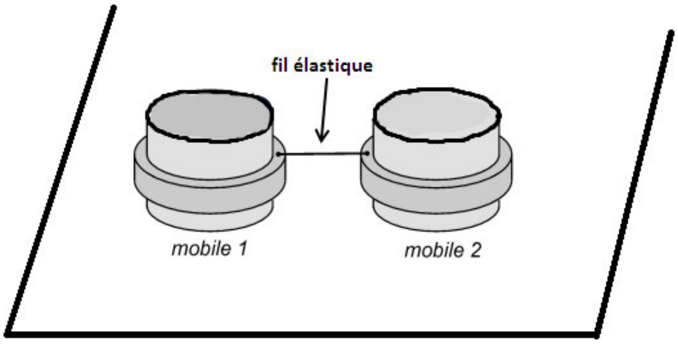
O : point quelconque fixe dans l'espace

2. **Centre d'inertie d' système**

a. **Système à deux corps solide**

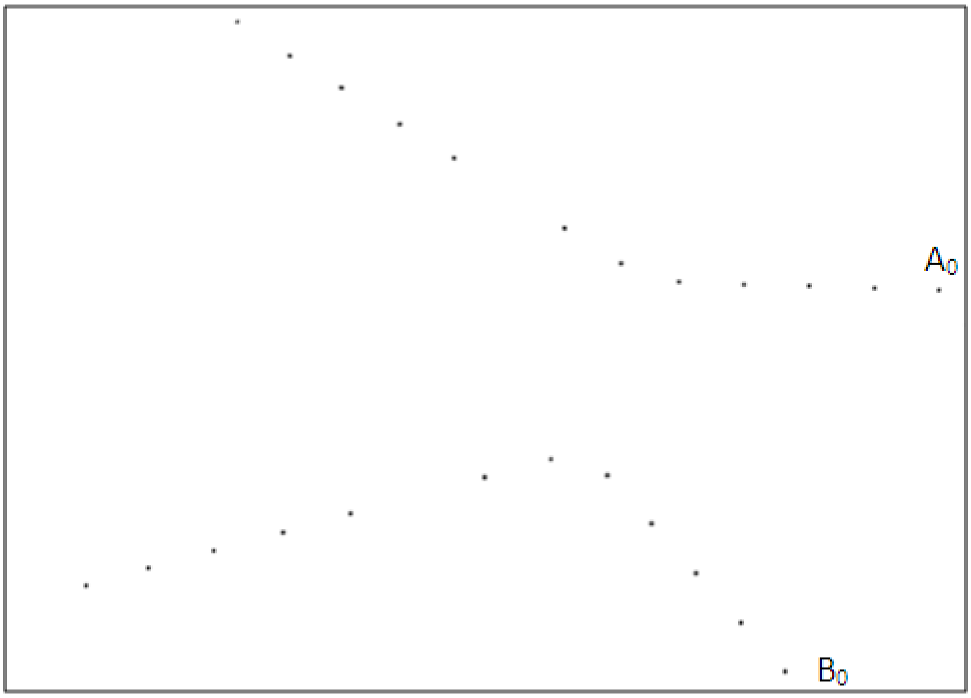
On lance en même temps, sur une table à coussin d'air horizontale, deux autoporteurs liés par fil élastique et on enregistre le mouvement de centre d'inertie de chacun d'eux.

Données :



- Masse de mobile A (ou 1) $m_A = 1340g$
.
- Masse de mobile B (ou 2) $m_B = 670g$

1. Faire inventaire les forces s'exercent sur le système {mobile A + mobile B+fil}. Est-ce que le système est pseudo-isolé ?
2. Déterminer le centre de masse de système et le représenter sur le document d'enregistrement
3. Quelle est la nature de mouvement de centre de masse.
4. déduire le centre d'inertie de système.



b. **conclusion**

Le centre d'inertie G d'un système ou d'un solide est confondu avec son centre de masse C.

- si le solide est homogène et possède un centre de symétrie alors le centre de symétrie est le centre d'inertie.
- Si le solide est homogène et possède un axe de symétrie alors le centre d'inertie appartient à cet axe.
- Si le solide est homogène et possède un plan de symétrie alors le centre d'inertie est sur ce plan.

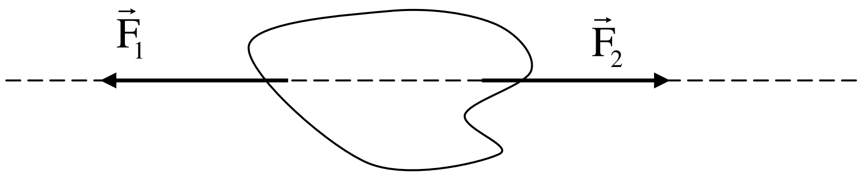
Unité 5 : Equilibre d'un corps solide soumis à l'action de deux forces

توازن جسم صلب خاضع لقوتين

I. Conditions d'équilibre d'un corps solide soumis à l'action de deux forces.

Lorsqu'un solide S soumis à l'action de deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ est en équilibre, alors :

- La somme vectorielle de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ est nulle $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$: condition nécessaire pour que la centre d'inertie est en repos.
- Les deux forces la même droite d'action : condition nécessaire pour l'absence de rotation de corps autour de lui-même.



II. Force exercée par un ressort

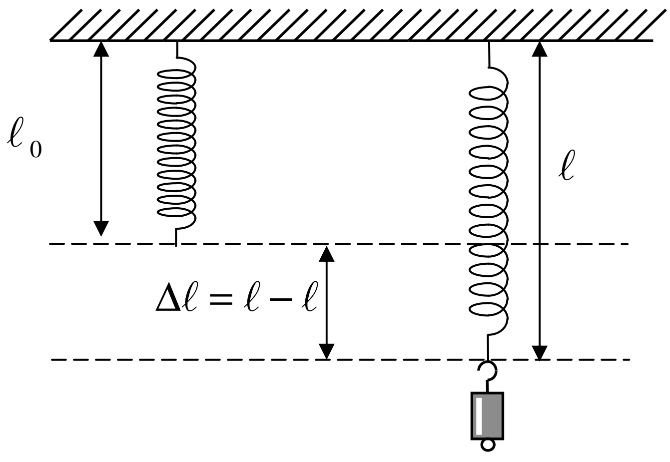
Le ressort est un corps solide déformable (susceptible d'allongé ou de comprimé).

Lorsque le ressort est déformé (allongé ou comprimé) il exerce une force sur le corps agissant. Cette force est appelée tension du ressort et notée $\vec{T}$. (Tension du ressort est une force de rappel).

1. Relation entre la force exercée par le ressort et s'allongement.

Suspendons un corps solide (S) de masse m à un ressort, de spires non jointives et de masse négligeable, par son extrémité A dont la deuxième extrémité B est fixée à un crochet fixe.

La longueur à vide de ressort est notée ℓ_0 et sa longueur après la déformation est notée ℓ



On appelle l'allongement du ressort la grandeur $\Delta\ell = \ell - \ell_0$

Considérons le système : {solide (s)}

Les forces appliquées sur le solide (s) sont :

Son poids : $\vec{P}$

Tension du ressort : $\vec{T}$

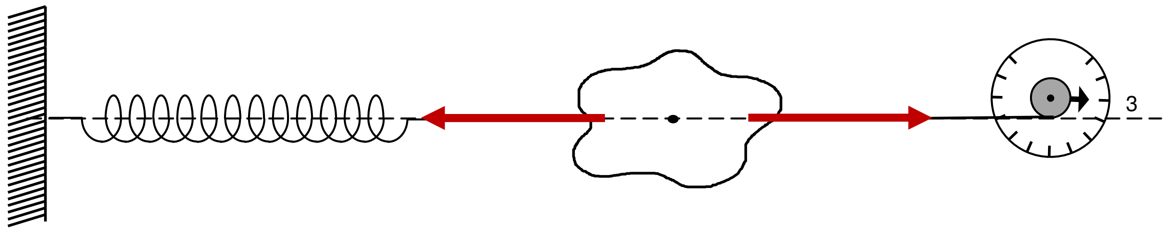
Le solide est en équilibre alors $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$

Donc les forces ont la même valeur $T = P$ ou $T = m.g$

<u>Activité expérimentale :</u>

Relions l'extrémité d'un ressort à un dynamomètre de telle sorte que le ressort soit tendu.

On tire chaque fois le ressort et on mesure son élongation et la valeur de sa tension.

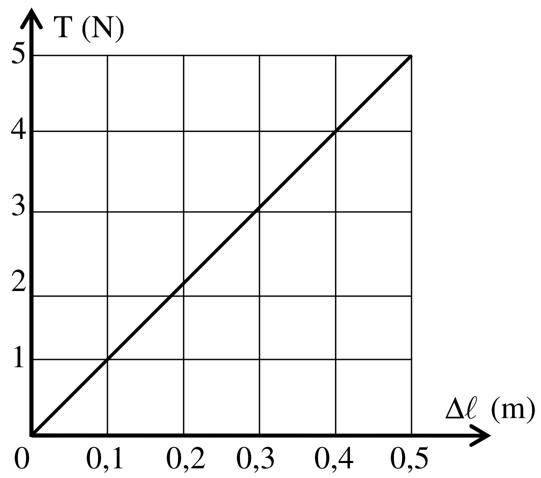


Longueur à vide du ressort est : $\ell_0 = 10\text{cm}$

Tableau de mesure :

T (N)						
ℓ (cm)						
$\Delta\ell$ (cm)						

Représentation de variation T en fonction de $\Delta\ell$: $T = f(\Delta\ell)$



La courbe obtenue est une droite passe à l'origine de repère son équation est de la forme suivante :

$$T = K.\Delta\ell$$

Telle que K est une constante de proportionnalité (coefficient directeur de la droite) s'appelle la constante de raideur son unité dans le SI est N/m

$$K = \frac{\Delta T}{\Delta(\Delta\ell)} = \frac{T_2 - T_1}{\Delta\ell_2 - \Delta\ell_1}$$

K=10N.m-1

2. **<u>Résumé :</u>**

La tension du ressort $\vec{T}$ est la force exercée par le ressort sur un solide (S) lorsqu'il est déformé.

Caractéristiques de la tension du ressort :

Point d'application : point de contacte de ressort avec le corps solide

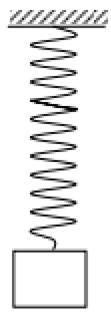
Sens : sens inverse de celle de la déformation

Droite d'action ou direction : celle du ressort

L'intensité : $T = K|\Delta\ell|$

<u>Exercice d'application :</u>

On accroche un solide (S) de masse m à un ressort de longueur à vide $\ell_0 = 0{,}22$ m et de raideur K = 50 Nm^{-1}. A l'équilibre le ressort prend la longueur $\ell = 0{,}25$ m.



1- Préciser les forces exercées sur le solide S.

2- Représenter ces forces sur la figure.

3- Ecrire la condition d'équilibre du solide (S).

4- a- Exprimer la valeur de la tension du ressort T en fonction de K, ℓ et ℓ_0.

b- Calculer T

5- a- Donner la valeur de P

b- Calculer la masse m de ce solide. On donne g=10N/Kg.

III. Poussée d'Archimède.

1. La masse volumique d'un fluide.

La masse volumique d'une substance correspond au rapport de sa masse (m) par son volume (V). Elle se note ρ (lettre grecque qui se prononce rho) et peut être calculée en utilisant la relation suivante:

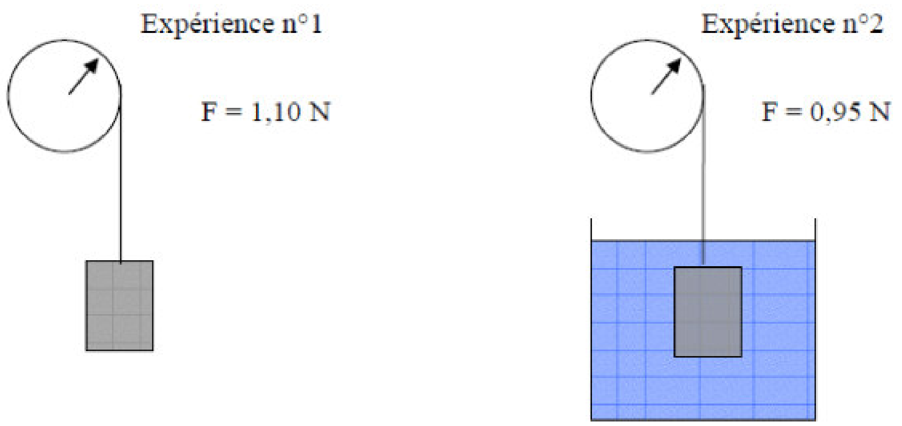
$$\rho = \frac{m}{V}$$

Avec m en kilogramme et V en mètre cube. L'unité de masse volumique au SI est $Kg.m^{-3}$

2. Mise en évidence la poussée d'Archimède dans les liquides.

Exemple :

On réalise les expériences ci-dessous.
Dans l'expérience n°1, on mesure le poids d'une masse au repos et non immergée.
Dans l'expérience n°2, on mesure le poids d'une masse au repos et immergée dans de l'eau.



Que remarque-t-on ?

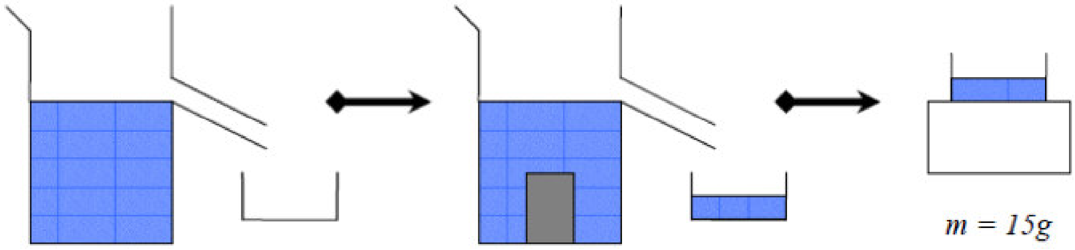
La force exercée sur la masse est moins forte.

Que peut-on en conclure ?

Il existe une autre force agissant sur la masse qui vient atténuer son poids. C'est la poussée d'Archimède, notée F_A. Ici, F_A = 0,15 N= $F_{Réel}$ - $F_{apparent}$ Le poids réel est $F_{Réel}$ = 1,10 N le poids apparent $F_{apparent}$ = 0,95 N

3. Valeur de la poussée d'Archimède

(Note : l'expérience ci-dessous est la continuité de paragraphe 2 ; la masse utilisée est la même)
On réalise l'expérience ci-dessous :
On remplit un bécher de versée jusqu'au rebord. (Voir étape 1)
Puis on immerge un solide de volume V connu. (Voir étape 2)
Enfin, on mesure la masse du volume d'eau déplace. (Voir étape 3)



Etape 1 Etape 2 Etape 3

Calculer le poids du volume d'eau déplace (g = 9,81 N/kg)

La masse d'eau déplace est de m = 15g, soit 0,015 kg. Le poids est alors :

$P = m \times g = 15.10^{-3} \times 9,81 = 0,1475N$

Calculer le produit $\rho_{eau}.g.V$ avec g = 9,81 N/kg et ρ_{eau} = 1000 kg/m3.

La masse est de forme cylindrique de volume $1,5 \times 10^{-5} m^3$ donc le volume de l'eau déplacé est également vaut $1,5 \times 10^{-5} m^3$.

Le calcul du produit $\rho_{eau}.g.V$ vaut alors : $\rho_{eau}.g.V = 1000 \times 9,81 \times 1,5 \times 10^{-5} = 0,147N$

Comparer les deux résultats.

On remarque que le poids du volume déplace et que le produit $\rho_{eau}.g.V$ sont presque égaux entre eux et égaux a la poussée d'Archimède du paragraphe 1.

4. Définition de la Poussée d'Archimède

Lorsqu'un solide de volume V est immergé dans un liquide de masse volumique ρ, il subit de la part de ce liquide une force $\vec{F}_A$, verticale, ascendante, au centre de poussée et de valeur :

$$F_A = \rho_{eau}.g.V$$

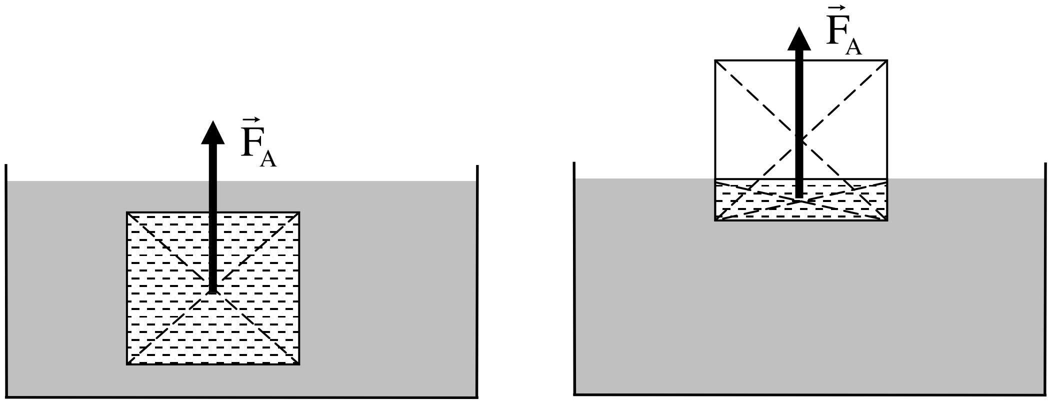
V : volume du liquide déplacé exprimée en m^3
ρ: masse volumique du liquide exprimée en kg/m^3
g : valeur de la pesanteur (g = 9,81 N/kg)
La valeur de la poussée d'Archimède est égale au poids du volume de fluide déplace

Caractéristique de la poussée d'Archimède :

- **Point d'application ou centre de poussée: centre de gravité du fluide déplacé.**
- **Direction : la droite verticale**
- **Sens : de bas vers le haut**
- **Intensité :** $F_A = \rho_{eau}.g.V$

<u>Centre de poussée.</u>

Pour un corps solide homogène immergé totalement (A) ou partiellement (B) dans un liquide. Le centre de poussée et le centre de gravité de la partie immergée de solide en liquide.



(A) (B)

5. Objets qui flottent et qui se coulent (conditions de flottabilité)

La « flottabilité » caractérise le comportement d'un objet immergé au sein d'un liquide.

Un objet immergé dans un fluide (liquide ou gaz) est soumis à deux forces de sens contraire son poids $\vec{P}$ et la poussée d'Archimède $\vec{F}_A$.

- Si $P > F_A$ (ou $\rho_{objet} > \rho_{fluide}$) : l'objet coule vers le fond.
- Si $P = F_A$ (ou $\rho_{objet} = \rho_{fluide}$) : l'objet est en équilibre et flotte entre deux eaux (flotter légèrement sous la surface)
- Si $P < F_A$ (ou $\rho_{objet} < \rho_{fluide}$) : l'objet remonte vers la surface. Il flotte à la surface et en équilibre lorsque l'intensité de la poussée d'Archimède deviendra égale au poids de l'objet.

6. Poussée d'Archimède dans les gaz

Les gaz exercent sur les corps plongés dans ceux-ci une force verticale, ascendante, au centre de poussée et de valeur

$$F_A = \rho_{gaz}.g.V$$

V : volume du gaz déplacé exprime en m^3
ρ: masse volumique du gaz exprimée en kg/m^3
g : valeur de la pesanteur (g = 9,81 N/kg)

Exercice d'application :

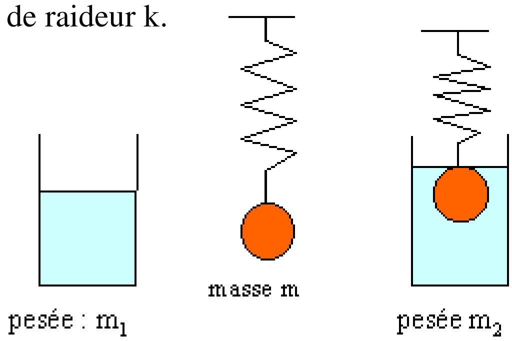
Un corps solide homogène de volume V= $500cm^3$ et de masse m=0,3Kg. On donne g=10N/Kg.

On plonge complètement le corps dans l'eau de masse volumique $\rho = 1000Kg/m^3$.

1. Quels sont les forces exercées sur le corps solide.
2. Quel est la valeur de la poussée d'Archimède appliquée au corps solide.
3. Le corps solide peut- il flotter sur l'eau, justifier.
4. en cas d'équilibre, Quel est le volume du corps solide immergé dans l'eau.

Exercice :

Exercice 1 Solide suspendu à un ressort



Un solide S de masse m est accroché à un ressort de constante de raideur k.

A l'équilibre le ressort s'allonge d'une longueur x_1.

Un becher contenant de l'eau à une masse m_1.

Le solide S est plongé dans l'eau du becher.

Un nouvel équilibre est observé.

L'allongement du ressort devient égal à x_2 et la masse

de l'ensemble est m_2.

1- Établir l'expression de l'allongement x_1 en fonction de m, g et k.

2- Établir l'expression de l'allongement x_2 en fonction de m, m_e, g et k. Comparer à x_1.

3- Exprimer la différence de pesée $m_2 - m_1$ (on considère le système {eau, becher}).

Rappel : l'intensité de la tension d'un ressort a pour expression $F = k\,x$.

Exercice 2 Iceberg

Un iceberg a un volume émergé $V_e = 600\ m^3$. La masse volumique de l'iceberg est $\rho_1 = 910\ kg\ m^{-3}$ et celle de l'eau de mer est $\rho_2 = 1024\ kg\ m^{-3}$.

1- Schématiser l'iceberg flottant et tracer les forces auxquelles il est soumis à l'équilibre.

2- Déterminer une relation entre le volume émergé V_e, le volume totale V_t et les masses volumiques.

3- Calculer le volume V_t et la masse m de l'iceberg

Exercice 3 Poids apparent

Une sphère de cuivre de 24,5 N est plongée dans un liquide de masse volumique 0,800 g/cm^3.

Le cuivre a une masse volumique de 8,00 g/cm^3. On prendra $g \approx 9,81$ N/kg.

Calculer le poids apparent de la sphère de cuivre (le poids apparent est le poids réel moins la poussée d'Archimède).

Exercice 4 Paquebot

La masse d'un paquebot est de 57 800 tonnes. Quel est le volume de la partie immergée dans l'eau de mer de densité 1,028, ou dans l'eau douce ?

Exercice 5 Radeau

Un radeau doit supporter au maximum 1 500 N. Pour cela on assemble, à l'aide de cordages et de planches de 300 N, des tonneaux vides de 50 litres pesant chacun 200 N ($g \approx 10$ N/kg).

1- Combien faut-il de tonneaux ?

2- Quelle charge peut supporter ce radeau lorsque la moitié de chaque tonneau est immergée ?

Exercice 6

Un glaçon de volume 8 cm3 flotte dans un verre rempli d'eau.

On donne la masse volumique de l'eau :

ρeau = 1000 kg.m-3, et la masse volumique de la glace : ρglace = 800 kg.m-3.

a) Calculez sa masse et la valeur de son poids.

b) Quelle est la valeur de la poussée d'archimède appliquée au glaçon ?

c) Quelle est la valeur du volume de glace immergée ?

d) Le glaçon fond. L'eau déborde t-elle du verre ?

Exercice :

Un bloc de bois de 1 m de long, 20 cm de large, 7 cm de haut est posé sur l'eau.

On donne la masse volumique de ce bois : ρbois = 0,8 g.cm3,

et la masse volumique de l'eau : ρeau = 1 g.cm3.

a) Calculez le volume de ce morceau de bois.

b) Calculez la masse et le poids de ce morceau de bois

c) Quel est la valeur de la poussée d'archimède appliquée au morceau de bois ?

d) Déterminez le volume d'eau déplacé par le morceau de bois

e) De combien de centimètre s'enfonce le morceau de bois dans l'eau ?

Exercice 6 Densité

Une sphère de laiton a dans l'air une masse de 160 g. On l'immerge dans l'eau et elle parait ne plus peser que 100 g. La densité du laiton est 8.

1- La boule est-elle pleine ou creuse ?

2- Si elle est creuse, quel est le volume de la sphère ?

Exercice 8 Hiéron et Archimède

Le roi Hiéron, tyran de Syracuse, voulant offrir une couronne d'or à Jupiter, soupçonna l'orfèvre de l'avoir faite en alliage d'argent et d'or.

C'est en cherchant à résoudre ce problème, sans détériorer la couronne, qu'Archimède découvrit la poussée à laquelle on a donné son nom.

Dans l'air, la couronne pèse 48,2 N et dans l'eau son poids apparent n'est plus que de 45,3N.

La densité de l'or est de 19,3 et celle de l'argent de 10,5.

1- Quelle est la densité du métal de la couronne ?

2- Quelle est la composition du métal de la couronne en masse et en volume ?

Exercice :

1. La masse d'un homme change-t-elle lorsqu'il s'immerge dans un liquide ?

On prend $\rho = 1025 Kg / m^3$ comme masse volumique du corps humain,.

2. Calculer le poids apparent d'une femme de masse m=45Kg totalement immergé dans l'eau douce de masse volumique $\rho = 1000 kg / m^3$
3. La mer Morte a une eau salée contenant environ 250g de sel par litre. Calculer la masse volumique de l'eau de la mer Morte.
4. Expliquer ce qui se passe si le même homme essaie de se baigner dans la mer Morte.

Exercice

On souhaite envoyer dans l'atmosphère, à l'aide d'un ballon sonde, des appareils de mesure scientifiques ; la masse de l'enveloppe vide et des différents équipements est m=17kg. Le volume des équipements est négligeable devant le volume du ballon une fois gonflé.

1. Quelle est l'action qui va permettre au ballon de s'élever dans l'atmosphère.

2. Quelle doit être sa valeur minimale du gaz remplissant le ballon sonde.
3. A 15°C, la masse volumique de l'air est $\rho = 1,225 Kg / m^3$. Le tableau donne les valeurs des masses volumiques de quelques gaz à 15°C.

Gaz	H_2	O_2	N_2	He
Masse volumique	$0,085$	$1,359$	$1,183$	$0,169$

3.1.Quel ne gaz pourra-t-on pas utiliser ? justifier.

3.2. Quels sont les deux gaz les plus intéressants.

4. On gonfle le ballon sonde avec de l'hélium, de symbole chimique He. On note Vm le volume minimal du ballon gonflé pour qu'il puisse s'élever dans l'air.

4.1. Ecrire l'inéquation permettant de déterminer Vm. Puis résoudre cette inéquation.

4.2.Vérifier que si l'on prend $V=14,5m^3$ comme volume pour le ballon, celui-ci pourra bien s'élever dans l'air.

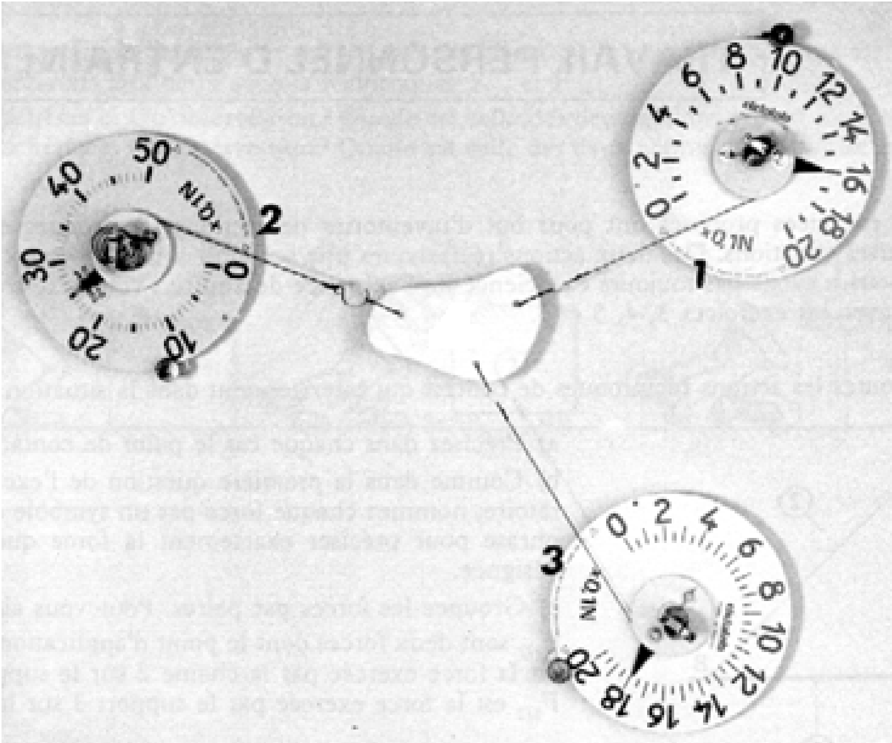
4.3.Il serait possible de gonfler le ballon avec du dihydrogène. Préciser la raison pour laquelle on préfère l'hélium.

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)

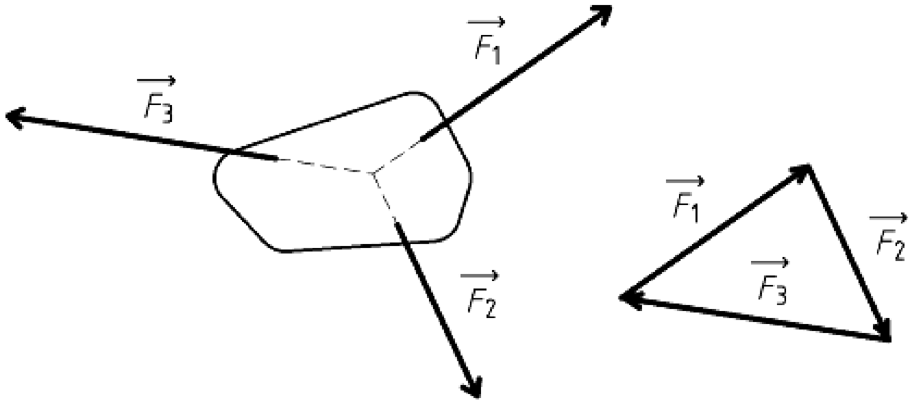


1. Faire inventaire les forces exercées sur le corps solide.
2. Représenter les forces sur la figure, en utilisant l'échelle suivante : $1cm \longrightarrow 4N$
3. Prolonger les supports (lignes d'actions) du forces, que observez-vous.
4. Tracer le polygone dynamique c-à-d la somme vectorielle des forces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

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

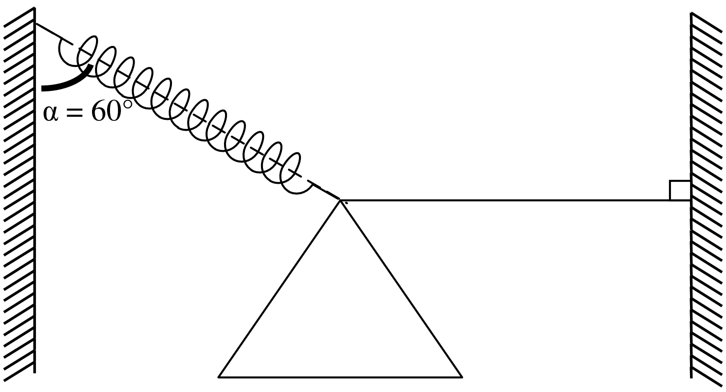
Si un système est soumis à trois forces non parallèles, alors :

- 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 $m = 800g$ est maintenue à l'équilibre par un câble fixé à un mur vertical et un ressort de constante de raideur $K = 50N / Kg$ fixé à un autre mur vertical. Voir la figure ci contre.



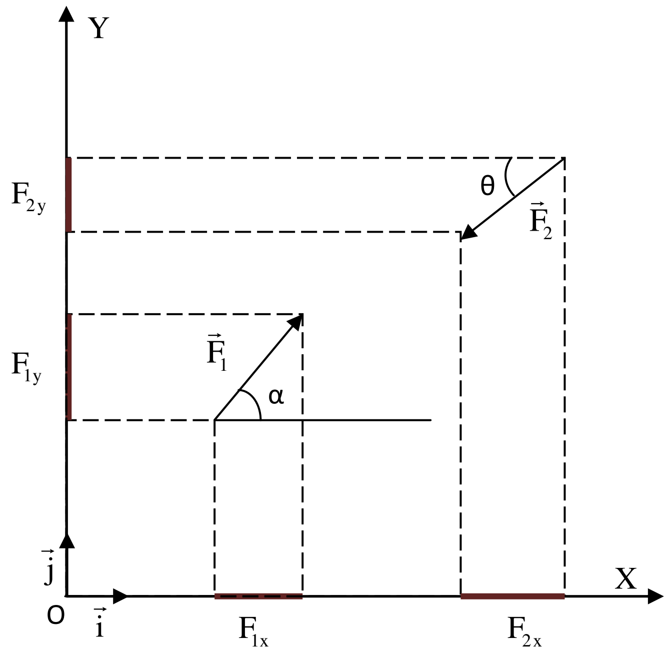
1. Quels sont les forces exercées sur l'enseigne de boutique.
2. En utilisant la construction géométrique (le polygone dynamique), déterminer la valeur de la tension du câble et celle du ressort.
3. Détermine l'allongement du ressort.

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 : $\vec{F_1} = F_{1x}.\vec{i} + F_{1y}.\vec{j}$ ou encore

$\vec{F_1}\begin{pmatrix} F_{1x} \\ F_{2y} \end{pmatrix}_{(\vec{i},\vec{j})}$ ou $\vec{F_1}\ {}_{(\vec{i},\vec{j})}\left| \begin{matrix} F_{1x} \\ F_{1y} \end{matrix} \right.$

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

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

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

La projection de $\vec{F_2}$ donne les coordonnées cartésiennes F_{2x} et F_{2y} , on écrit : $\vec{F_2} = F_{2x}.\vec{i} + F_{2y}.\vec{j}$ ou encore

$\vec{F_2}\begin{pmatrix} F_{2x} \\ F_{2y} \end{pmatrix}_{(\vec{i},\vec{j})}$ ou $\vec{F_2}\ {}_{(\vec{i},\vec{j})}\left| \begin{matrix} F_{2x} \\ F_{2y} \end{matrix} \right.$

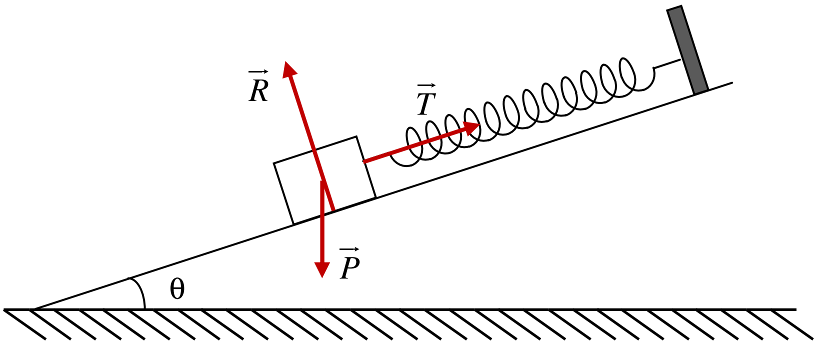
Relation entre F_{2x} (ou F_{2y}) avec F et l'angle α :

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

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

La norme d'une force $\vec{F} = F_x.\vec{i} + F_y.\vec{j}$ 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=10N/Kg.



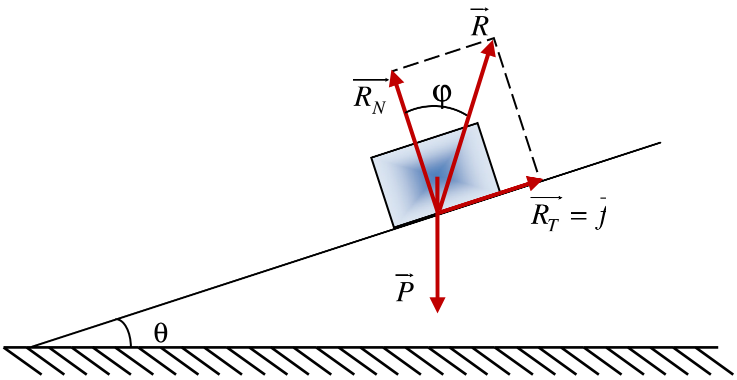
1. Quelles sont les forces appliquées sur l'autoporteur
2. En utilisant le polygone dynamique. Trouver les caractéristiques de la force de la réaction.
3. En utilisant la méthode analytique, trouver les caractéristique de la force de réaction.

Résumé : en cas d'absence de frottement la force de réaction exercée par une surface sur un corps solde en contacte 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 (contacte 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 $\varphi=(\widehat{\vec{R},\vec{N}})$ 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 $g=9{,}81 N.kg^{-1}$.

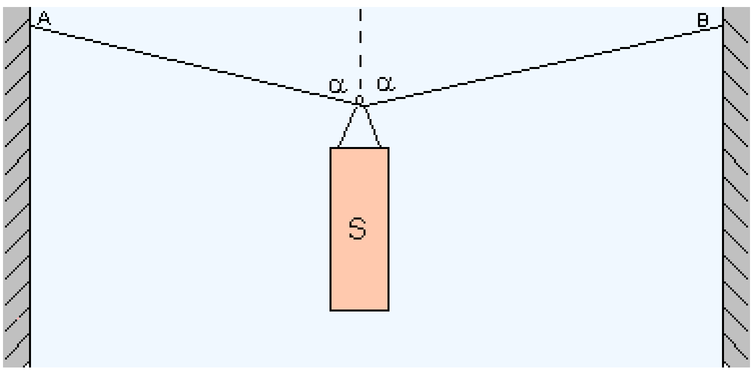
Solide suspendu:

Un objet S de masse m=55kg 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 a=70°.

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:

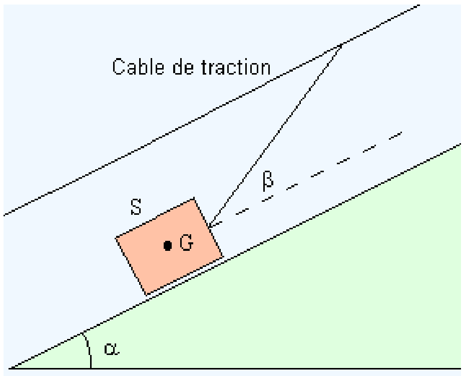
Un véhicule, de masse m=1300kg, roule à vitesse constante $V=90km.h^{-1}$ sur une route rectiligne et horizontale. L'ensemble des forces s'opposant à l'avancement est équivalent à une force unique, opposée au vecteur vitesse, de valeur f=800N.

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=800N?

Mouvement sur un plan incliné:

Un solide de masse m=5kg glisse sans frottement sur un plan incliné d'angle a=15° par rapport à l'horizontale. Il est entraîné à vitesse constante par un câble faisant un angle α=20° avec la ligne de plus grande pente du plan incliné.



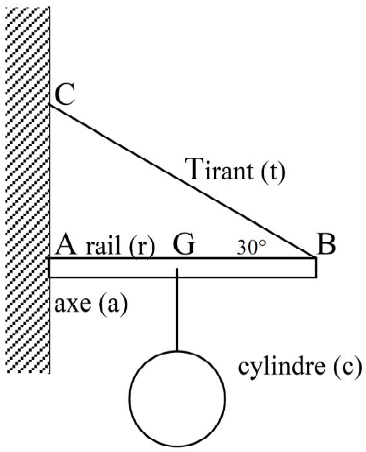
1. Déterminer la tension du fil de traction.

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 kg.

1. Calculer la valeur du poids ρ Pc de ce cylindre. (On prendra g = 10 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.

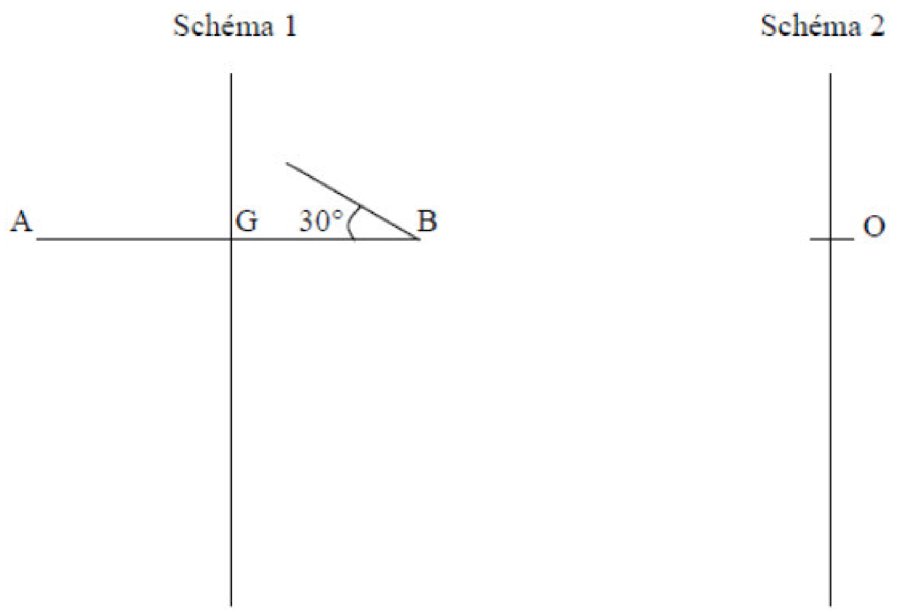
$\vec{F}_2$: Force exercée par l'axe sur le rail.

a) Représenter le poids $\vec{P}$ de valeur 5 000 N sur le schéma 1 suivant.

b) Déterminer sur le schéma 1, le point de concours I des droites d'action des trois forces puis tracer celle de $\vec{F}_1$

c) Construire le dynamique des forces : $\vec{P}+\vec{F}_1+\vec{F}_2$ à partir du point O (schéma 2).

d) Déterminer graphiquement les valeurs de $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$. Echelle : 1 cm pour 1000 N.



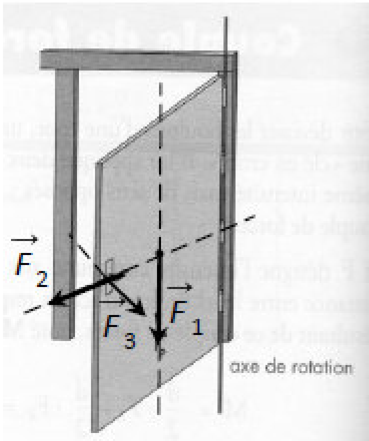
Unité 7 : équilibre d'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe.

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 vue 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'etre 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 moment des forces qui agissent sur le solide est nulle : $\sum_i M_{(\Delta)}\left(\vec{F}_i\right)=0$

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 $\sum \vec{F}_{ext}=\vec{0}$: immobilité du centre d'inertie
- La somme algébrique de moments est nulle $\sum_i M_{(\Delta)}\left(\vec{F}_i\right)=0$: 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 $M_{\Delta}\left(\vec{F}_1,\vec{F}_2\right)$
- 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.

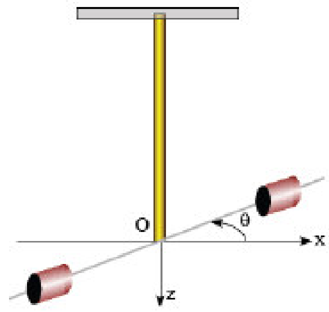
Le moment d'un couple est une grandeur algébrique dont le signe dépend du sens de rotation choisi.

- 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

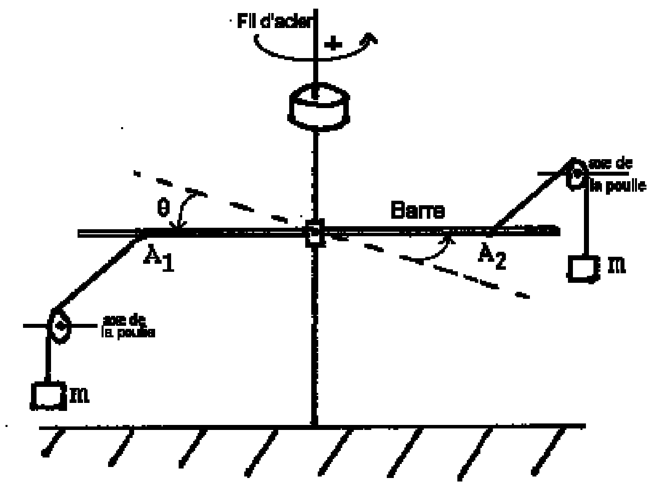
Un pendule de torsion est un solide suspendu à un fil métallique vertical, le centre de masse étant sur l'axe du fil métallique, l'autre extrémité du fil étant maintenue fixe dans un support.



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 :

$$M_C = -C.\theta$$

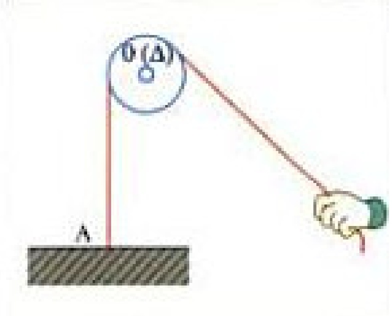
La constante C dite constante de torsion dépend de la longueur et du diamètre du fil et de la nature du matériau constituant le fil. Sa unité est $N.m.rad^{-1}$.



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.

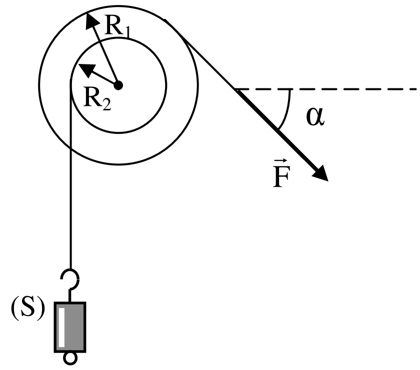


1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur le système constitué par le fil et la poulie, représenter le dispositif.
2. Pour chaque force, exprimer le moment par rapport à l'axe Δ
3. .
   a. Ecrire la condition d'équilibre de rotation de la poulie.
   b. En déduire l'intensité de la force $\vec{F}$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

Donnée : le rayon de la poulie sera noté r

Exercice 2 :

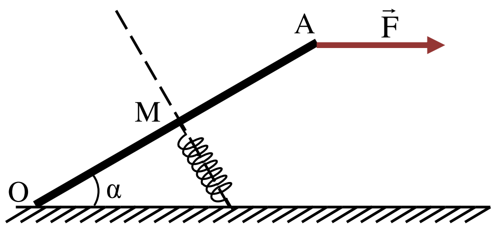
Une poulie différentielle de masse négligeable, à deux gorges de rayons respectifs R_1 et R_2 tel que $R_1 = 2R_2$ susceptible de tourner autour d'un axe fixe horizontal passant par son centre O. un fil de masse négligeable enroulé sur la gorge de rayon R_2, supporte un objet S de masse m=200g. on mis la poulie en équilibre par un fil enroulé sur l'autre gorge est tendu par la force $\vec{F}$ incliné de $\alpha = 45°$ 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 exercice 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 α=30° 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.

3. Déduire la constante de raideur de ressort sachant que l'élongation soit $\Delta\ell = -8\text{cm}$.
4. 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).

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

Données numériques : $\alpha = 30°$, $l = 10$ cm, $P = 1$ N, $F_1 = 1$ N, $F_2 = 3$ N

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

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

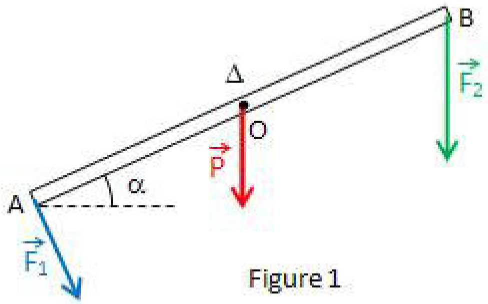


Figure 1

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)

1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la poutre.

2. Quelle doit être la tension du câble pour assurer l'équilibre de la poutre ?

3. Quelles sont les composantes (horizontale et verticale) de la force exercée par le mur sur la poutre ?

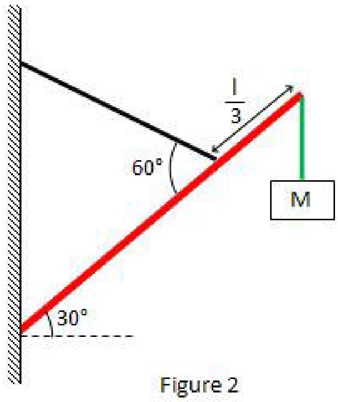


Figure 2

Exercice 6 :

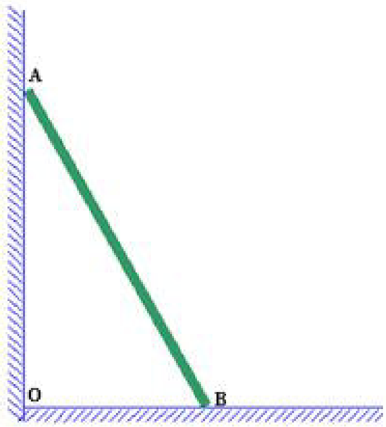
Une barre homogène AB de longueur l = 2 m est en équilibre comme l'indique la figure. Les points O, A et B sont dans un même plan vertical. La barre fait un angle α = 40° avec le mur vertical qui est lisse. La masse de la barre est m= 10 kg. On prendra g = 10 N.kg^{-1}

1. Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la barre.

2. Énoncer les conditions d'équilibre de la barre.

3. Représenter les forces qui s'exercent sur la barre.

4. 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.

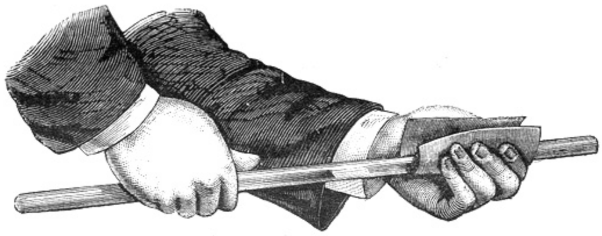
Partie II : Electricité

Unité 1 : courant électrique continue

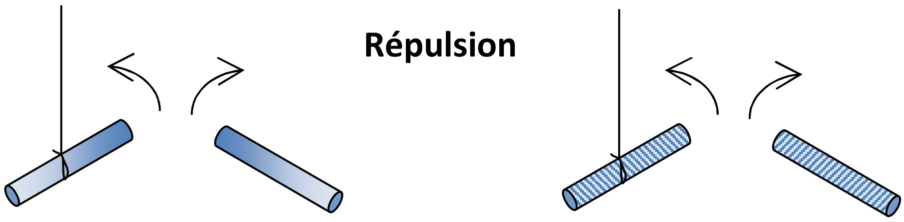
I. Courant électrique

1. Electrisation par frottement

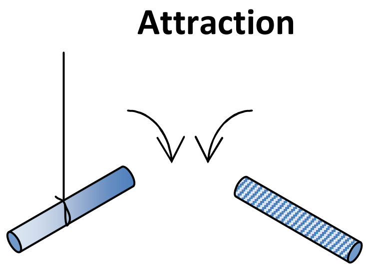
a. <u>Expérience</u>



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 replaçant le verre par l'ébonite (fig.2).

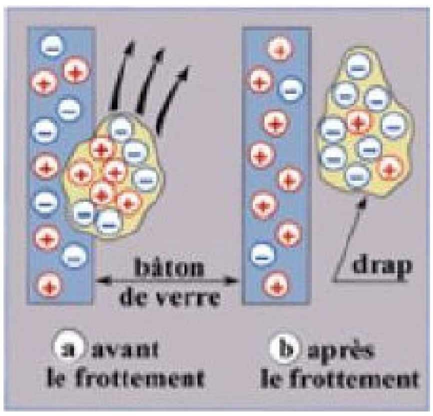


On approche un bâton d'ébonite électrisé à un bâton de verre suspendue



- 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 apparait sur le verre et celle qui apparait sur le bâton d'ébonite.

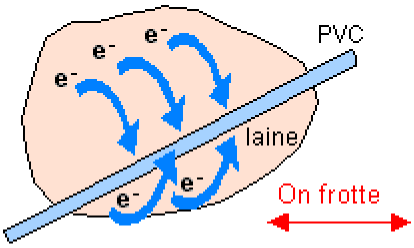
b. <u>Les deux types d'électricité et leurs interactions mutuelles.</u>



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

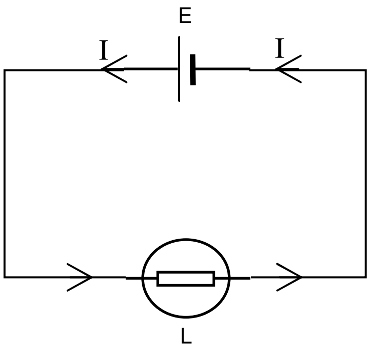
c. <u>Explication de phénomène d'électrisation par frottement.</u>

- 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

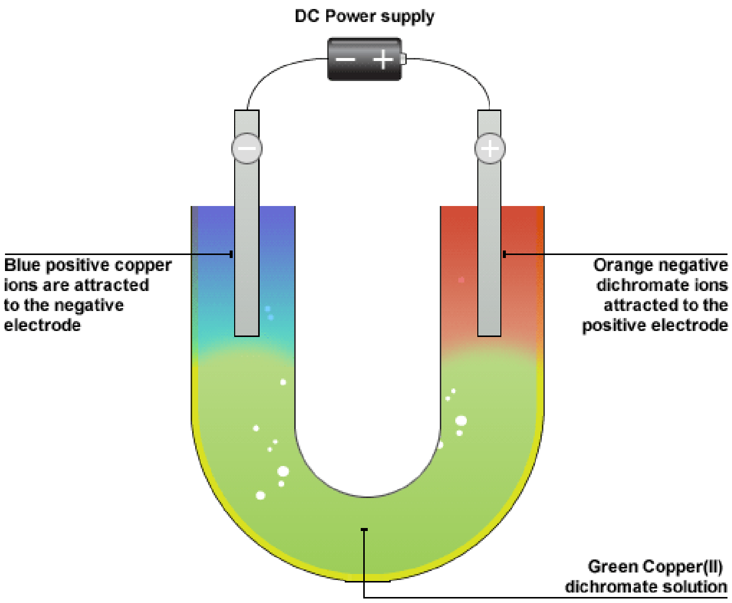
- Le courant électrique est le déplacement des charges électriques.
- Le courant circule dans un circuit électrique fermée de la borne positive vers la borne négative à l'extérieur du générateur (le pile)
- Représentation du sens conventionnelle du courant :



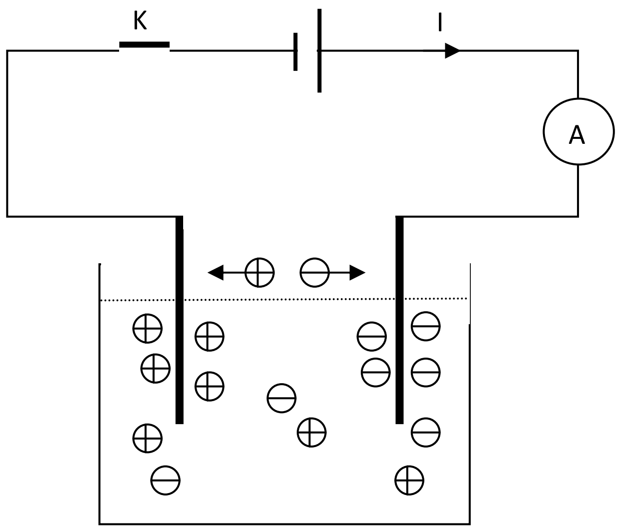
3. Nature du courant électrique dans les électrolytes

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).



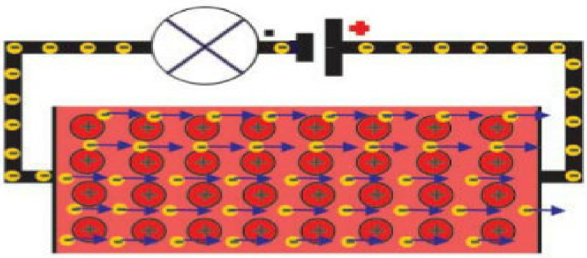
- Les ions positifs se déplacent vers l'électrode liée à la borne négative du générateur appelée cathode.
- Les ions négatifs se déplacent vers la deuxième électrode liée à la borne positive du générateur appelée anode.
- La circulation du courant est assurée par la double migration des ions. Les cations 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 $Q = |q| = N.\alpha.e$

N : Le nombre de porteurs de charge

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

E : La charge élémentaire $e = 1,6.10^{-19}C$

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=1,5mol 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.

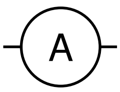
L'intensité se désigne par la lettre I et son unité est l'ampère A

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

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.

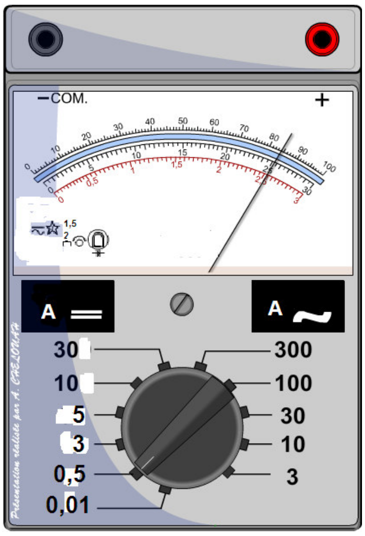
Pour éviter de détériorer l'ampèremètre. On a intérêt à le brancher sur le plus grand calibre. Il ne faut pas oublier de baisser le calibre, si possible, pour obtenir un affichage suffisamment précis.

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 mesuré

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

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 : $(I_{mesuré} \pm \Delta I)(A)$ ou

$I_{mesuré} - \Delta I \le I \le I_{mesuré} + \Delta I$

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.

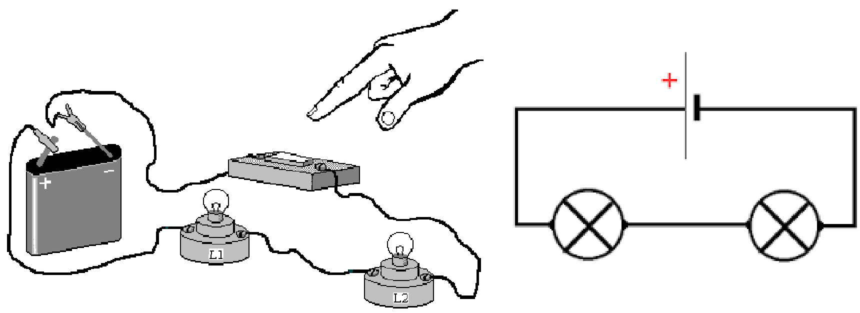
2.2.Ampèremètre numérique

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)



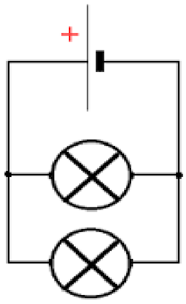
Lois d'unicité de l'intensité:

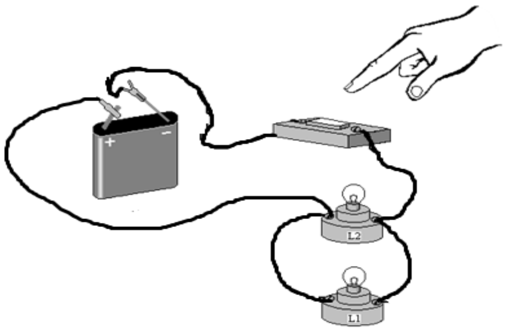
L'intensité du courant est la même en tout point d'un circuit série.

2. Montage en dérivation

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

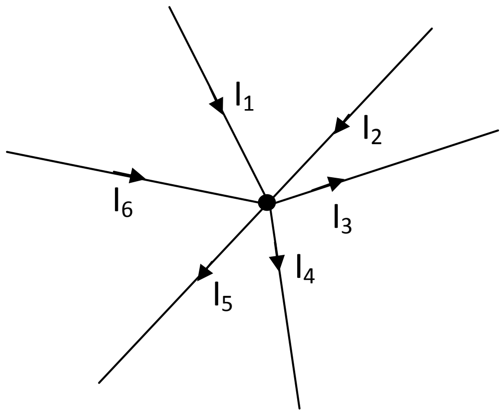
Un circuit en dérivation peut être distingué d'un circuit en série car il comporte toujours au moins deux boucles.



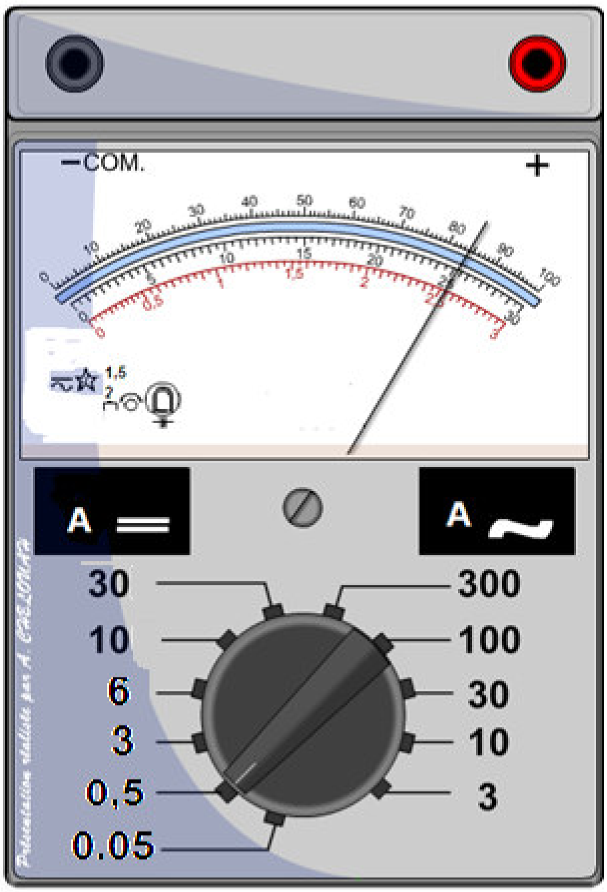


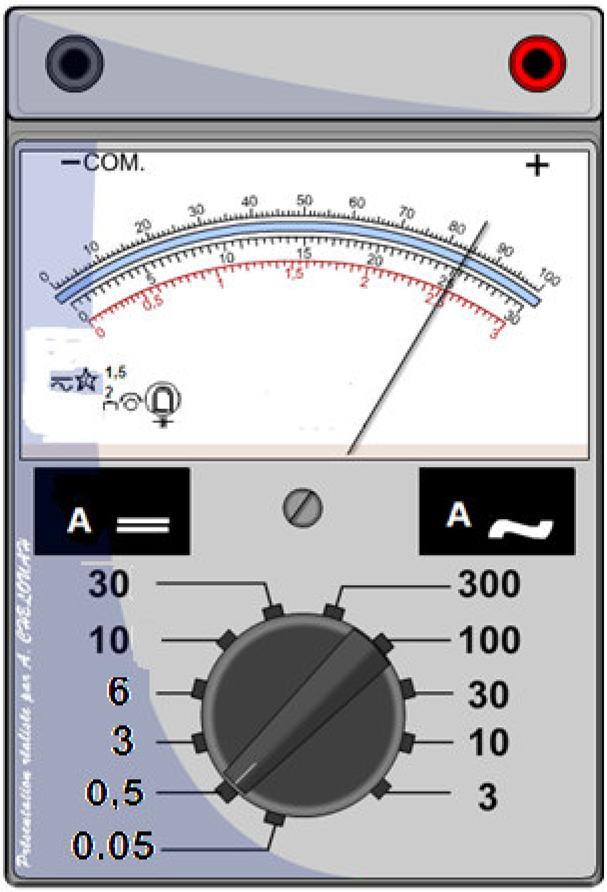
Loi de nœuds

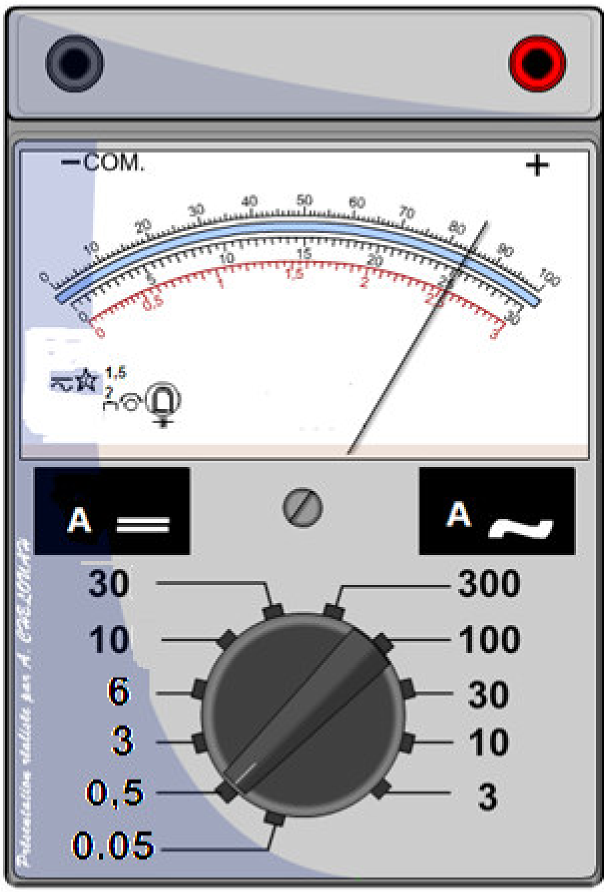
La somme des intensités des courants qui arrivent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui partent : $\sum I_{arrivent} = \sum I_{partent}$

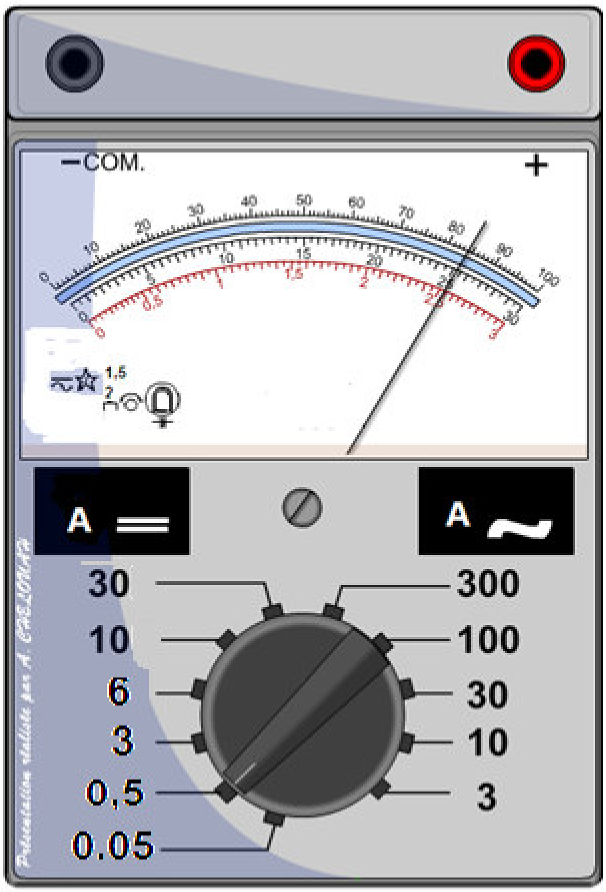


$$I_1 + I_2 + I_6 = I_3 + I_4 + I_5$$


−COM.
+
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
0 5 10 15 20 25 30
0 0,5 1 1,5 2 2,5 3
A
A
30
10
6
3
0,5
0.05
300
100
30
10
3


−COM.
+
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
0 5 10 15 20 25 30
0 0,5 1 1,5 2 2,5 3
A
A
30
10
6
3
0,5
0.05
300
100
30
10
3


−COM.
+
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
0 5 10 15 20 25 30
0 0,5 1 1,5 2 2,5 3
A
A
30
10
6
3
0,5
0.05
300
100
30
10
3


−COM.
+
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
0 5 10 15 20 25 30
0 0,5 1 1,5 2 2,5 3
A
A
30
10
6
3
0,5
0.05
300
100
30
10
3

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.

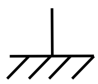
V_B : Potentiel électrique en B.

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

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 

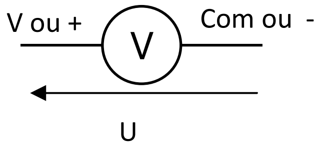
II. Mesure de tension électrique

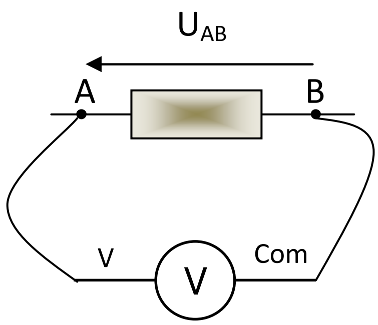
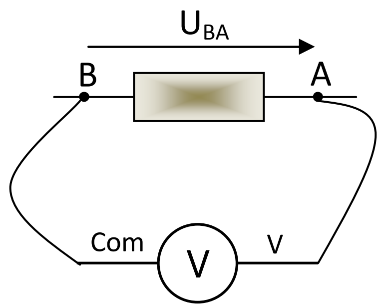
1. Utilisation de voltmètre

Les appareils servent 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 en mesure la tension.

Le voltmètre est représenté par le symbole normalisé :



	
La tension mesurée est U_{AB}	La tension mesurée est U_{BA}

a. Voltmètre à aiguille ou analogique

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

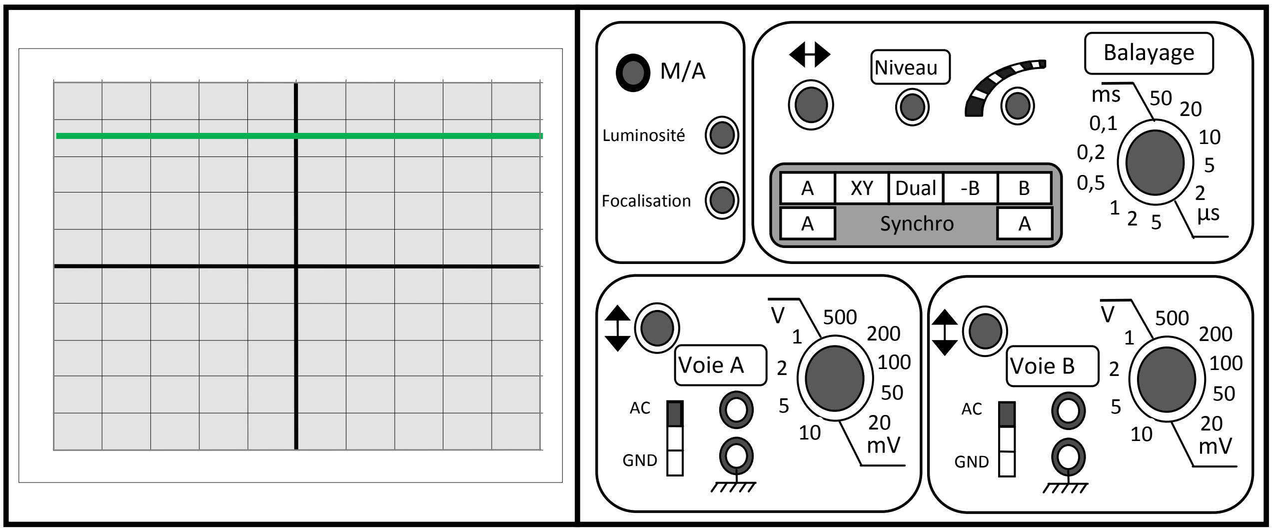
- C : le calibre utilisé pour mesurer la tension
- n : Division de déviation de l'aiguille ou de lecture.
- n_0 : Le nombre de division de cadran de lecture

- L'incertitude absolue : $\Delta U = \frac{C \times classe}{100}$
- L'incertitude relative ou précision de mesure : est le rapport $\frac{\Delta U}{U}$

Exercice : pour mesurer la tension U aux bornes d'un générateur ; on utilise un voltmètre dont le cadran comporte 150 divisions. Le calibre choisi est 30 V. l'aiguille s'arrête devant la division 45. Classe de l'appareille est 1,5.

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.

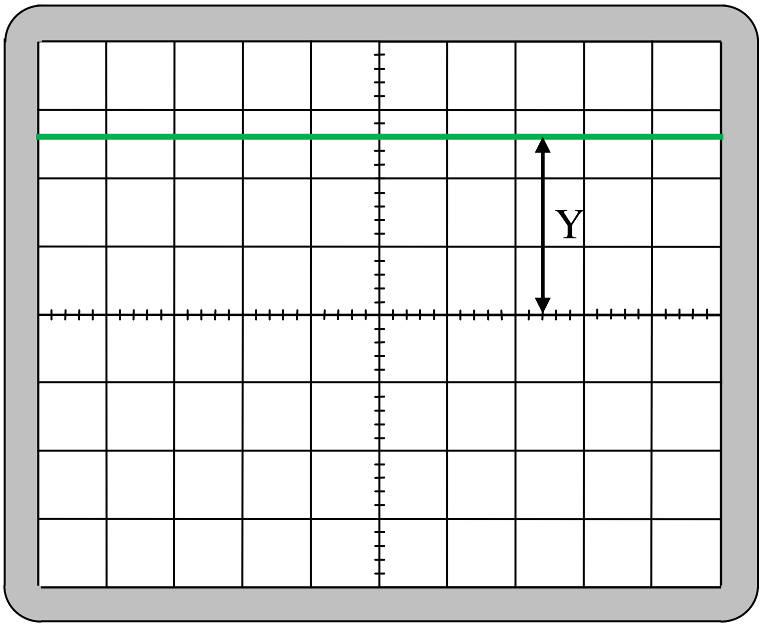
2. Mesure de tension par l'oscilloscope.



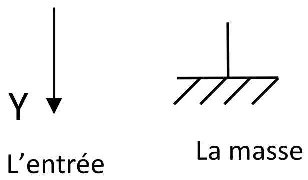
La tension mesurée est déterminée par la relation : $U = Y \times S_V$

Y : Nombre de division de déviation verticale de la spote lumineuse correspond la tension en div.

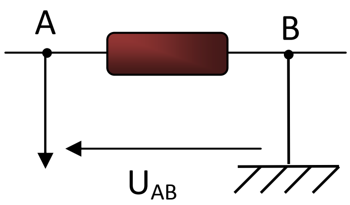
S_V ou S_Y : la sensibilité verticale de l'oscilloscope en Volt/div.

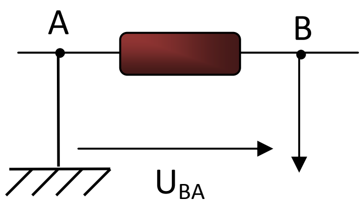


L'oscilloscope est représenté par le symbole suivant :



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 ordonnés 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.

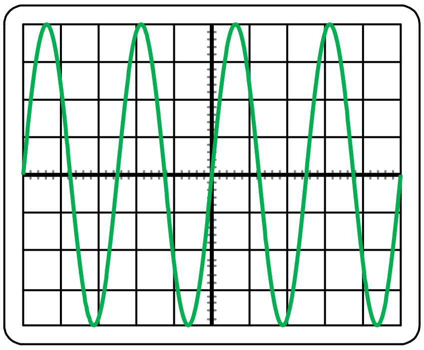
3. Montage en dérivation

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



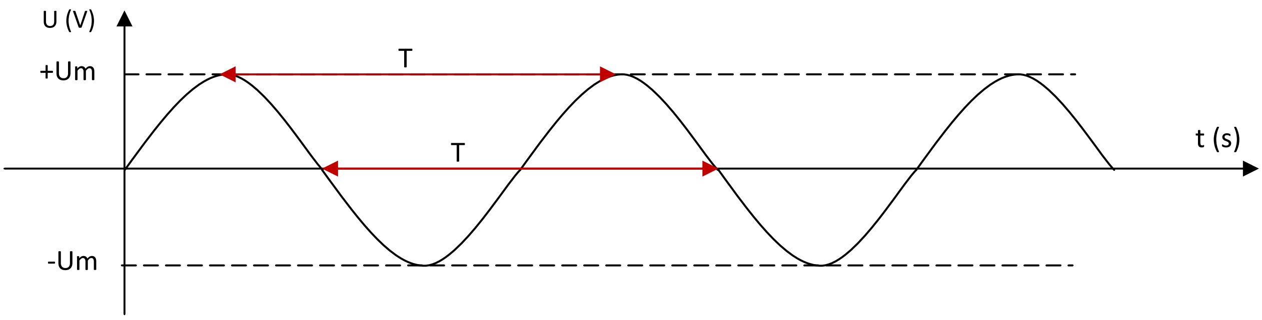
Une tension alternative est une tension variable qui prend alternativement deux valeurs limites l'une positives et l'autre négatives.

La tension alternative sinusoïdale est toute tension alternative se décrire 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 le 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 : $U_m = Y_m \times S_V$

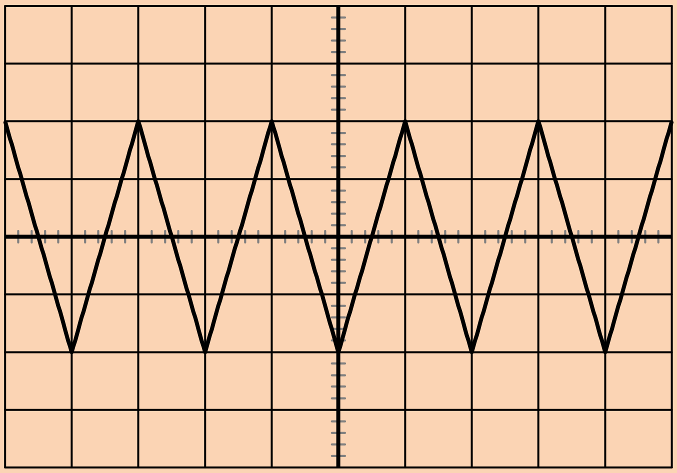
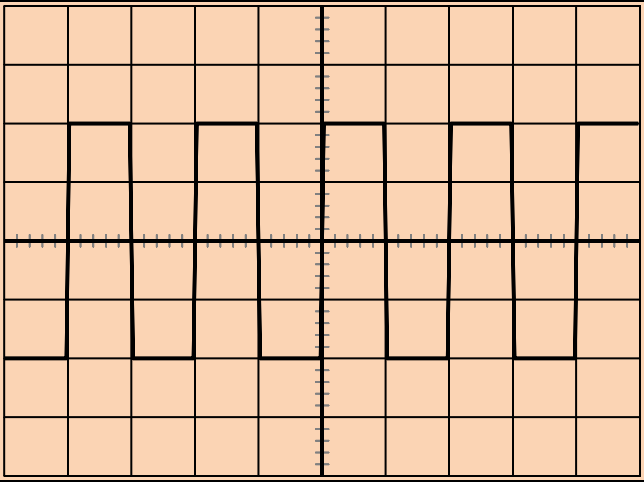
Y_m : Nombre de division correspond l'amplitude.

✓ 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)

Tension triangle	Tension créneaux ou carrée
	

Unité 1 : Association des conducteurs ohmiques

تجميع الموصلات الأومية

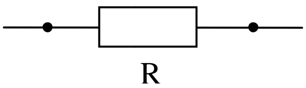
I. Conducteur ohmique

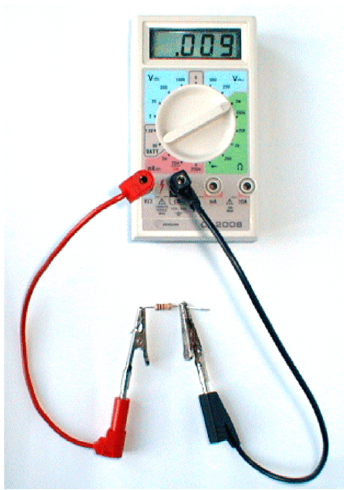
1. Définition du conducteur ohmique

Le conducteur ohmique (résitor ou résistance) est un dipôle passif caractérisé par un 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:

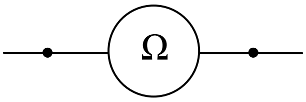




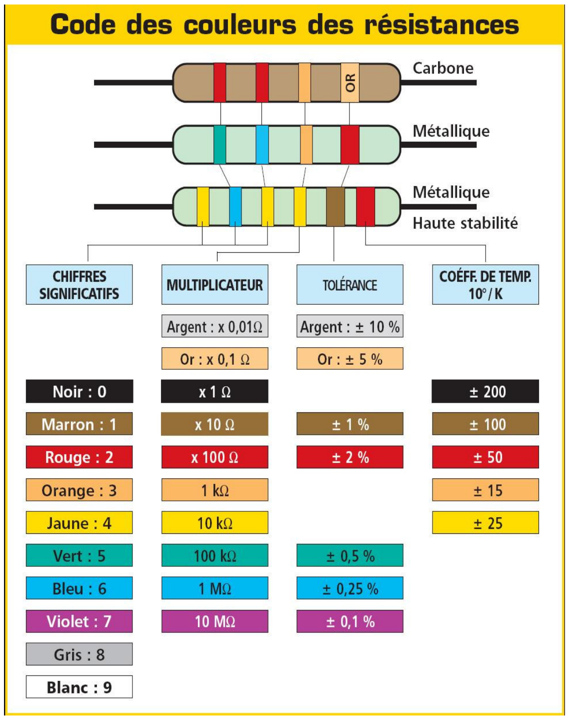
2. Comment déterminer la valeur de ma résistance d'un conducteur ohmique.

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 connaitre la résistance. Le symbole électrique d'un ohmmètre est le suivant :



b) Utilisation du code des couleurs

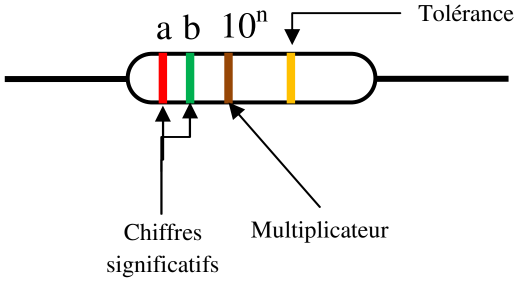


Il es possible de déterminer la valeur de la résistance d'un conducteur ohmique en utilisant les anneaux de couleur disposés sur celui-ci par les fabricants.

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

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



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

Exemples :

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

3. Loi d'Ohm

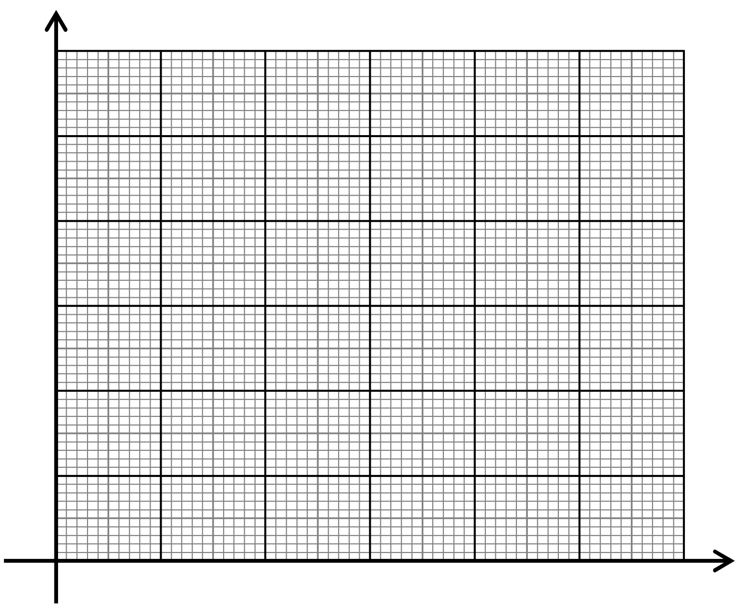
On réalise le montage ci-contre avec un générateur 0 – 15 V et un conducteur ohmique de résistance R=…….

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.

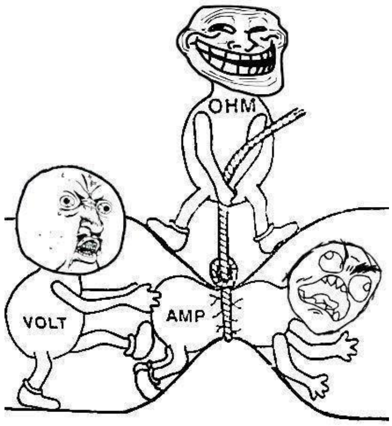
L'équation de la droite est : U = k.I

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

Déterminer k ?

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

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.

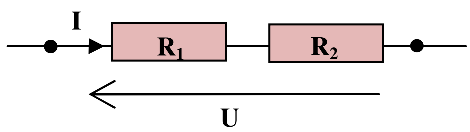
Définition de loi d'OHM :

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 :

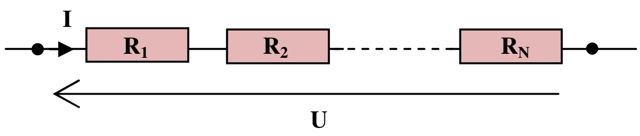
$$R = R_1 + R_2$$

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.

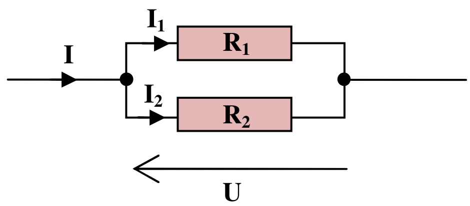
$$R=\sum_{i=1}^{N} Ri$$

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



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 : $U=R_1.I_1$ et $U=R_2.I_2$

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

$$I= \frac{U}{R_1}+\frac{U}{R_2} = (\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}) . U$$

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 : $I= \frac{1}{R} . U = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}) . U$

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

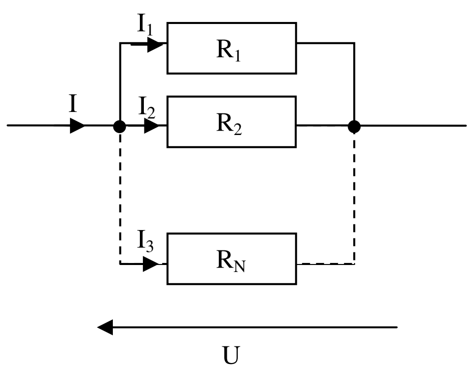
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Généralisation :

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

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

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



III. Diviseur de tension

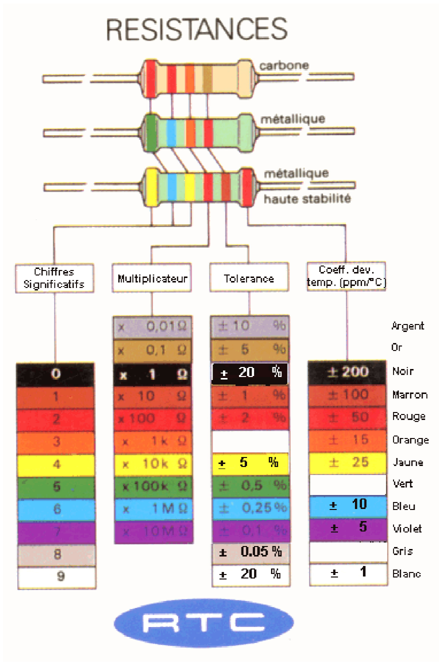
Le montage diviseur de tension (ou potentiométrique) permet d'obtenir une tension de sortie Us réglable de 0 à une valeur maximale U_0.

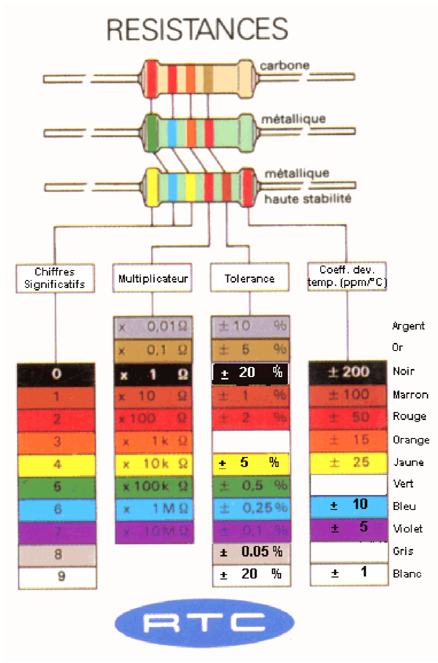
1. Montage diviseur de tension par deux conducteurs ohmiques

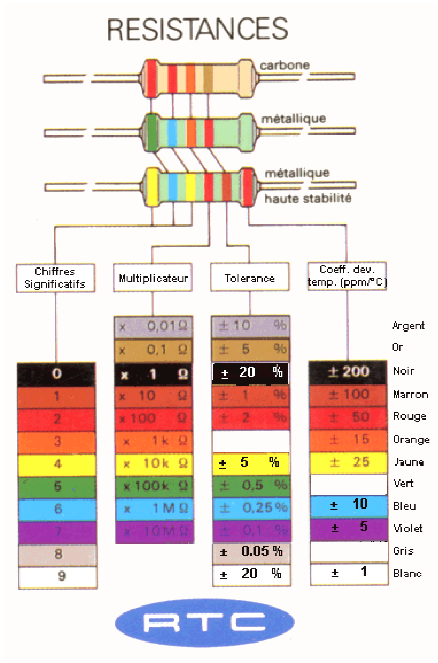
2. Montage diviseur de tension par rhéostat.

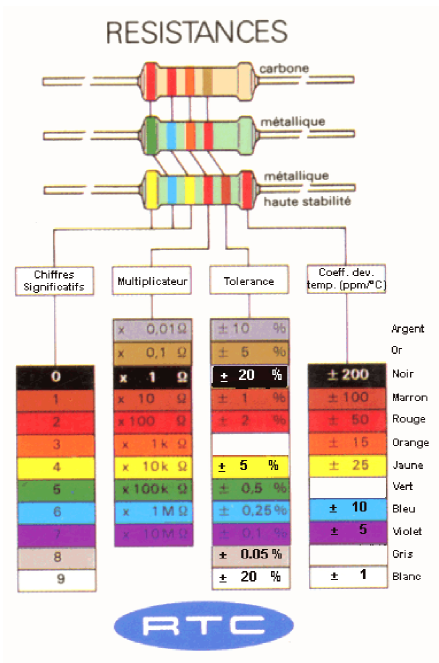
a. Rhéostat

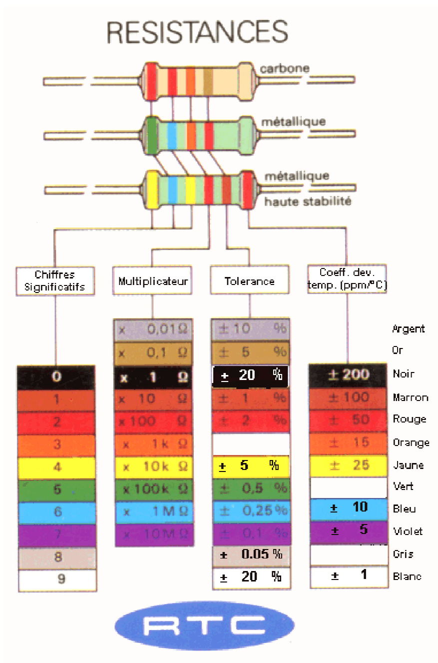
b. Montage diviseur de tension par rhéostat

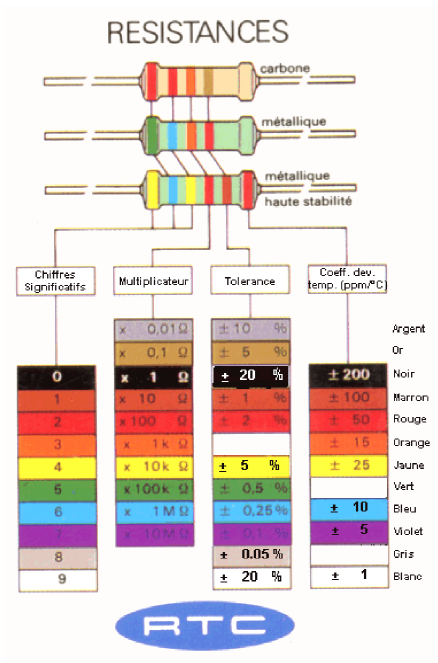

RESISTANCES
carbone
métallique
métallique
haute stabilité
Chiffres Significatifs
Multiplicateur
Tolerance
Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
x 0,01Ω
x 0,1 Ω
x 1 Ω
x 10 Ω
x 100 Ω
x 1k Ω
x 10k Ω
x 100k Ω
x 1 MΩ
x 10 MΩ
± 10 %
± 5 %
± 20 %
± 1 %
± 2 %
± 5 %
± 0,5 %
± 0,25 %
± 0,1 %
± 0.05 %
± 20 %
± 200
± 100
± 50
± 15
± 25
± 10
± 5
± 1
Argent
Or
Noir
Marron
Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet
Gris
Blanc
RTC

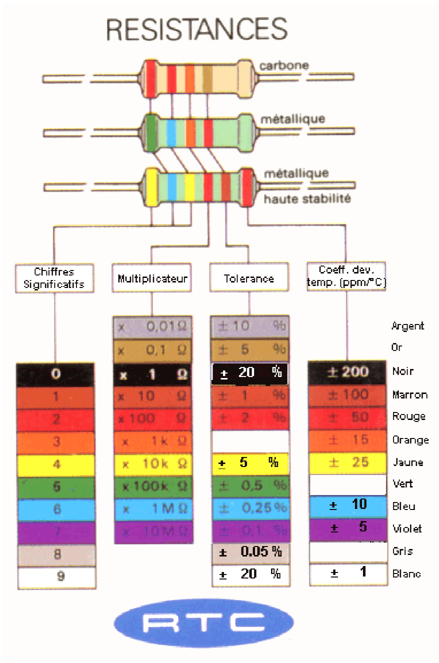

RESISTANCES
carbone
métallique
métallique
haute stabilité
Chiffres Significatifs
Multiplicateur
Tolerance
Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
x 0,01Ω
x 0,1 Ω
x 1 Ω
x 10 Ω
x 100 Ω
x 1k Ω
x 10k Ω
x 100k Ω
x 1 MΩ
x 10 MΩ
± 10 %
± 5 %
± 20 %
± 1 %
± 2 %
± 5 %
± 0,5 %
± 0,25 %
± 0,1 %
± 0.05 %
± 20 %
± 200
± 100
± 50
± 15
± 25
± 10
± 5
± 1
Argent
Or
Noir
Marron
Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet
Gris
Blanc
RTC

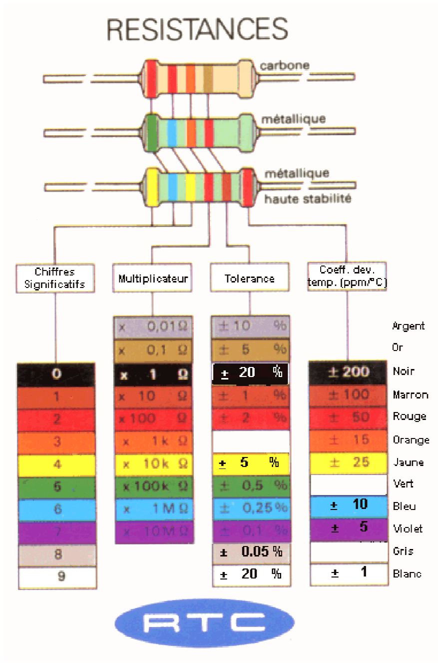

RESISTANCES
carbone
métallique
métallique
haute stabilité
Chiffres Significatifs
Multiplicateur
Tolerance
Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
x 0,01Ω
x 0,1 Ω
x 1 Ω
x 10 Ω
x 100 Ω
x 1k Ω
x 10k Ω
x 100k Ω
x 1 MΩ
x 10 MΩ
± 10 %
± 5 %
± 20 %
± 1 %
± 2 %
± 5 %
± 0,5 %
± 0,25 %
± 0,1 %
± 0.05 %
± 20 %
± 200
± 100
± 50
± 15
± 25
± 10
± 5
± 1
Argent
Or
Noir
Marron
Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet
Gris
Blanc
RTC

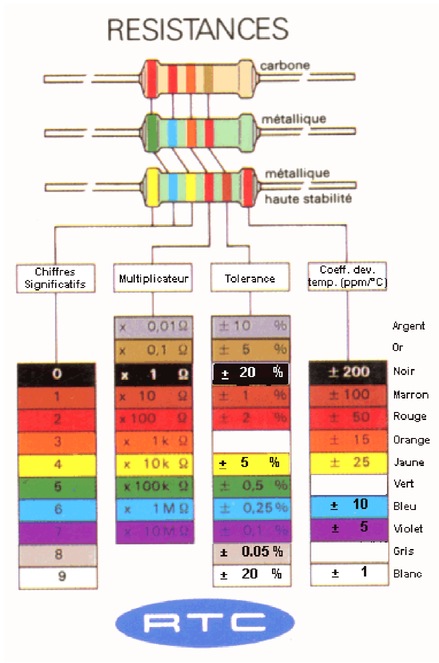

RESISTANCES
carbone
métallique
métallique
haute stabilité
Chiffres Significatifs
Multiplicateur
Tolerance
Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
x 0,01Ω
x 0,1 Ω
x 1 Ω
x 10 Ω
x 100 Ω
x 1k Ω
x 10k Ω
x 100k Ω
x 1 MΩ
x 10 MΩ
± 10 %
± 5 %
± 20 %
± 1 %
± 2 %
± 5 %
± 0,5 %
± 0,25 %
± 0,1 %
± 0.05 %
± 20 %
± 200
± 100
± 50
± 15
± 25
± 10
± 5
± 1
Argent
Or
Noir
Marron
Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet
Gris
Blanc
RTC


RESISTANCES
carbone
métallique
métallique
haute stabilité
Chiffres Significatifs
Multiplicateur
Tolerance
Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
x 0,01Ω
x 0,1 Ω
x 1 Ω
x 10 Ω
x 100 Ω
x 1k Ω
x 10k Ω
x 100k Ω
x 1 MΩ
x 10 MΩ
± 10 %
± 5 %
± 20 %
± 1 %
± 2 %
± 5 %
± 0,5 %
± 0,25 %
± 0,1 %
± 0.05 %
± 20 %
± 200
± 100
± 50
± 15
± 25
± 10
± 5
± 1
Argent
Or
Noir
Marron
Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet
Gris
Blanc
RTC


RESISTANCES
carbone
métallique
métallique
haute stabilité
Chiffres Significatifs
Multiplicateur
Tolerance
Coeff. dev. temp. (ppm/°C)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
x 0,01Ω
x 0,1 Ω
x 1 Ω
x 10 Ω
x 100 Ω
x 1k Ω
x 10k Ω
x 100k Ω
x 1 MΩ
x 10 MΩ
± 10 %
± 5 %
± 20 %
± 1 %
± 2 %
± 5 %
± 0,5 %
± 0,25 %
± 0,1 %
± 0.05 %
± 20 %
± 200
± 100
± 50
± 15
± 25
± 10
± 5
± 1
Argent
Or
Noir
Marron
Rouge
Orange
Jaune
Vert
Bleu
Violet
Gris
Blanc
RTC







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

مميزة مولد – مميزة مستقبل – نقطة الاشتغال