

# COURS ET EXERCICES PHYSIQUE - CHIMIE

TRONC COMMUN SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE



## Equipe de Travail

Ahmed RAZKAOUI

Amine EL FARROUJI

Jamal IHITASSEN

Mohamed EL GUENNOUNI

Zakaria NAFIAË

Mohamed ATOUATI

Radouan BOURBOUH

Jamal AJDID

Farida LATRACHE

Abdellah BOFDIL

Abdelkarime AMMOR

Abdelhalim AANIBA

Omar AABID



EDITION 2021-2022

# **PROGRAMME DE PHYSIQUE CHIMIE –TRONC COMMUN SCIENCE**

## **I.PHYSIQUE :**

<b>Parties du programme</b>	<b>Eléments du programme</b>
<b>Mécanique</b>	<b>1. Interactions mécaniques</b> 1.1. Attraction universelle (Gravitation universelle) 1.2. Exemples d'actions mécaniques :
	<b>2. Mouvement</b>
	<b>3. Principe d'inertie</b>
	<b>4. Equilibre d'un corps solide</b> 4.1. Force exercée par un ressort – Poussée d'Archimède. 4.2. Equilibre d'un corps solide soumis à l'action de trois forces. - 4.3. Equilibre d'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe.
<b>Electricité</b>	<b>1. Courant électrique continu</b>
	<b>2. Tension électrique</b>
	<b>3. Montages électriques</b> 3.1. Association des conducteurs ohmiques. 3.2. Caractéristiques de quelques dipôles passifs. 3.3. Caractéristique d'un dipôle actif.
	<b>4. Montages électroniques</b> 4.1. Le transistor. 4.2. L'amplificateur opérationnel.

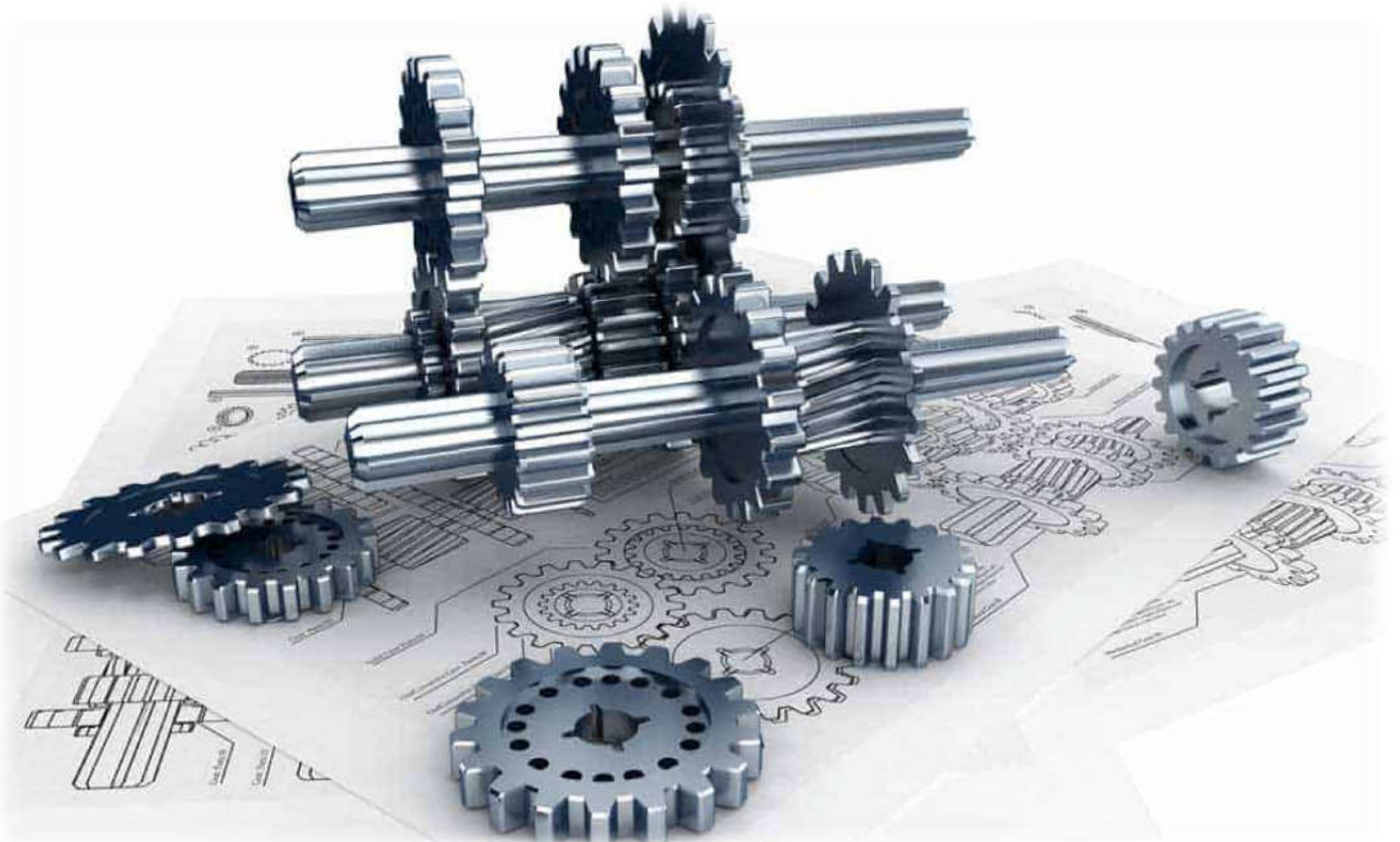
## **II-CHIMIE**

<b>Parties du programme</b>	<b>Eléments du programme</b>
<b>La chimie autour de nous</b>	<b>1. Les espèces chimiques</b>
	<b>2. Extraction, séparation et identification d'espèces chimiques.</b>
	<b>3. Synthèse des espèces chimiques</b>
<b>Constitution de la matière</b>	<b>1. Modèle de l'atome</b>
	<b>2. Géométrie de quelques molécules</b>
	<b>3. Classification périodique des éléments chimiques.</b>
<b>Transformations de la matière</b>	<b>1. Outils de description d'un système</b> 1.1. De l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique : la mole 1.2. Concentration molaire des espèces moléculaires en solution
	<b>2. Transformation chimique d'un système.</b> 2.1. Modélisation de la transformation chimique. 2.2. Bilan de matière.

# Physique

## Partie :

# Mécanique



# Chapitre 1 : La gravitation universelle

Il y a des microscopes perfectionnés permettent d'explorer la matière jusqu'au niveau atomique et avec des télescopes de plus en plus performants, nous observons des galaxies très éloignées.

- Comment pouvons-nous exprimer des distances et des tailles allant de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique ?
- Existe-il une loi régie le mouvement et les interactions des planètes et des étoiles dans l'univers ?

## I- L'échelle des longueurs de l'univers

### 1- Unité de longueur / Multiples et sous multiples d'une unité :



L'unité de la longueur dans le système international est le mètre, noté m. Le tableau suivant montre quelques multiples et sous-multiples du mètre :

Nom	Multiples					Sous-multiples			
	Téra	Giga	Méga	Kilo	Mili	Micro	Nano	Pico	Femto
symbole	T	G	M	k	m	$\mu$	n	p	f
Valeur en (m)	$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$

*Exemple de quelques longueurs*

- ✓ Rayon de la terre : 6400 km
- ✓ Distance moyenne entre la terre et la lune : 384000 km
- ✓ Diamètre d'un globule rouge : 7  $\mu$ m
- ✓ Longueur d'une porte : 2 m

### 2- Unité astronomique et L'année lumière

Pour exprimer les longueurs à l'échelle astronomique, on utilise plus souvent d'autres unités telles-que :

- **Unité astronomique** : est la distance moyenne entre la terre et la lune tel que :  $1 \text{ U.A.} = 1.5 \cdot 10^8 \text{ km}$
- **L'année lumière** : est la distance parcourue par la lumière dans le vide pendant une année avec une vitesse de  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

### 3- Ecriture scientifique et Ordre de grandeur d'un nombre :

La notation scientifique est l'écriture d'un nombre sous la forme du produit :  $a \cdot 10^n$

Avec a : nombre décimal  $1 \leq a < 10$  et n, entier positif ou négatif

- Si  $a < 5$  alors l'ordre de grandeur du nombre est  $10^n$
- Si  $a \geq 5$  alors l'ordre de grandeur est  $10^{n+1}$

**Exemple :**

	Distance	Distance en mètre (Notation scientifique)	Ordre de grandeur
<b>Terre-Lune</b>	380 000 km = $3,8 \cdot 10^8$ m	380 000 km = $3,8 \cdot 10^8$ m	$10^8$ m
<b>Rayon atome d'hydrogène</b>	0,105 nm = $1,05 \cdot 10^{-10}$ m	0,105 nm = $1,05 \cdot 10^{-10}$ m	$10^{-10}$ m
<b>Dimension d'une molécule</b>	2 nm = $2 \cdot 10^{-9}$ m	2 nm = $2 \cdot 10^{-9}$ m	$10^{-9}$ m
<b>Rayon de la Terre</b>	6400 km = $6,4 \cdot 10^6$ m	6400 km = $6,4 \cdot 10^6$ m	$10^7$ m
<b>Taille d'un homme</b>	170 cm = 1,70 m	170 cm = 1,70 m	$10^0 = 1$ m

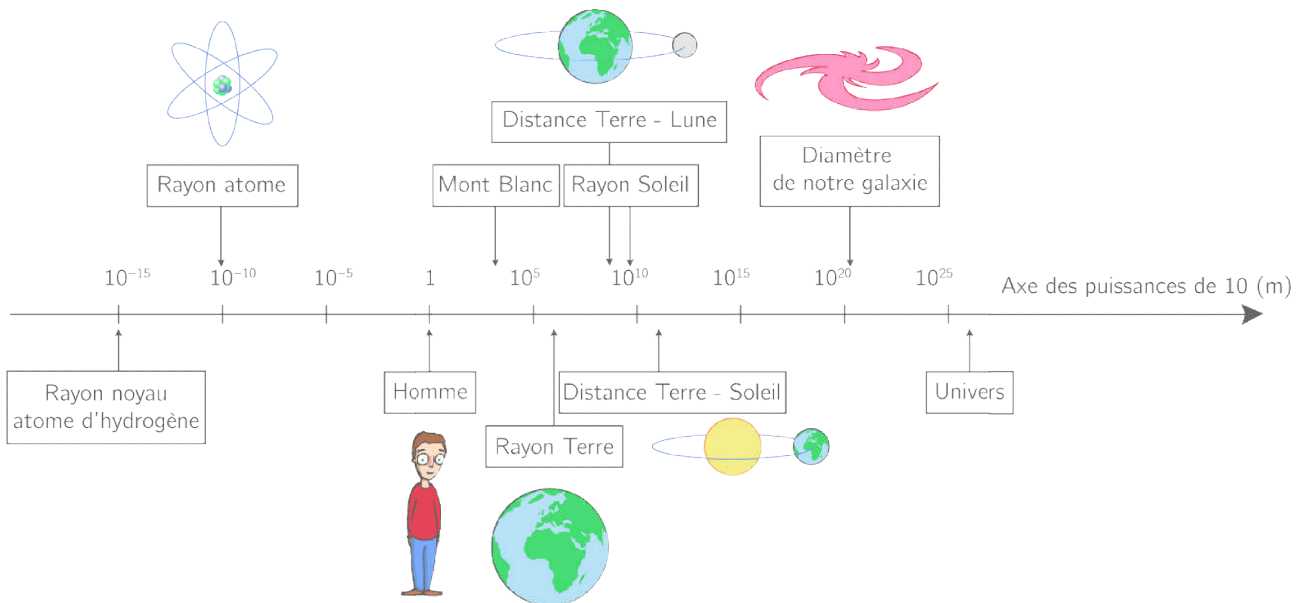
**Remarque :**

- Pour comparer les valeurs prises par une grandeur physique (Exemples : une masse une longueur), il faut les convertir dans la même unité.
- Deux valeurs seront du même ordre de grandeur si le quotient de l'ordre de grandeur de la plus grande par la plus petite est compris entre 1 et 10.

**4- Echelle de longueurs :**

L'échelle de longueurs est un axe gradué en puissance de nombre 10, permet de classer les longueurs de l'infiniment petit (les atomes...) vers l'infiniment grand (les étoiles, les planètes...)

Pour explorer et décrire l'univers. Le physicien construit une échelle de distance de l'infiniment petit vers l'infiniment grand, c'est l'échelle des longueurs.



**Exercice d'application**

A toutes les échelles de l'Univers, on trouve des noyaux dont les diamètres sont donnés dans le tableau ci-dessous, Exprimer les valeurs de ces diamètres en mètre, à l'aide d'une écriture scientifique et représenter leurs ordres de grandeur dans un échelle de longueurs :

Noyau	Diamètre
D'un atome	$10^{-6}$ nm =
D'une cellule	5 mm =
D'une cerise	6 mm =
De la Terre	1275 km =

## II- la gravitation universelle :

### 1- Définition :

Deux corps A et B sont en **interaction gravitationnelle** s'ils exercent mutuellement, l'un sur l'autre, des forces d'attraction dues au seul fait qu'ils ont une masse non nulle.

### 2- Enoncé et expression mathématique de la loi de la gravitation universelle :

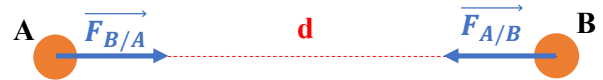
La gravitation est une interaction (action réciproque) attractive entre tous les objets qui ont une masse. C'est une interaction qui s'exerce à distance. Cette interaction dépend de la masse des objets et de la distance qui les sépare.

Donc deux objets A et B, de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , dont les centres sont séparés par une distance  $d$ , exercent l'un sur l'autre des actions mécaniques attractives modélisées par des forces  $\vec{F}_{A/B}$  et  $\vec{F}_{B/A}$ , appelées forces d'attraction gravitationnelle tel que ces deux forces ont :

- Même droite d'action (AB)
- Deux sens opposés
- Même intensité (ou valeur)

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

N (force) →  $F_{A/B} = F_{B/A}$   
 Kg (masse) →  $m_A, m_B$   
 N.m<sup>2</sup>.Kg<sup>-2</sup> (constante G) →  $G$   
 m (distance) →  $d$



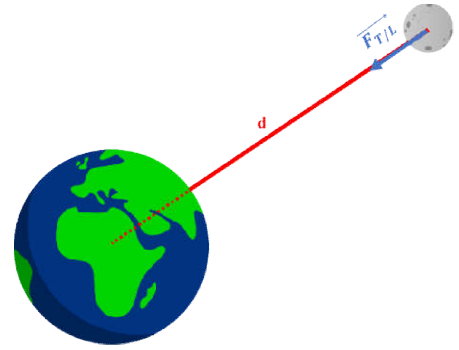
Avec  $G$  c'est la constante de gravitation universelle :  $G = 6.67 \cdot 10^{-11}$  (SI)

### 3- L'interaction gravitationnelle entre deux corps à répartition sphérique de masse :

La loi de l'attraction gravitationnelle peut être généralisée à tous les corps à répartition sphérique de masse. C'est à dire un corps dont la matière est répartie uniformément autour de lui ou en couches sphériques homogènes autour de son centre. C'est le cas des Planètes et des Etoiles.

**Exemple :** Dans le cas de l'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune, l'intensité de la force exercée par la Terre sur la Lune est donnée par l'expression :

$$F_{T/L} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2}$$



Avec :

$M_T$  : Masse de la Terre  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$

$M_L$  : Masse de la Lune  $M_L = 7,34 \cdot 10^{22} \text{ Kg}$

$d$  : distance entre le centre de la Terre et le centre de la Lune.

Donc La force d'attraction gravitationnelle est :

$$F_{T/L} = G \cdot \frac{M_T \cdot M_L}{d^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,98 \cdot 10^{24} \cdot 7,34 \cdot 10^{22}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

**Remarque :** La force qu'exerce la Terre sur la Lune est égale en intensité à la force exercée par la Lune sur la Terre  $F_{T/L} = F_{L/T}$

### III- Poids d'un corps et force gravitationnelle

#### 1- Poids d'un corps

Le poids  $\vec{P}$  d'un corps est la force d'attraction qu'il subit lorsqu'il est situé à la surface de la Terre. Il est donné par la relation suivante :  $\vec{P} = m\vec{g}$

Les caractéristiques du poids sont :

- **Point d'application** : centre de gravitation du corps
- **Direction** : la verticale
- **Sens** : de haut en bas (vers le centre de la Terre)
- **Intensité** :  $P = m g$

#### 2- Expression de l'intensité de la pesanteur

On peut considérer que le poids  $\vec{P}$  d'un objet est égal à la force de gravitation  $\vec{F}$  exercée par la Terre sur cet objet, et on écrit :  $P = F = m g$  avec  $F = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2}$

Donc :  $m g = G \frac{M_T m}{(R_T + h)^2}$

Alors l'expression de l'intensité de la pesanteur est :

$$g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \quad (1)$$

Cette relation montre que l'intensité de la pesanteur  $g$  varie avec l'altitude.

À la surface de la terre ( $h = 0$ ), l'intensité de la pesanteur est notée :

$$g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2} \approx 9,81 \text{ N.kg}^{-1} \quad (2)$$

À partir de (1) et (2), on déduit que :

$$g = g_0 \frac{R_T^2}{(R_T + h)^2}$$

### Exercice d'application

On considère un satellite (S), de masse  $m$ , se trouve à une hauteur  $h$  de la surface de la terre (on considère que la terre est sphérique).

1- Représente sur un schéma la force d'attraction exercée par la terre sur le satellite (S)

2- Donner l'expression la force d'attraction exercée par la terre sur le satellite (S)

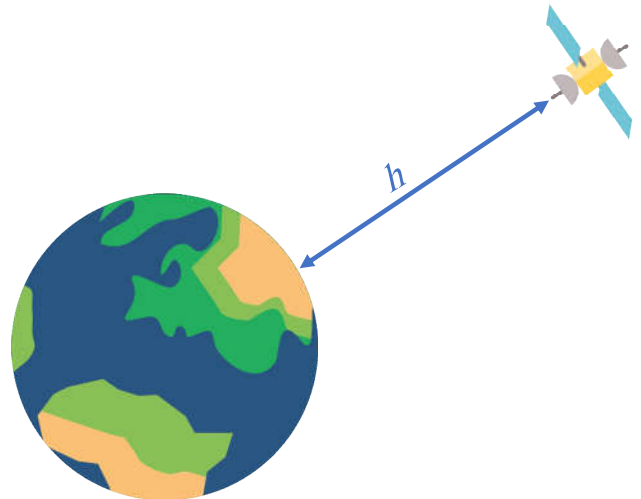
3- Retrouver l'expression de l'intensité de la pesanteur à la surface de la terre:  $g_0$

4- Donner l'expression de la hauteur  $h$  en fonction de  $g_0$ ,  $g_h$  et  $R_T$

5- Calculer  $h$  pour  $g_h = 2,45 \text{ N.kg}^{-1}$ .

6- Donner l'unité de la constante de gravitation universelle  $G$  dans le système international des unités

7- Calculer le poids du satellite à la surface de la terre puis à la hauteur  $h$  :  $h = 3 \times R_T$



#### Données :

- $m = 8,00 \cdot 10^2 \text{ kg}$  ;  $M_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$  ;
- $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$  ;  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ (SI)}$

# Chapitre 2 : Exemples d'actions mécaniques

## I. la notion d'action mécanique :

### 1-les actions mécaniques et leurs effets :

On appelle action mécanique ,toute cause capable de :

- +Mettre en mouvement un objet
- +Modifier le mouvement ,la vitesse ou la trajectoire
- +Déformer un objet

Pour décrire l'action mécanique on doit préciser l'objet qui exerce l'action (acteur) et l'objet qui subit (receveur)

### 2-Modélisation d'une action mécanique :

Une action mécanique se modélise par un vecteur  $\vec{F}$  dont les caractéristique sont les suivantes :

- +point d'application :c'est le point où l'action mécanique est exercée
- +Direction :c'est la direction suivant laquelle s'exerce l'action mécanique considérée
- +Sens :sens de l'action mécanique
- +Intensité : c'est une valeur positive qui est mesurable par un dynamomètre

## II. Classification des actions mécaniques :

### 1-les actions à distance :

Il n'y a pas de contact entre l'acteur et le receveur et se sont des actions réparties dans toute la matière de l'objet

++Exemples : forces gravitationnelles, forces magnétiques, forces électriques

### 2- les actions de contact :

Il y a un contact entre l'acteur et le receveur .On distingue :

#### 2-1- actions de contact localisées

Elle s'exercent sur un point précis ou sur une petite surface du receveur

++ Exemple : Tension du fil - Tension du ressort :

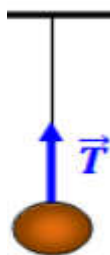
#### Tension du fil :

point d'application : le point d'accrochage du fil

Direction :celle du fil

sens :vers le support

intensité : Notée  $T$  exprimée en newton



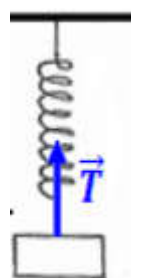
#### Tension du ressort :

point d'application : le point d'accrochage du fil

Direction : celle du ressort

sens : vers le support

intensité : Notée  $T$  exprimée en newton



#### 2-2- actions de contact réparties :

Elle s'exercent sur une grande surface du receveur

++ Réaction du plan  $\vec{R}$

Cas 1 : contact sans frottement : la force  $\vec{R}$  exercée par le plan sur le corps est perpendiculaire au plan

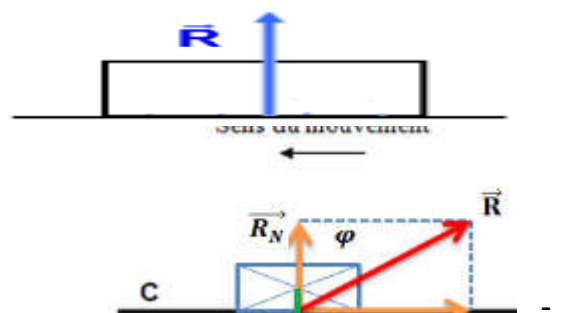
Cas 2 : contact avec frottement : la réaction du plan  $\vec{R}$  est incliné d'un angle  $\varphi$  par rapport à la surface normale de contact

++l'angle  $\varphi$  appelée angle de frottement

++la réaction  $\vec{R}$  à deux composantes :

Composante normale  $\vec{R}_N$  :elle est normale au plan .empêche le solide de s'enfoncer dans le plan

-Composante tangentielle :  $\vec{R}_T = \vec{f}$  : appelée aussi force de frottement empêche le solide de glisser sur le plan



vectorellement on écrit  $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T = \vec{R}_N + \vec{f}$

On a aussi  $R^2 = R_N^2 + R_T^2$

++On définit le coefficient de frottement par :  $K = \tan\varphi = \frac{R_T}{R_N}$

**Remarques :**

- ✓ Un contact est considéré sans frottement dans le cas où les surfaces sont lisses ou lubrifiées ou que l'objet glisse sur coussin d'air, la réaction tangentielle est négligée.
- ✓ La modélisation donnée ci-dessus reste la même que ce soit dans le cas des plans inclinés ou horizontaux.

**3-Forces intérieures -Forces extérieures :**

Avant de tout étude mécanique Il faut définir avec précision le système étudié .ce système peut-être un corps ou plusieurs corps

les forces intérieures sont celles qui sont exercées par des objets intérieurs au système

les forces extérieures sont celles qui sont exercées par des objets extérieurs au système

**III- Forces pressantes**

**Mise en évidence des forces pressantes :**

considère une bouteille en plastique remplie d'eau.

perce un trou sur sa paroi, on constate que le jet est perpendiculaire aux parois.

**Caractéristiques de la force pressante :**

Point d'application : le trou

Direction : perpendiculaire à la paroi de la bouteille

Sens : vers les parois

Intensité :elle dépend de la surface pressée

**2-pression**

La pression P en pascal (Pa)est égale au quotient de la valeur de la force pressante F

en newton (N) par la surface pressée S en m<sup>2</sup>

$$P = \frac{F}{S}$$

Autres unités de pression : **1bar=10<sup>5</sup>Pa**

**1atm=101325Pa**

**Remarque :**

la pression atmosphérique: c'est la pression exercée par l'air ambiant qui nous entoure.

**3-Mesure de la pression d'un gaz.**

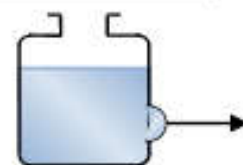
Pour mesurer la pression d'un gaz, on utilise le manomètre.

Les manomètres utilisent comme principe de fonctionnement la déformation d'une paroi métallique;

-Les manomètres absolus: ils donnent la pression d'un gaz par rapport au vide.

-Les manomètres relatifs: ils donnent la différence entre la pression du gaz et la pression atmosphérique.

**Schématisation**



1-  
on  
On

**Série d'exercice**

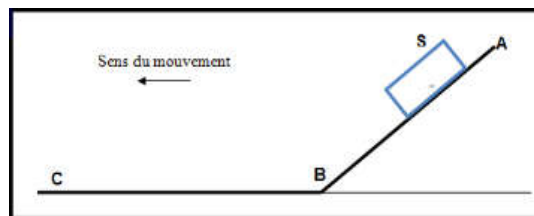
**Exercice 1 :** Compléter le tableau suivant

Forces	de contact		à distance
	Localisée	Répartie	
interaction gravitationnelle: Une pomme tombe d'un arbre			
Un aimant attire une bille en fer			
Le vent exerce une force sur les voiles d'un bateau			
Un marteau frappe un clou			
L'action du ressort sur un corps solide			
La réaction de la table sur le livre			
Le poids			

### Exercice 2 :

On considère un corps solide ( S ), de masse m , glisse sur une piste ABC .AB plan incliné par rapport à l'horizontal BC

1. Déterminer le système étudié
2. Faire l'inventaire des forces agissant sur le système
3. Représenter  $\vec{R}$  la réaction du plan dans les cas suivant:
  3. 1 Contact avec frottement
  3. 2 Contact sans frottement

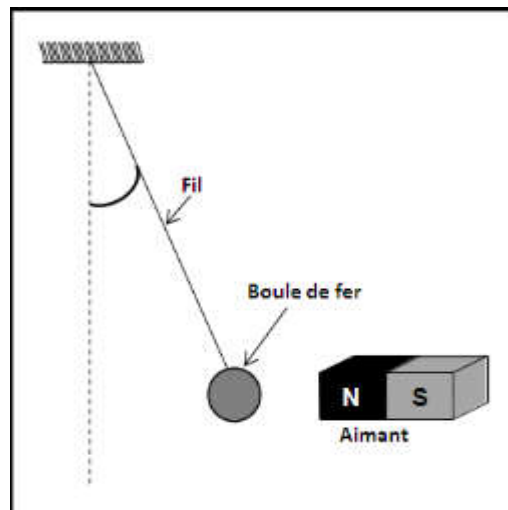


### Exercice 3 :

On prendra:  $g=10\text{N.kg}^{-1}$

Un pendule se compose d'une boule de fer de masse  $m=0,5\text{kg}$  accrochée à l'extrémité d'un fil dont l'autre extrémité fixée à un support fixe. Lorsqu'on approche un aimant le pendule dévie comme l'indique la figure ci-contre.

1. Faire l'inventaire des forces modélisant les actions appliquées à la boule.
2. Sachant que le module de la tension du fil est  $T=4\text{N}$ , et le module de la force magnétique est  $F=3\text{N}$ 
  2. 1 Donner les caractéristiques de  $\vec{P}$  (poids du corps),  $\vec{T}$  et  $\vec{F}$
  2. 2 Représenter sur le schéma les vecteurs forces  $\vec{P}$ ,  $\vec{T}$  et  $\vec{F}$
3. Classifier les forces précédentes
4. En considérant le système {boule+aimant}, parmi les forces précédentes, donner les forces intérieures et extérieures à ce système

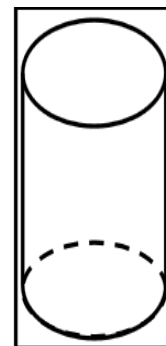


### Exercice 4 :

1. la figure ci-contre représente un récipient cylindrique contenant un gaz sous la pression  $p=1,5\text{Bar}$ .

1. Représenter le vecteur de la force pressante appliquée par le gaz sur la base du récipient sans souci d'échelle.
2. Calculer  $F$  l'intensité de la force pressante appliquée par le gaz sur la base du récipient.
2. Calculer la pression résultante d'une force appliquée d'intensité  $F=2\text{N}$  sur la surface d'un disque de rayon  $R=20\text{cm}$  en Bar et en Pascal

On donne: -le diamètre du récipient  $D=8\text{cm}$  ;  $1\text{Bar}=10^5\text{Pa}$



### Exercice 5

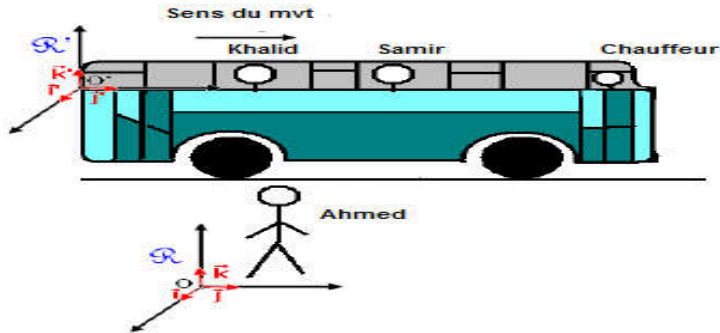
Un corps solide (S) de masse  $m=350\text{g}$  se déplace sur un plan horizontal. les composantes tangentielle et normale de la réaction du plan sont respectivement  $R_T = 4\text{N}$  et  $R_N = 3\text{N}$

- 1- Faire l'inventaire des forces appliquées sur le corps solide
- 2- Pour chaque force, dire si elle est localisée ou répartie, de contact ou à distance.
- 3- Calculer l'intensité du poids du corps solide ( $g=10\text{N/Kg}$ )
- 4- Calculer  $R$  l'intensité de la réaction du plan.
- 5- Calculer  $K$  le coefficient de frottement et déduire la valeur de  $\varphi$  angle de frottement
- 6- Donner les caractéristiques de la réaction du plan
- 7- En utilisant l'échelle  $1\text{cm} \text{-----} 2\text{N}$  représenter les forces appliquées sur le corps solide

# Chapitre 3 : Le mouvement

## Activité1 : Relativité du mouvement

Un bus roule lentement dans une ville .Samir(S) est assis dans lu bus .Khalid (K) marche dans l'allé vers l'arrière du bus pou faire des signes à Ahmed(A) ,qui est sur le bord de la route .



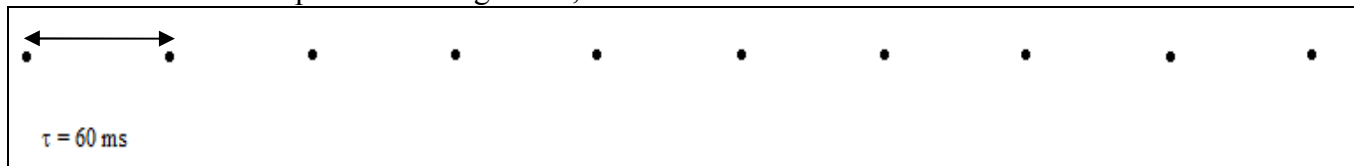
1) Compléter le tableau ci-dessous en disant si X est en mouvement ou immobile par rapport à Y :

	S	K	A	Le bus
S				
K				
A				
Le bus				

2) Conclure ? .....

## Activité2 : Repère d'espace R(O,x,y,z) et repère de temps

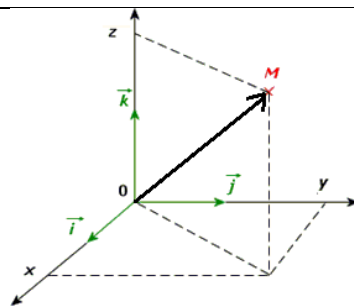
On lâche le mobile autoporteur sur une table horizontale et on enregistre les positions successives du point M de ce mobile. Entre deux positions enregistrées, il s'est écoulé une durée  $\tau=60s$ .



### Repère d'espace R(O,x,y,z)

Pour repérer les positions du point M :

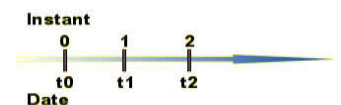
On prend comme solide de référence le point M<sub>0</sub>



### Repère de temps

Pour déterminer les dates de l'espace temps :

On prend M<sub>3</sub> comme origine des dates



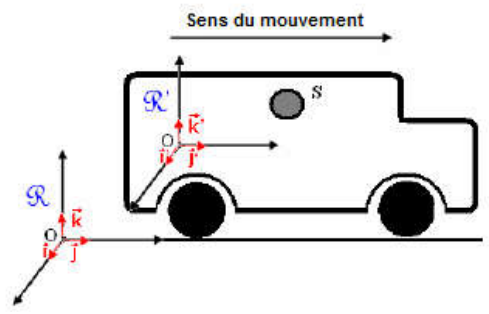
1) Compléter le tableau suivant ?

Positions de M	M <sub>0</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>
Le temps : t(s)								
Cordonnées du point M : x(m)								

## Activité3 : La trajectoire

2) Quelle est la forme de la trajectoire du point S par rapport à R' ?

- 3) Quelle est la forme de la trajectoire du point S par rapport à R ?  
 .....  
 .....  
 4) Conclure ?  
 .....  
 .....



**Activité4 : Vitesse d'un point en mouvement, Vecteur vitesse et natu**

Pour préciser la direction, le sens et la valeur de la vitesse instantanée en un point, on utilise le vecteur vitesse noté  $v$ .

Exemple : vecteur vitesse au point  $A_2$  noté  $v_2$

**Origine** : Le point  $A_2$

**Sens**: même sens du mouvement

**Direction** : tangential à la trajectoire en  $A_2$

**Valeur** : donné par la relation  $v_2 = \frac{A_1A_3}{2 \cdot \tau}$

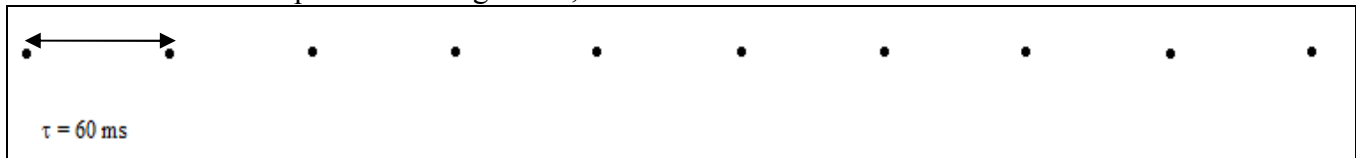
**Représentation** : par une flèche de longueur proportionnelle à la valeur.

**Expérience**

Mettre en marche la pompe alimentant le coussin d'air du mobile utilisé. Choisir la durée  $\tau$  et noter sa valeur. Réaliser un enregistrement avec le professeur.

**1<sup>er</sup> cas :**

On lâche le mobile autoporteur sur une table horizontale et on enregistre les positions successives du point M de ce mobile. Entre deux positions enregistrées, il s'est écoulé une durée  $\tau = 60ms$ .



- 1) Noter sur cet enregistrement les positions du point M ( $M_0, M_1, M_2 \dots$ ).  
 2) Calculer la vitesse instantanée aux dates  $t_1, t_5$  et  $t_8$ . ?

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

- 3) Représenter les vecteurs-vitesse à ces 3 dates en précisant l'échelle utilisée. ?

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- 4) Calculer la vitesse moyenne entre la position  $M_0$  et  $M_7$  ?

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- 5) Conclure. Quelle est la nature du mouvement de ce point M ?

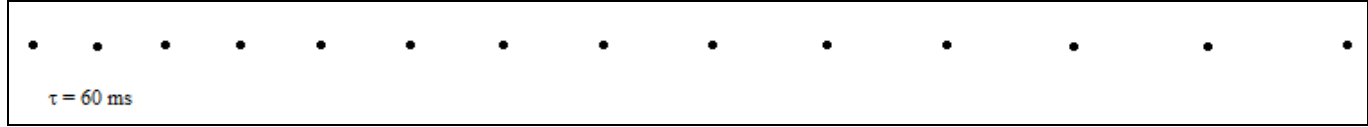
.....  
 .....

- 6) Tracer la fonction  $x=f(t)$ , et donner son expression (équation horaire) ?

.....  
 .....

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....

**2<sup>ème</sup> cas :** On lâche le mobile autoporteur sur une table inclinée et on enregistre les positions successives du point M de ce mobile. Entre deux positions enregistrées, il s'est écoulé une durée  $\tau = 60$  ms.



- 1) Noter sur cet enregistrement les positions du point M ( $M_0, M_1, M_2 \dots$ ).
- 2) Calculer la vitesse instantanée aux dates  $t_1, t_5$  et  $t_8$ .

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- 3) Représenter les vecteurs -vitesse à ces 3 dates en précisant l'échelle utilisée ?

.....  
 .....

- 4) Calculer la vitesse moyenne entre les deux points  $M_0$  et  $M_7$  ?

.....

- 5) Conclure. Quelle est la nature du mouvement de ce point M ?

.....  
 .....

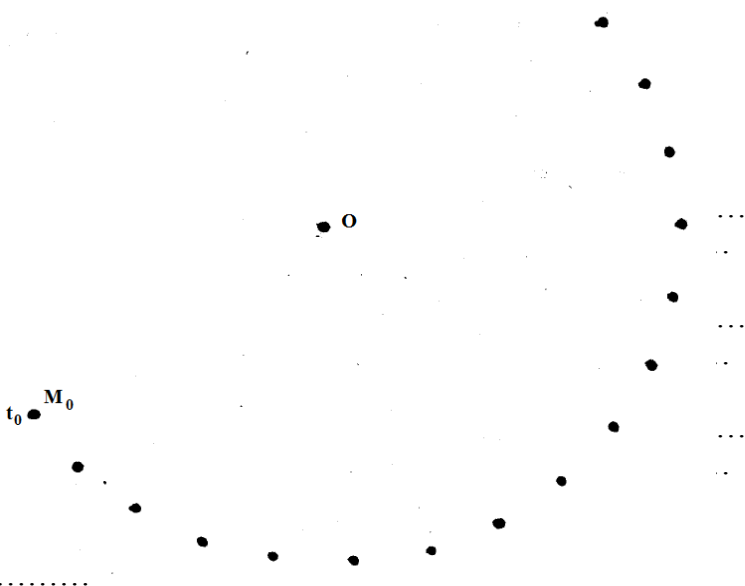
**3<sup>ème</sup> cas :** En utilisant une tige, on lance un mobile autoporteur sur la table horizontale. Le mobile tourne autour d'un plot fixe. On enregistre les positions successives du point M de ce mobile.

Entre deux positions enregistrées, il s'est écoulé une durée  $\tau = 60$  ms.

- 1) Noter sur cet enregistrement les positions du point M ( $M_0, M_1, M_2 \dots$ ). ?

- 2) Calculer la vitesse instantanée aux dates  $t_1, t_5$  et  $t_8$ . ?

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



- 3) Représenter les vecteurs-vitesse à ces 3 dates en précisant l'échelle utilisée. ?

.....  
 .....

.....  
.....  
.....  
4) Le vecteur-vitesse est-il constant au cours du mouvement ? Justifier ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

5) Conclure quand à la nature et les caractéristiques de ce mouvement ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## I. Relativité du mouvement.

### Définition.

Le mouvement d'un point est relatif à un référentiel, **on dit que le mouvement est relatif.**

Il est donc important de préciser le **référentiel** dans lequel on étudiera le mouvement.

### II. Le repère.

#### a) Repère de temps.

### Définition.

Le repère de temps est constitué d'une **origine** des temps ( $t=0s$ ), fixée par l'observateur et d'une durée  $\tau$  (ms) unitaire fixant une chronologie.

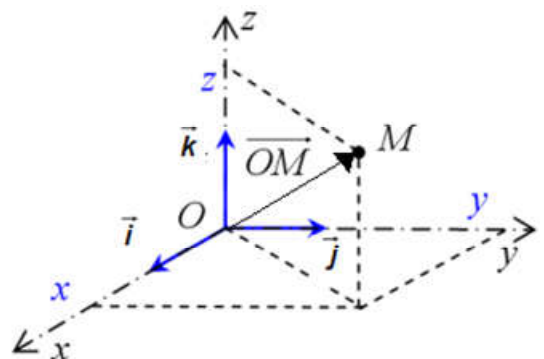
À chaque instant, on associe un nombre réel  $t$  appelé date qui correspond à la durée écoulée depuis l'instant origine ( $t=0s$ ).

#### b) Repère d'espace.

### Définition.

-Un repère d'espace est défini par une origine  $O$  qui est fixe dans le référentiel et des axes de référence orthonormés et munis d'une unité de longueur (vecteur unitaire de norme égale à 1) qui vont permettre à l'observateur de juger dans quelle direction se trouve un point.

- Les trois axes forment un repère direct  $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ .



-L'étude du mouvement dans un **plan** nécessite 2 axes  $(Ox, Oy)$

-L'étude d'un mouvement dans l'espace nécessite 3 axes  $(Ox, Oy, Oz)$ .

-À chacun de ces axes est associé un vecteur unitaire respectivement  $\vec{i}$ ,  $\vec{j}$  et  $\vec{k}$ .

-Les vecteurs  $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$  forment une base orthonormée.

-Dans le repère  $R(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ . on appelle  $\vec{OM}$  vecteur position:  $\vec{OM} = x. \vec{i} + y. \vec{j} + z. \vec{k}$

avec : x, y et z sont les coordonnées du vecteur position  $\vec{OM}$  dans le repère R orthonormé.

### III. La trajectoire

#### a) Définition

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

#### b) Exemples

+ La trajectoire est une droite : on dit que ce mouvement est rectiligne

+ La trajectoire est un cercle: on dit que ce mouvement est circulaire.

+ la *trajectoire* est une courbe quelconque : on dit que ce mouvement est curviligne

#### c) Remarque :

La trajectoire est relative à un référentiel.

### IV. Notion de la vitesse

#### a) La vitesse moyenne.

**Définition :** La vitesse moyenne  $V_m$  d'un point d'un solide dont on connaît la trajectoire entre deux instants de dates  $t_1$  et  $t_2$  est définie par la relation.

$$V_{moy} = \frac{d}{\Delta t}$$

d : La distance parcourue en (m)

$\Delta t = t_2 - t_1$  est le temps en (s)

**Remarque :** On peut utiliser aussi l'unité de vitesse  $\text{km.h}^{-1}$  (ce n'est pas une unité du SI) :

#### b) La vitesse instantanée.

La vitesse instantanée  $V_i$  d'un point M est sa vitesse à l'instant t est définie par :

#### c) Le vecteur-vitesse.

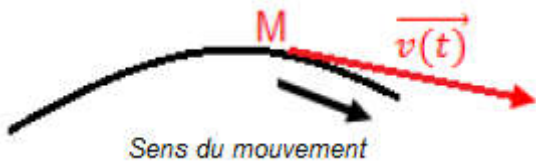
Les caractéristiques du vecteur-vitesse au point M sont:

- L'origine : le point M.
- La direction : la tangente en M à la trajectoire.
- Le sens : le sens du mouvement du mobile.

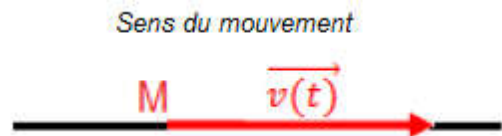
• La valeur : la vitesse instantanée  $V_i(t)$  à la date  $t$  est donnée par la relation :  $v_i(t) = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2.\tau}$

#### d) Exemples : représentation graphique du vecteur-vitesse

Trajectoire curviligne



Trajectoire rectiligne



#### V. Le mouvement rectiligne uniforme

##### e) Définition

Dans un référentiel donné, le mouvement d'un point M est **rectiligne uniforme** si en chaque instant son **vecteur vitesse est constant** et la **trajectoire rectiligne**. On écrit :  $\vec{v}(t) = \vec{cte}$

##### f) L'équation horaire.

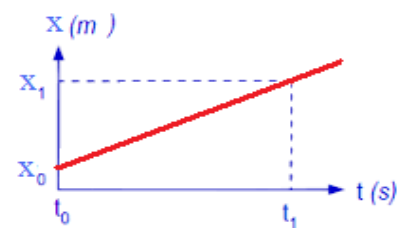
L'équation horaire de mouvement rectiligne uniforme s'écrit sous la forme

$$x(t) = v.t + x_0$$

avec :  $t$  : Temps en (s)

$v$  : Vitesse en (m/s)

$x_0$  : *Abscisse* initiale  $x(t=0) = x_0$  en (m)



#### VI. Le mouvement circulaire uniforme

##### g) Définition

Dans un référentiel donné le mouvement d'un point M est circulaire uniforme si en chaque instant la valeur  $v$  de la vitesse est constante et que la trajectoire est une portion de cercle de rayon  $R$

##### h) La vitesse angulaire $\omega$ .

La Vitesse angulaire est  $\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$  ( $rad.s^{-1}$ ) Avec  $\Delta\theta = 2\pi.n$  et ( $n$  : nombre de tours)

##### i) La période et la fréquence

La **période** est le temps  $T$  pour qu'un point M effectue un tour complet.  $T = \frac{2\pi}{\omega}$  en (s)

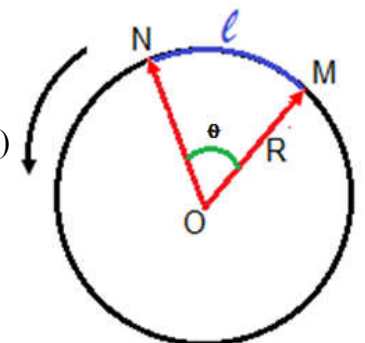
La **fréquence** est le nombre de tours effectués par seconde  $f = N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$  en (Hz).

La **vitesse linéaire**  $V$  d'un point M en rotation est :

$$\text{On a } V = \frac{\ell}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad \ell = R.\theta \quad \text{d'où} \quad V = \frac{R.\theta}{\Delta t} = R.\omega \rightarrow V = R.\omega$$

$R$  : Rayon de la trajectoire circulaire d'un point en (m)

$v$  : Vitesse linéaire en (m/s)



## Exercices : Le mouvement et la vitesse

### Exercice 1

Un mobile autoporteur est lancé et glisse sans frottement sur une table horizontale. La durée entre 2 prises successives est

$\Delta t = 60 \text{ ms}$ . L'enregistrement de sa trajectoire est donnée par la figure ci - dessous :

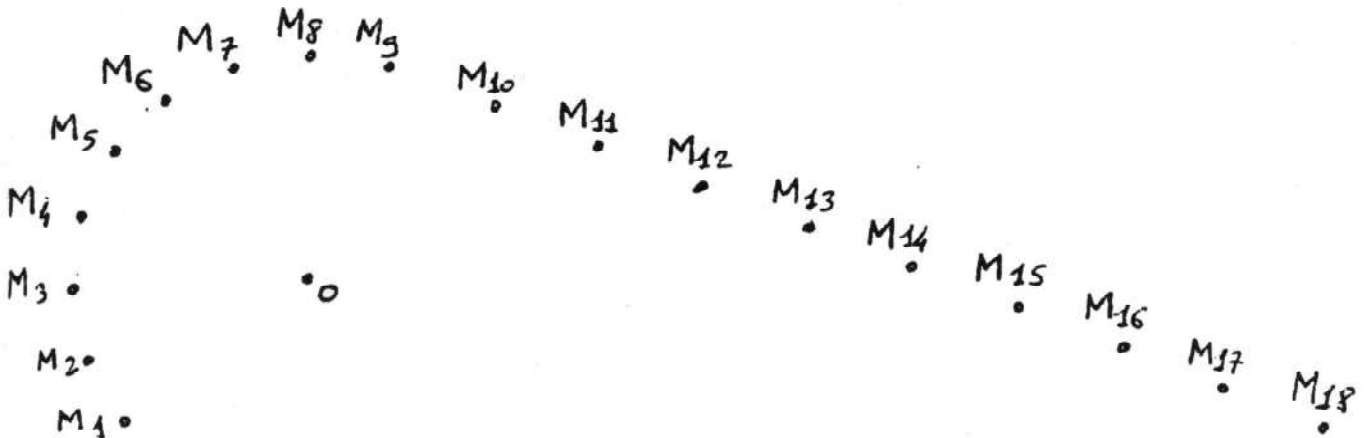


1. Nommer les points  $A_0, A_1, A_2 \dots$  ( $A_0$  étant le premier point de la trajectoire).
2. Quelle est la nature de la trajectoire du mobile ? justifier votre réponse ?
3. Quelle est la nature du mouvement du mobile ? Justifier votre réponse.
4. Calculer les vitesses instantanées du mobile aux positions  $A_2, A_4$  et  $A_7$ .
5. Représenter le vecteur vitesse du mobile aux positions  $A_2, A_4$  et  $A_7$ .
6. Que constatez vous ? Le résultat est - il en accord avec la réponse de la 3<sup>o</sup> question ?
7. Quelle est la vitesse du mobile au point  $A_9$  ?

---

### Exercice 2

Sur une table horizontale, un mobile sur coussin d'air est relié à un point fixe O par un fil inextensible. On lance le mobile et on registre à intervalles de temps égaux  $\tau = 20 \text{ ms}$ , les positions successives  $M_i$ , du point M situé au centre du mobile. La première partie du mouvement s'effectue fil tendu, puis celui-ci casse. L'enregistrement obtenu est sur le document ci dessous.



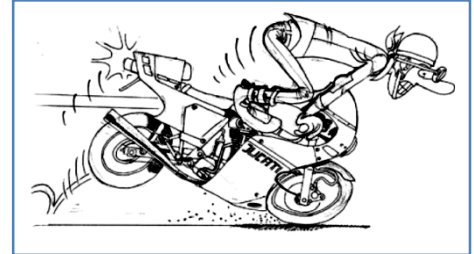
1. On constate au vu de l'enregistrement que le mouvement du point M peut se décomposer en deux phases distinctes.
  - a. Donner sous la forme  $M_i M_j$  les deux parties correspondantes à ces deux phases.
  - b. Pour chacune d'elle, donner la nature du mouvement et préciser si le vecteur vitesse du point M est constant.
2. Calculer les vitesses des points  $M_5$  et  $M_{15}$ . Les représenter sur l'enregistrement.

On prend comme échelle de vitesse: 1 cm représente 0.2 m/s.
3. Calculer la vitesse angulaire au point  $M_5$ .

# Chapitre 4 : Principe d'inertie

## Situation problème

On considère un homme monté sur sa moto, et roulant sur une route rectiligne et horizontale à vitesse constante, son centre d'inertie garde un *mouvement rectiligne uniforme*. A un certain moment, l'homme freine ce qui l'amène à avancer.



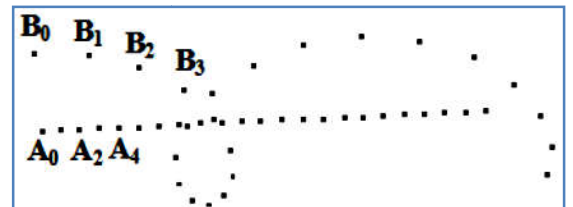
⇒ Qu'est-ce que c'est qu'un centre d'inertie ? Comment trouver sa position ?

⇒ Par quel principe peut-on expliquer cette observation ?

## I) Centre d'inertie d'un corps solide

### 1) Activité 1

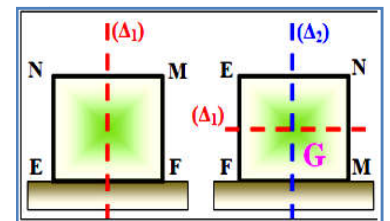
Nous envoyons un **autoporteur en rotation** sur une table à coussin d'air horizontale équipé de deux éclateurs dont l'une est l'éclateur central qui est fixée au point A et l'autre est fixée au point B, et on obtient l'enregistrement suivant :



1) Comparer les **trajectoires** des deux points A et B

2) Quelle est la nature du mouvement du point A ? Déduire la nature du mouvement des points de l'axe de la symétrie verticale d'autoporteur passant par A

3) Si nous imaginons un autoporteur pouvant se déplacer sur différentes faces sur la table horizontale. Lorsque l'autoporteur se déplace sur **la face EF**, le mouvement des points de l'axe de symétrie verticale ( $\Delta_1$ ) est rectiligne uniforme et lorsque l'autoporteur se déplace sur **la face FM**, le mouvement des points de l'axe de symétrie verticale ( $\Delta_2$ ) est aussi rectiligne uniforme. Que remarquez-vous ?



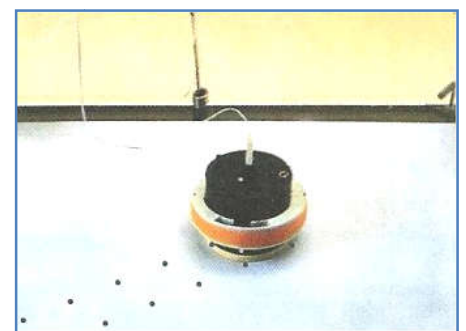
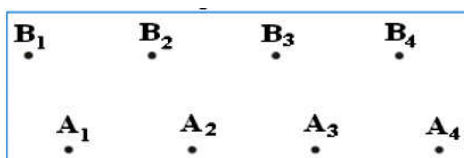
### 2) Conclusion

Chaque corps solide a un **point spécial et unique** appelé **centre d'inertie** du corps solide et noté **G**. Il représente le **point d'intersection de ses axes de symétrie**.

## II) Principe d'inertie (Première loi de Newton)

### 1) Activité 2

Nous envoyons l'autoporteur sur une table horizontale afin qu'il effectue un mouvement de **translation rectiligne**. On obtient alors l'enregistrement suivant :

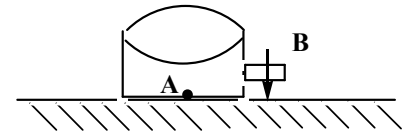


- 1) Comparer entre les mouvements des deux points A et B. Quelle est la nature du mouvement de  $G$  centre d'inertie de l'autoporteur ?
- 2) Faire l'inventaire des forces appliquées sur l'autoporteur pendant le mouvement. Déterminer la somme vectorielle de ces forces
- 3) Si on imagine que la table horizontale est infinie, le centre d'inertie de l'autoporteur  $G$  conservera-t-il le mouvement rectiligne uniforme ?

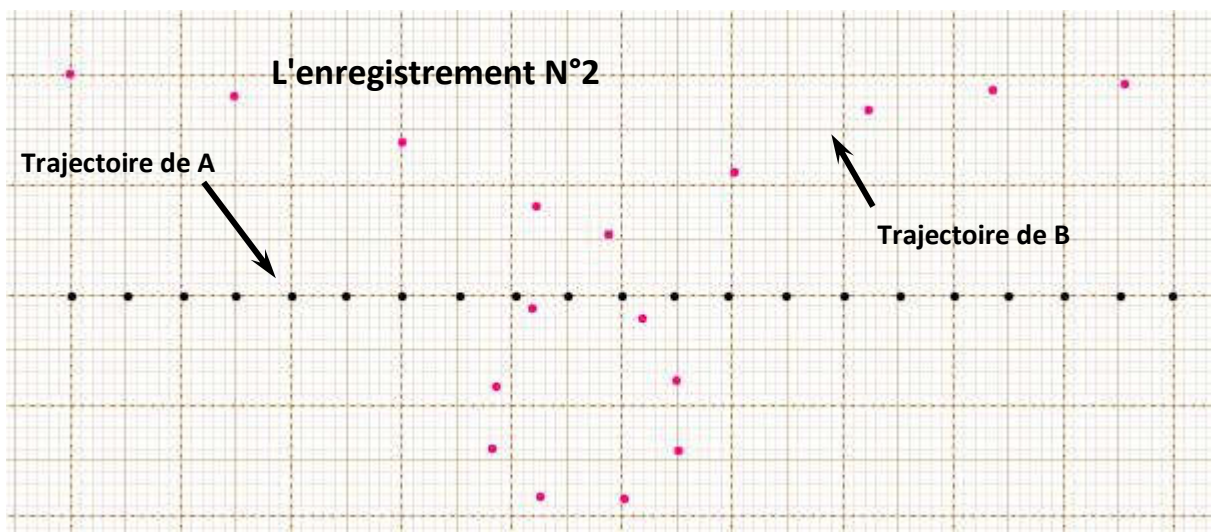
Autrement

- 1) On lance un autoporteur (S) sans rotation sur une table à coussin d'air horizontal et on obtient l'enregistrement N°1.

Expérience N°2 :



- 2) On lance un autoporteur (S) avec rotation sur une table à coussin d'air horizontal et on obtient l'enregistrement N°2.



❖ **Les observations :**

- le point A à une trajectoire rectiligne dans les 2 expériences.
- le point B à une trajectoire rectiligne dans l'expérience N°1 et une trajectoire curviligne dans l'expérience N°2.

❖ **Conclusion :**

- le point A appartient à l'axe de symétrie de l'autoporteur (S) qui contient aussi la point G le centre de gravité de (S).
- le point A représente la projection orthogonal du point G ainsi le mouvement du point G est celui du point A.

## 2) Système isolé et pseudo-isolé

- ✚ Un système est mécaniquement *isolé* s'il n'est soumis à *aucune force*. Ce genre de système n'existe pas en pratique (il y a toujours le poids du système et des frottements).
- ✚ Un système est *pseudo-isolé* si la somme vectorielle des forces extérieures auxquelles il est soumis est nulle :  
$$\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$$
- ✚ Le centre d'inertie d'un solide indéformable c'est le point qui appartient au solide et c'est le point qui garde toujours un mouvement rectiligne uniforme lorsque le solide est pseudo-isolé.

## 3) Enoncé du principe d'inertie

Dans un référentiel galiléen, quand un solide est isolé ou pseudo-isolé ( $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$ ), alors le vecteur vitesse de son centre d'inertie G est constant :  $\vec{v}_G = \vec{cte}$

C'est-à-dire :

- \*) Si  $\vec{v}_G = \vec{0}$  : le centre d'inertie G est au repos
- \*\*\*) Si  $\vec{v}_G \neq \vec{0}$  : le centre d'inertie G est en mouvement rectiligne uniforme

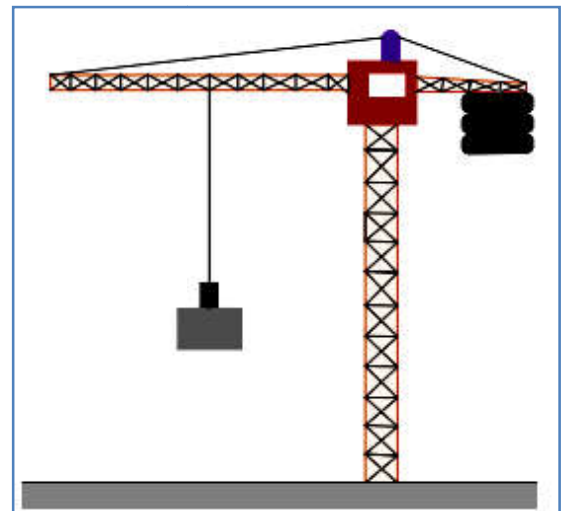
### Remarque :

- On appelle **repère Galiléen** tout repère dans lequel **le principe d'inertie** est vérifié, on peut considérer que tous les **repères liés au sol** sont des repères galiléens
- Tout repère en **mouvement rectiligne uniforme** par rapport à un repère galiléen est un repère galiléen

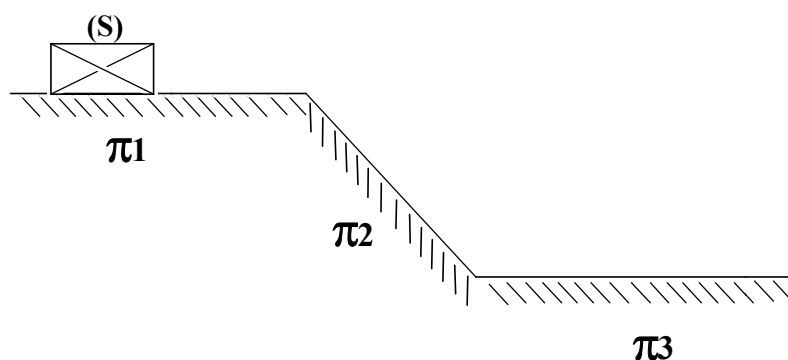
### Exercice d'application 1

I) Soit une grue soulevant un bloc de béton de masse  $m = 1500\text{kg}$ . Cette grue soulève *verticalement* le morceau de béton, à l'aide d'un câble d'acier, rigide et tendu à *vitesse constante*.

1. Faire l'inventaire des forces appliquées sur le bloc de béton.
2. Calculer le poids P subit par le bloc de béton.
3. Le bloc de béton vérifie-t-il le principe d'inertie ? Justifier
4. Choisir un repère pour étudier le mouvement. Que s'appelle ce repère. Justifier
5. Déduire l'intensité de l'autre force appliquée sur le bloc de béton.



II) Un solide (S) est animé d'un mouvement rectiligne sans frottement, sur les plans  $\pi_1$ ,  $\pi_2$  et  $\pi_3$  (voir schéma ci-dessous)



En utilisant le principe d'inertie, donner la nature du mouvement du solide (S) sur chaque plan.

## Réponse :

Le système étudié: {le solide (S)}

le bilan des forces :

$\vec{P}$  : poids du système

$\vec{R}$  : l'action du plan horizontal

1<sup>er</sup> Cas : sur le plan  $\pi 1$  et  $\pi 3$  :

Dans ce cas le solide (S) est **pseudo-isolé** car  $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$  donc d'après le principe d'inertie  $\vec{V}_G = \vec{C}^{\text{te}}$  donc le solide (S) est en translation rectiligne uniforme.

2<sup>eme</sup> Cas : sur le plan  $\pi 2$  :

Dans ce cas le solide (S) est **non pseudo-isolé** car  $\sum \vec{F}_{\text{ext}} \neq \vec{0}$  donc d'après le principe d'inertie

$\vec{V}_G \neq \vec{C}^{\text{te}}$  donc le solide (S) est en translation rectiligne uniformément varié.

## III) Relation barycentrique

### 1) Définition de centre de masse d'un système matériel

#### Centre d'inertie de quelques solides.

Le premier à avoir étudié le barycentre en tant que centre des poids (ce qu'on appelle de nos jours le centre de gravité) est le mathématicien et physicien Archimède. Il est un des premiers à comprendre et expliciter le principe des leviers et le principe du barycentre.

Il écrit dans son traité *Sur le centre de gravité de surface plane* :

« Tout corps pesant a un centre de gravité bien défini en lequel tout le poids du corps peut être considéré comme concentré. »

On appelle centre de masse d'un système se constituant de points matériels  $A_i$  de masse  $m_i$ , le barycentre C de ces points. Il est défini par la relation suivante :

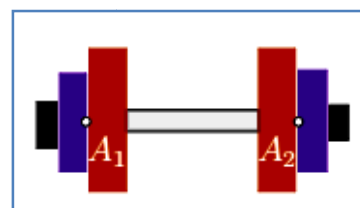
$$m_1 \times \overrightarrow{CA_1} + m_2 \times \overrightarrow{CA_2} + \dots + m_n \times \overrightarrow{CA_n} = \vec{0} \text{ ou sous la forme } \sum_{i=1}^{i=n} m_i \cdot \overrightarrow{CA_i} = \vec{0}$$

N.B : Le centre d'inertie G d'un système matériel est confondu avec le centre de masse ce système

### Exercice d'application 2

Le schéma ci-contre représente des poids utiliser dans les exercices d'haltérophilie, ils sont composés de deux corps ( $S_1$ ) et ( $S_2$ ) de centre respectivement  $A_1$  et  $A_2$  et de mêmes masses  $m_1 = m_2 = m$ .

Déterminer le **centre de masse C** de ce système.



## 2) Relation barycentrique (l'emplacement de Centre d'inertie d'un système) :

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

$$\left( \sum_1^n m_i \right) \overrightarrow{OG} = \sum_1^n m_i \cdot \overrightarrow{OG_i}$$

Ou sous la forme

$$\overrightarrow{OG} = \frac{\sum_1^n (m_i \times \overrightarrow{OG_i})}{(\sum_{i=1}^n m_i)} = \frac{m_1 \times \overrightarrow{OG_1} + m_2 \times \overrightarrow{OG_2} + \dots + m_n \times \overrightarrow{OG_n}}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}$$

$n$  : nombre de corps de système

$m_i$  : masse de chaque corps

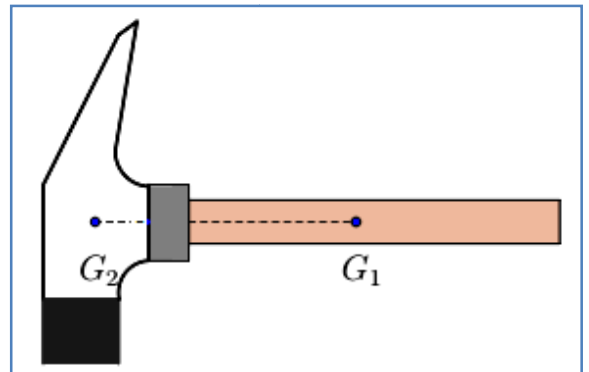
$G_i$  : centre d'inertie de chaque corps

$O$  : point quelconque fixe dans l'espace (un point du plan)

### Exercice d'application 3

On considère un marteau qui constitue d'un manche de masse  $m_1 = 100 \text{ g}$  et de centre d'inertie  $G_1$ , et d'une tête métallique de masse  $m_2 = 400 \text{ g}$  et de centre d'inertie  $G_2$ .

Déterminer le **centre d'inertie G** du marteau.



### Exercice N°1 :

Le système, ci-dessous Fig 1, est formé d'une barre homogène dont l'épaisseur est constante de masse  $m_1$  et d'une boule de masse  $m_2$ . les points  $G_1$  et  $G_2$  sont respectivement les centres de gravités de la barre et de la boule. Où se trouve le centre  $G$  par rapport  $G_1$  ou  $G_2$  ?

### Exercice N°2 :

Soit le système suivant, de centre d'inertie  $G$ , est formé de : (voir figure ci-dessous Fig 2)

- Le solide ( $S_1$ ) homogène de masse  $m_1$  son centre d'inertie  $G_1$
- Le Solide ( $S_2$ ) homogène de masse  $m_2$  son centre d'inertie  $G_2$
- Une barre homogène de masse  $m_3$ , de longueur  $L$ , son centre d'inertie  $G_3$

1) Donner l'expression de la distance  $OG$  en fonction de  $m_1$  ;  $m_2$  ;  $m_3$  et  $L$

2) Calculer  $GG_1$  lorsque :  $m_2 = m_1$  et  $m_3 = 2m_1$  et  $L = 8 \text{ cm}$

### Exercice N°3 :

### Applications :

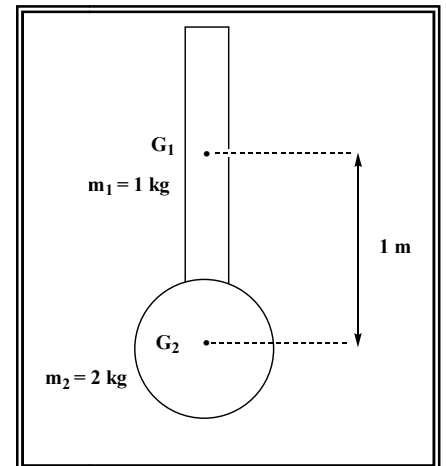


Fig 1

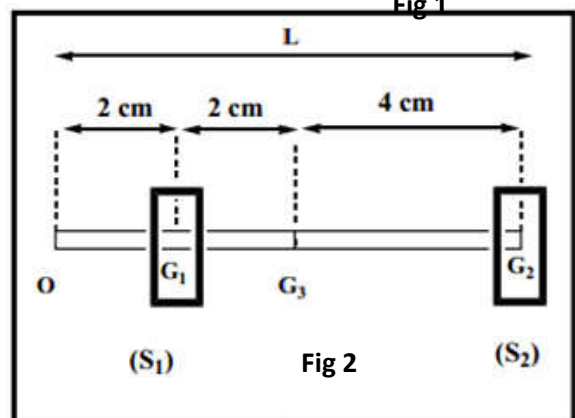
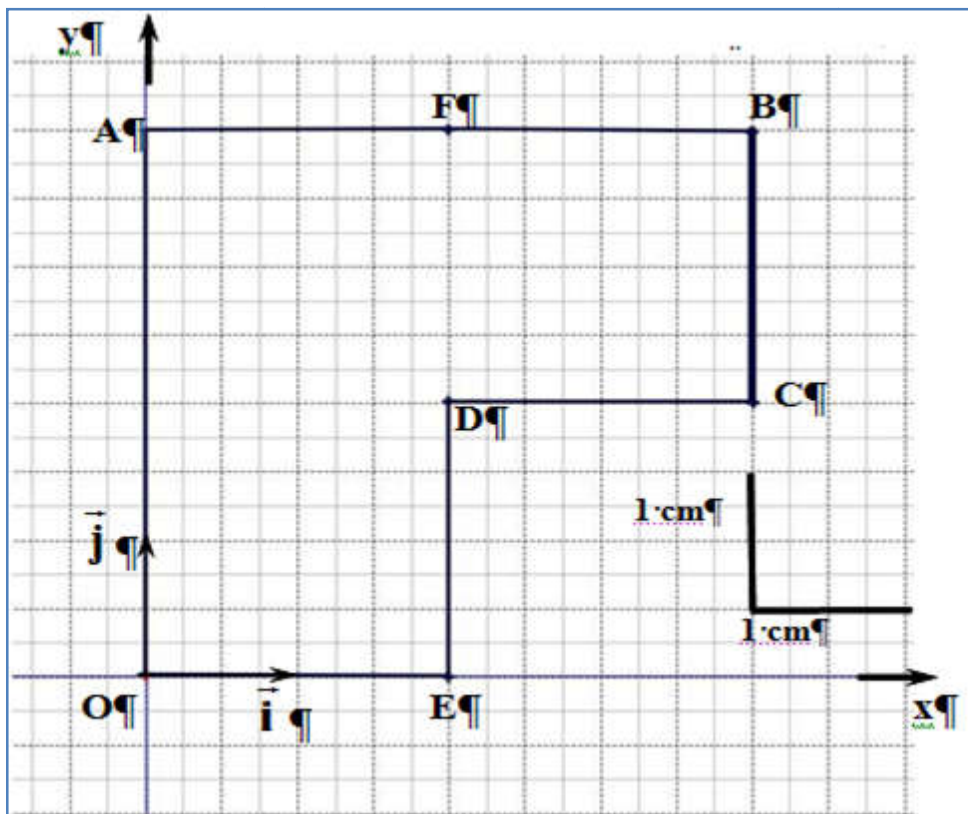


Fig 2

Une équerre est constituée d'une plaque métallique homogène avec épaisseur constante. Donner les coordonnées du point G centre d'inertie de l'équerre dans le repère orthonormé  $(O; \vec{i}; \vec{j})$



**Série N°4 : Principe d'inertie**

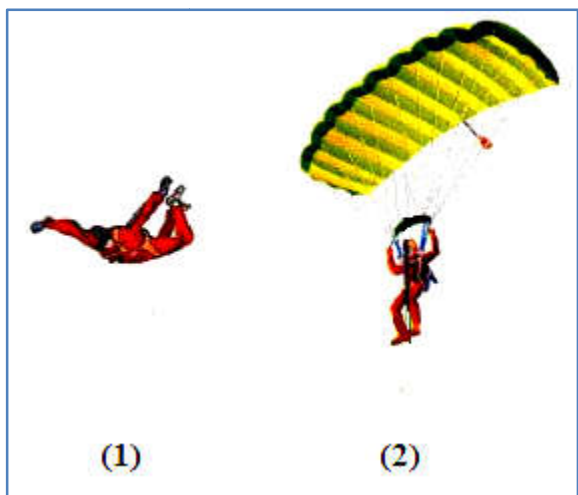
**Exercice 1:**

Compléter le vide par les mots suivants : Repère galiléen, Centre d'inertie G, Barycentre C, nulle, il n'est soumis à aucune force, la somme vectorielle, Principe d'inertie, mvt rectiligne uniforme.

- Chaque corps solide a un point spécial et unique appelé .....
- Un système est mécaniquement isolé si .....
- Un système est pseudo-isolé si ..... des forces extérieures auxquelles il est soumis est .....
- On appelle ..... tout repère dans lequel le ..... est vérifié.
- Tout repère en ..... par rapport à un repère galiléen est un repère galiléen.
- Le centre de masse d'un système est ..... de des points matériels constituant ce système.

**Exercice 2:**

- 1 Lors d'un saut en parachute, un parachutiste de masse  $m = 85 \text{ kg}$  tombe *verticalement* avec une *vitesse constante* (Figure 1).
  - a. Faire l'inventaire des forces appliquées sur le parachutiste, et les représenter sur la figure.
  - b. Le parachutiste vérifie-t-il le principe d'inertie ? Justifier
  - c. Donner les caractéristiques de toutes les forces appliquées sur le parachutiste.
- 2 S'approchant du sol, le parachutiste ouvre son parachute (Figure 2).
  - a. Comment évolue la vitesse du parachutiste dans ce cas ?
  - b. Le parachutiste vérifie-t-il le principe d'inertie dans ce cas ? Justifier

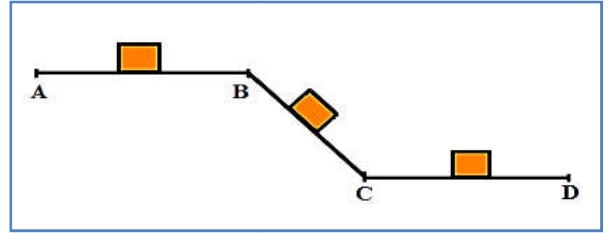


- c. Décrire le mouvement de ce parachutiste par rapport à un caméraman qui est situé à son proximité et qui n'a pas ouvert son parachute ?

**Données :** L'intensité de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ .

### Exercice 3:

Un corps (S) se déplace sur un rail composé de 3 parties. On lance ce corps du point A avec une vitesse  $v_A = 1 \text{ m.s}^{-1}$ , et arrive au point D avec une vitesse  $v_D = 2 \text{ m.s}^{-1}$ . On considère que le contact se fait *sans frottement*.

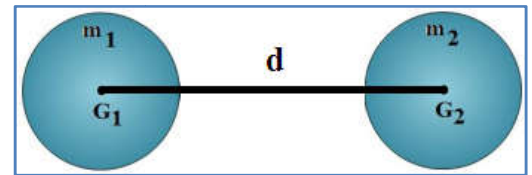


- ❶ Faire l'inventaire des forces appliquées sur le corps (S), et représenter ces forces sur la figure pour chaque partie.
- ❷ Déterminer la partie où le principe d'inertie n'est pas vérifié.
- ❸ Quelle est la valeur de la vitesse du corps (S) au point B, et au point C ? justifier votre réponse.

### Exercice 4:

*exercice 4 :*

Deux sphères (A) et (B) de masses respectives  $m_1 = 1 \text{ kg}$  et  $m_2 = 3 \text{ kg}$  et de centres d'inertie respectives  $G_1$  et  $G_2$  qui sont séparés par la distance  $d = 40 \text{ cm}$ . Ces deux sphères sont liées rigidement et constitue un système comme l'indique la figure ci-contre.



- ❶ Rappeler la relation barycentrique.
- ❷ Déterminer le centre d'inertie  $G$  de ce solide.

### Exercice 5:

Un disque ( $D_1$ ) de masse  $m_1 = 2 \text{ kg}$  et de rayon  $R = 10 \text{ cm}$  a pour centre d'inertie  $G_1$ . Soit un autre disque ( $D_2$ ) de masse  $m_2 = 0,5 \text{ kg}$  et de centre d'inertie  $G_2$  fixé sur le disque ( $D_1$ ). L'ensemble de ces deux disques constitue un système rigide comme l'indique la figure ci-contre.

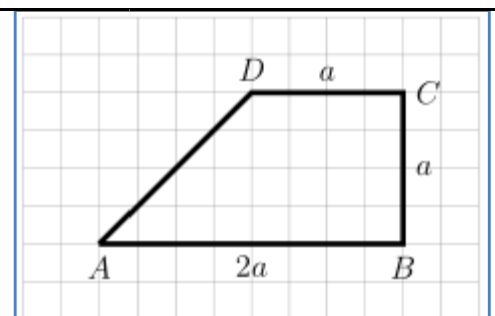


Déterminer le centre d'inertie  $G$  de ce solide.

### Exercice 6:

Une plaque métallique homogène a une forme de trapèze dont les dimensions sont indiquées sur la figure.

Déterminer le centre d'inertie  $G$  de cette plaque.



## Exercice 7:

### Autres Exercices

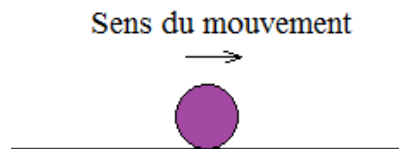
#### Partie I: Entraînement sur le principe de l'inertie

Utilisation du principe de l'inertie :

- ✓ En connaissant les forces subies par un mobile, on examine si elles se compensent. Si c'est le cas, on en déduit si le mobile est au repos ou animé d'un mouvement rectiligne uniforme. Sinon, on en déduit que le mobile est animé d'un autre type de mouvement, par exemple rectiligne accéléré ou décéléré ou curviligne (en train de tourner)
- ✓ En examinant le type de mouvement, on en déduit si les forces se compensent ou non.

#### Exercice 1 :

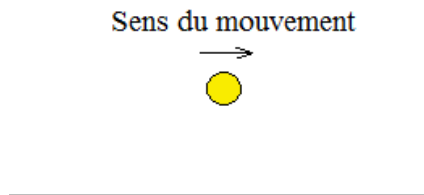
Une boule de billard roule sur une table horizontale. Elle n'est soumise qu'à son poids et à la réaction normale de la table et on précise que ces deux forces ont même norme.



- 1) Examiner les forces qui s'exercent sur la boule.
- 2) Enoncer le principe d'inertie et montrer que le mouvement de la boule est en accord avec ce principe

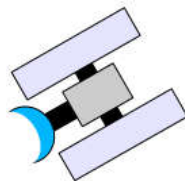
#### Exercice 2 :

On considère une balle de tennis « en vol ». Les frottements sont négligés. Examiner les forces qu'elle subit et en déduire la nature de son mouvement.



#### Exercice 3 :

On considère une sonde spatiale dans le vide, loin de toute planète et étoile.

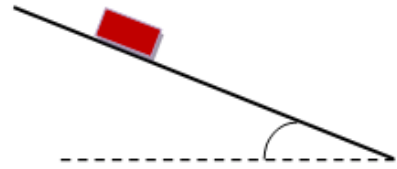


- 1) A quelles forces est-elle soumise ?
- 2) Qu'appel-t-on la sonde dans ce cas ?
- 3) En déduire la nature de son mouvement.

#### Exercice 4 :

Une malle est posée sur un plan rugueux (Contact avec frottement) incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontal.

- 1) Faire l'inventaire des forces s'exerçant sur la malle.
- 2) Représenter, sans souci d'échelle, ces forces sur le schéma.
- 3) En déduire le mouvement de la malle.

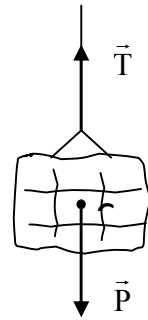


#### Exercice 5 :

Un solide est suspendu à un fil vertical. Il est donc soumis, si on néglige l'action de l'air, à deux forces verticales : le poids  $\vec{P}$  et la tension du fil  $\vec{T}$ .

Comparer les valeurs de T et P ( $T < P$ ,  $T > P$ ,  $T = P$ ) dans les cas ci-dessous.

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| a. Le solide est en équilibre (immobile). | b. Il monte à vitesse constante |
| c. Il descend à vitesse constante         | d. Il monte en accélérant       |
| e. Il monte en ralentissant               | f. il descend en accélérant     |



#### Exercice 6 :

Un parachutiste tombe sans ouvrir son parachute. Son mouvement par rapport à la Terre est vertical et uniforme.

- 1) Quelles sont les forces qui s'exercent sur le parachutiste ? Faire un diagramme objets-interactions (Représentation des forces sur un schéma).
- 2) Donner les caractéristiques de ces forces. La masse du parachutiste et de son matériel est  $m = 92 \text{ kg}$ . On donne la constante de pesanteur  $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$ .
- 3) S'approchant du sol, le parachutiste ouvre son parachute.
  - a. comment évolue sa vitesse de chute ?
  - b. Quelle action est responsable de cette évolution ?
  - c. Qu'observe le caméraman qui est situé à proximité du parachutiste et qui n'a pas ouvert son parachute ?

#### Exercice 7 :

Abdelhakim est assis dans le bus. Brusquement le bus freine et Abdelhakim est projeté vers l'avant du bus.

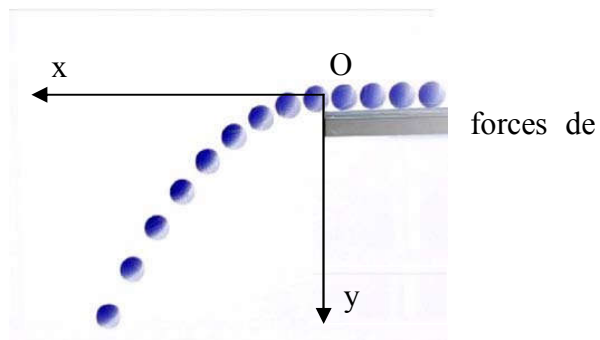
- 1) Préciser les mouvements du bus et d'Abdelhakim ainsi que les forces auxquelles ils sont soumis :
  - a. dans le référentiel terrestre
  - b. dans le référentiel du bus.

Représenter ces forces.

- 2) Laquelle de ces forces ne traduit pas l'action mécanique exercée par un auteur sur un receveur ?
- 3) En déduire le référentiel dans lequel on peut appliquer le principe d'inertie.
- 4) Reprendre le même raisonnement, lorsque le bus prend un virage à droite.

#### Exercice 8 :

La figure ci-contre représente une chronophotographie d'une balle lancée sur une table horizontale, puis quittant la table en entamant un mouvement de chute. La durée qui s'écoule entre deux photos consécutives de la balle vaut  $1/25$  s.



1) Que pensez-vous des forces qui s'exercent sur la balle lorsqu'elle roule sur la table ? Justifier. Représenter ces forces de façon pertinente pour la deuxième position de la balle.

2) Analyse du mouvement de chute :

a. Que peut-on dire des forces qui s'exercent sur la balle lorsqu'elle a quitté la table ? Justifier.

On suppose, pour les questions qui suivent, que la balle n'est soumise qu'à son poids.

b. Tracer les projections du centre de la balle sur les axes horizontal Ox et vertical Oy.

c. Caractériser le « mouvement projeté » de la balle sur l'axe horizontal.

d. Ce résultat est-il en accord avec le principe d'inertie ?

e. Caractériser le « mouvement projeté » de la balle sur l'axe vertical. Ce résultat est-il en accord avec le principe de l'inertie?

### Exercice 9 :

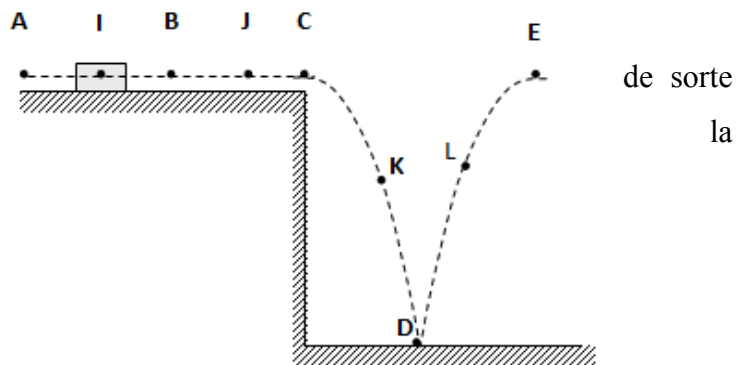
Un solide glisse sur un plan horizontal avant d'effectuer une chute dans l'air. Au cours du mouvement, on néglige l'action de l'air devant les autres forces.

Entre A et B le sol est parfaitement lisse ; il est rugueux par la suite, jusqu'au point C.

Soit  $V_A$  la vitesse du solide au point A.

Le choc avec le plan horizontal au point D s'effectue que la vitesse du mobile juste avant le choc est égale à vitesse du mobile juste après le choc. Nous appellerons  $V_D$  cette valeur commune de la vitesse.

Nous supposons que l'action du plan au point D est perpendiculaire au plan.



1) Représenter les forces auxquelles est soumis le solide lorsqu'il se trouve aux points I, J, K, D et L. Nommer ces forces.

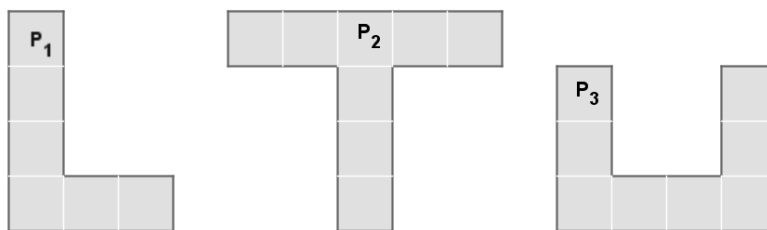
2) Comparer entre les vitesses  $V_A, V_B, V_C, V_D$  du solide aux points A, B, C, D (on pourra comparer chacune des vitesses à la ou les précédentes). Justifier.

3) Décrire, en justifiant votre réponse, la nature du mouvement de solide dans les intervalles suivants :

[A ; B] ; [B ; C] ; [C ; D] ; [D ; E]

**Exercice 10 :**

Pour chacune des plaques homogènes suivantes, déterminer la position du centre d'inertie.



**On donne :** Pour un carré : côté = 1cm ;  $m = 1g$  et épaisseur négligeable

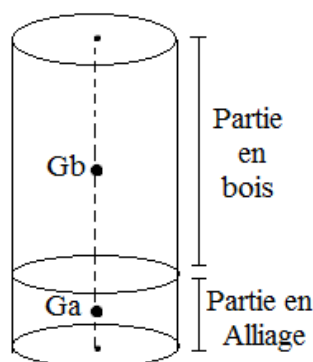
**Exercice 11 :**

Un cylindre de rayon  $r = 3$  cm est formé de 2 parties :

- ✓ Une partie en bois, de longueur 10cm ;
- ✓ Une partie en alliage, de longueur 1cm.

Déterminer la position du centre d'inertie de ce cylindre.

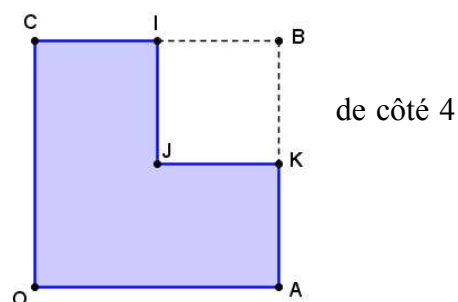
**On donne :** Masse volumique du bois :  $0,8g/cm^3$  ;  
Masse volumique de l'alliage :  $8g/cm^3$



**Exercice 12 :**

Une plaque homogène P de masse  $m=20g$  et d'épaisseur négligeable, est constituée par un carré OABC de côté 8 cm dont on a retiré le carré BIJK cm.

Trouver la position du centre d'inertie de la plaque.



**Exercice 13 :**

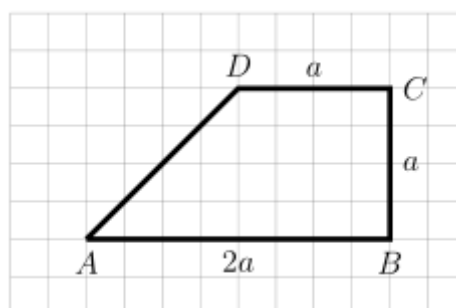
On assimile la terre et la lune à 2 sphères homogènes dont les centres sont à une distance moyenne de  $3,8 \cdot 10^5$  km.

1) Sachant que le rapport des masses  $M_T/M_L$  est égal à 82, déterminer la position du centre d'inertie du système {terre+lune}

2) La masse du soleil est environ égale à  $2 \cdot 10^{30}$  kg, la distance Terre soleil est environ de  $1,5 \cdot 10^8$  km. Déterminer la position du centre d'inertie du système {terre+soleil}

**On donne :**  $R_T = 6400$  km ;  $M_T = 6 \cdot 10^{24}$  kg

**Exercice 14 :**



Une plaque métallique homogène d'épaisseur négligeable a une forme de trapèze dont les dimensions sont indiquées sur la figure.

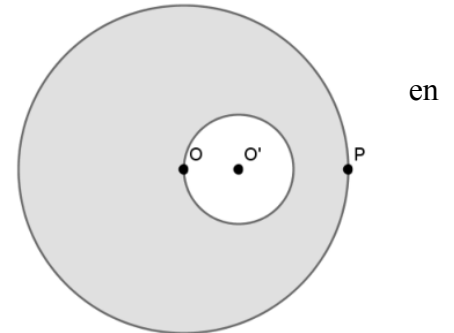
Déterminer graphiquement le centre d'inertie.

**Exercice 15 :**

Une rondelle d'épaisseur négligeable a la forme d'un disque de centre O et de rayon  $r = 9\text{cm}$  évidé suivant le schéma ci-contre pour lequel  $OP = 3OO'$ .

1) Trouver la position du centre d'inertie I de la rondelle évidée.

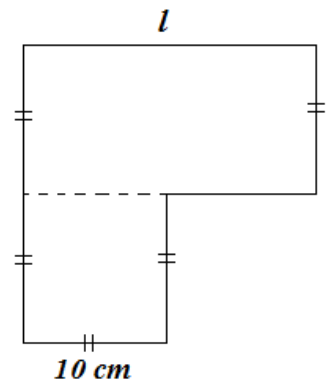
2) On note M la masse de la rondelle évidée. Quelle masse m doit-on placer en P afin que l'ensemble constitué de la rondelle et du point "massique" P ait O pour centre d'inertie ?



**Exercice 16 :**

On considère une plaque homogène composée d'un carré de côté 10 cm surmonté d'un rectangle de hauteur 10cm et de longueur  $l$  (exprimée en cm) tel que  $l \geq 10$  (figure ci-contre)

Déterminer la longueur maximale  $l_{\text{max}}$  pour laquelle la plaque reste en équilibre sur la base [AB].



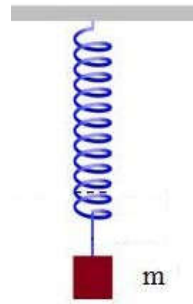
# Chapitre 5 : Equilibre d'un corps solide soumis à 2 forces

## Modèle 1 :

### Situation problème

Le schéma (1) représente une masse marquée attaché à l'extrémité d'un ressort. La masse marquée est en équilibre cause d'une force appliquée par le ressort.

Le schéma (2) représente un morceau de bois flotte sur la surface de l'eau. Le morceau de bois est en équilibre à cause d'une force appliquée par l'eau.

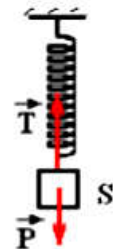


- Que s'appelle la force appliquée par le ressort ? et quelles sont ses caractéristiques ?
- Que s'appelle la force appliquée par l'eau ? et quelles sont ses caractéristiques ?

## I. Rappel : Condition d'équilibre d'un corps solide sous l'action de deux forces

Lorsqu'un corps est en équilibre sous l'action de deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , alors ces deux forces ont :

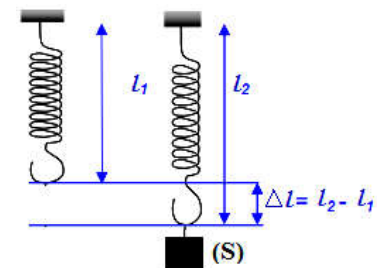
- La même direction
- Des sens opposés :  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
- La même intensité :  $F_1 = F_2$



## II. Force exercée par un ressort

### 1. Activité 1

On attache à l'extrémité du ressort (de spires non jointives et de masse négligeable) avec un support, la longueur initiale (à vide) du ressort est  $\ell_0$ , on suspend à l'autre extrémité une masse marquée (S) de masse  $m$ , et on mesure chaque fois la longueur finale  $\ell$  du ressort, Nous obtenons les résultats suivants :



$m$ (g)	0	5	10	15	20	25	30
$\ell$ (cm)	10,0	10,4	10,8	11,2	11,6	12,0	12,4
$T$ (N)							
$\Delta\ell$ (cm)							

1. Faire l'inventaire des forces appliquées à la masse marquée (S), et les représenter sur la figure
2. On applique la condition de l'équilibre, déterminer l'intensité  $T$  de la force exercée par le ressort pour chaque masse marquée
3. On appelle allongement du ressort  $\Delta\ell$  la différence entre la longueur finale  $\ell$  et la longueur initiale  $\ell_0$  :  $\Delta\ell = \ell - \ell_0$   
Compléter le remplissage du tableau
4. Tracer la courbe de  $T$  en fonction de  $\Delta\ell$
5. Trouver la relation entre l'intensité du ressort  $T$  et l'allongement du ressort  $\Delta\ell$

### 2. Conclusion

Lorsqu'on suspend un solide à un ressort, le ressort exerce une force sur le solide, appelée la tension du ressort  $\vec{T}$ , ses caractéristiques sont :

- Point d'application : point d'accroche du ressort
- Direction : celle du ressort
- Sens : opposée à la déformation du ressort
- intensité :  $T = |k \times \Delta\ell| = |k \times (\ell - \ell_0)|$

Avec  $k$  la constante de raideur du ressort en  $N.m^{-1}$  et l'allongement  $\Delta l$  en m.

### Exercice d'application 1

Soit un corps (S) de masse  $m$  inconnue, maintenu en équilibre sur un plan incliné sans frottement par un ressort. Le plan incliné fait un angle  $\alpha = 20^\circ$  avec l'horizontal et la raideur du ressort est  $k = 15 N.m^{-1}$

1. Faire un schéma de la situation.
2. Faire l'inventaire des forces exercées sur le corps (S).
3. Calculer la tension du ressort, sachant que son allongement est de  $\Delta l = 5 cm$

## III. La poussée d'Archimède

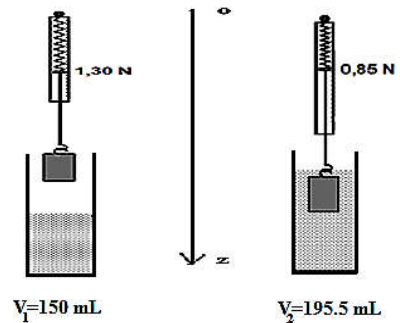
### 1. Activité 2

- On suspend un corps (S) à un ressort, et on verse l'eau dans une éprouvette graduée
- On immerge complètement le corps (S) dans l'eau

On donne : la masse volumique de l'eau  $\rho = 1 g/cm^3$

Intensité de pesanteur  $g = 9,81 N/kg$

1. Faire l'inventaire des forces appliquées au corps (S) avant de l'immerger dans l'eau. Que représente la valeur indiquée par dynamomètre ?
2. Faire l'inventaire des forces appliquées au corps (S) après de l'immerger dans l'eau
3. Basé sur les valeurs du dynamomètre, conclure l'intensité de **poussée d'Archimède  $F_a$**
4. Mesurer le volume de l'eau déplacée
5. Calculer le poids de l'eau déplacée, et le Comparer avec l'intensité de poussée d'Archimède. Conclure

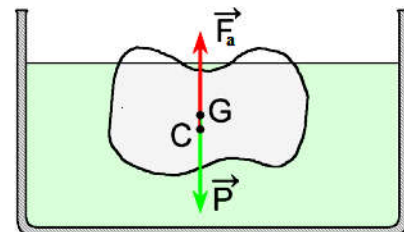


### 2. Conclusion

La poussée d'Archimède  $\vec{F}_a$  est une force de contact répartie exercée par un fluide (liquide ou gaz) sur un solide immergé, ses caractéristiques sont :

- Point d'application : centre d'inertie de partie immergée
- Direction : la verticale
- Sens : vers le haut
- Intensité : égale au poids de fluide déplacé  $F_a = \rho g V$

avec  $\rho$  en  $kg.m^{-3}$ ,  $V$  en  $m^3$ , et  $g$  en  $N.kg^{-1}$



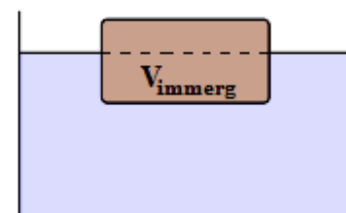
### Exercice d'application 2

On immerge un morceau de bois de volume  $V = 1,57 \times 10^3 cm^3$  dans

On donne : La masse volumique de l'eau  $\rho_{eau} = 10^3 kg.m^{-3}$ .

La masse volumique du bois  $\rho_{bois} = 650 kg.m^{-3}$ .

1. Faire l'inventaire des forces appliquées sur le morceau de bois.
2. Déterminer  $m_{bois}$  la masse du morceau de bois.
3. Déduire son poids.
4. En utilisant la condition d'équilibre, calculer le volume de la partie immergée de ce morceau.



l'eau.

## Modèle 2 :

I. ....

Lorsqu'un corps est en équilibre sous l'action de deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ , alors ces deux forces ont :

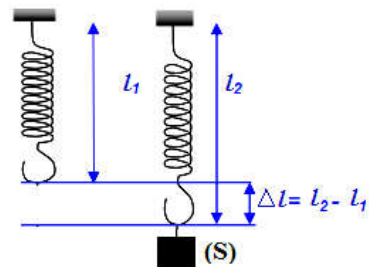
- .....
- .....
- .....



**II.** .....

**3.** .....

On attache à l'extrémité du ressort (de spires non jointives et de masse négligeable) avec un support, la longueur initiale (à vide) du ressort est  $\ell_0$ , on suspend à l'autre extrémité une masse marquée (S) de masse  $m$ , et on mesure chaque fois la longueur finale  $\ell$  du ressort, Nous obtenons les résultats suivants :



$m$ (g)	0	5	10	15	20	25	30
$\ell$ (cm)	10,0	10,4	10,8	11,2	11,6	12,0	12,4
$T$ (N)							
$\Delta\ell$ (cm)							

6. Faire l'inventaire des forces appliquées à la masse marquée (S), et les représenter sur la figure.

- .....
- .....
- .....

7. On applique la condition de l'équilibre, déterminer l'intensité  $T$  de la force exercée par le ressort pour chaque masse marquée.

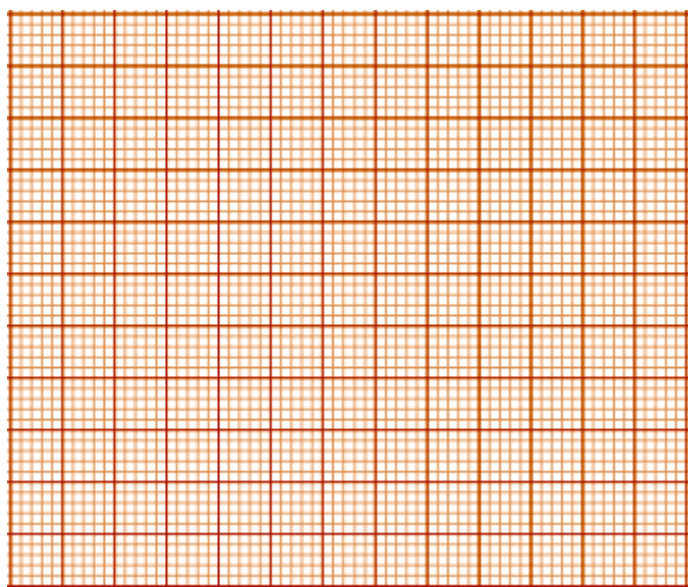
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....
- .....

8. On appelle **allongement du ressort**  $\Delta\ell$  la différence entre la **longueur finale**  $\ell$  et la **longueur initiale**  $\ell_0$  :  $\Delta\ell = \ell - \ell_0$ . Calculer l'allongement  $\Delta\ell$  correspondant à chaque masse marquée.

- .....
- .....
- .....
- .....

9. Tracer la **courbe** de  $T$  en fonction de  $\Delta$ , et trouver la **relation** entre l'intensité du ressort  $T$  et l'allongement du ressort  $\Delta\ell$

- .....
- .....
- .....



4. ....

Lorsqu'on suspend un solide à un ressort, le ressort exerce une force sur le solide, appelée ....., ses caractéristiques sont :

- **Point d'action** : .....
- **Ligne d'action** : .....
- **Sens** : .....
- **Intensité** : .....

$k$  : .....

$\Delta l$  : .....

Exercice d'application 1

Soit un corps (S) de masse  $m$  inconnue maintenu en équilibre sur un plan incliné sans frottement par un ressort de longueur initiale  $l_0 = 10\text{cm}$ .

Le plan incliné fait un angle  $\alpha = 20^\circ$  avec l'horizontal et la raideur du ressort est  $k = 15 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$

4. Faire un schéma de la situation.
5. Faire l'inventaire des forces exercées sur le corps (S).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. Calculer la tension du ressort, sachant que sa longueur finale est  $l = 15\text{cm}$ .

.....

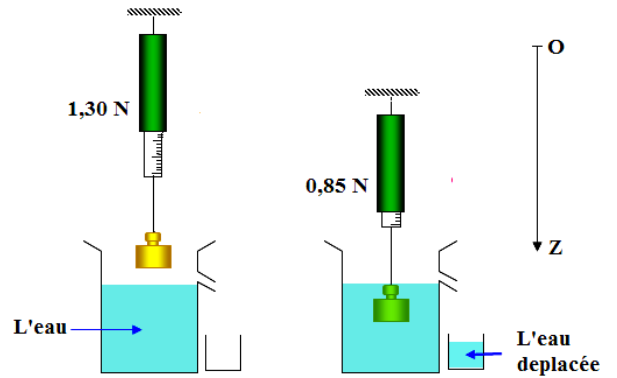
.....

### III.

#### 3.

- On suspend un corps (S) à un ressort, et on verse l'eau dans une cuve
- On immerge complètement le corps (S) dans l'eau
- Le volume de l'eau déplacée est :  $V = 45 \text{ mL}$

**Données** : la masse volumique de l'eau  $\rho = 1 \text{ g.cm}^{-3}$   
Intensité de pesanteur  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$



6. Faire l'inventaire des forces appliquées au corps (S) avant de l'immerger dans l'eau. Que représente la valeur indiquée par le dynamomètre ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

7. Faire l'inventaire des forces appliquées au corps (S) après de l'immerger dans l'eau.

.....  
.....  
.....

8. Basé sur les valeurs du dynamomètre, conclure l'intensité de **poussée d'Archimède  $F_a$**

.....  
.....  
.....  
.....

9. Calculer le poids de l'eau déplacée, et le Comparer avec l'intensité de poussée d'Archimède. Conclure

.....  
.....  
.....

#### 4.

La poussée d'Archimède  $\vec{F}_a$  est ..... s'applique à tout .....  
..... dans un ....., ses caractéristiques sont :

➤ **Point d'action** : .....

➤ **Ligne d'action** : .....

➤ **Sens** : .....

➤ **Intensité** : .....

$\rho$  : .....

$V$  : .....

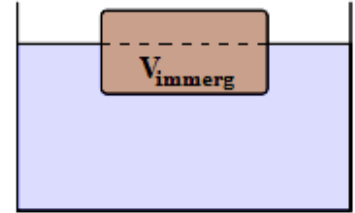
g : .....

Exercice d'application 2

On immerge un morceau de bois de volume  $V = 1,57 \times 10^3 \text{ cm}^3$  dans l'eau.

**Données** : La masse volumique de l'eau  $\rho_{\text{eau}} = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$ .

La masse volumique du bois  $\rho_{\text{bois}} = 650 \text{ kg.m}^{-3}$ .



5. Faire l'inventaire des forces appliquées sur le morceau de bois.

6. Déterminer  $m_{\text{bois}}$  la masse du morceau de bois, et déduire son poids.

7. En utilisant la condition d'équilibre, calculer le volume de la partie immergée de ce morceau.

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

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

**1. Activité**

On réalise l'équilibre d'une plaque solide (S) très légère avec trois dynamomètres (D1), (D2) et (D3), comme l'indique le schéma ci-contre

1. Faire l'inventaire des forces appliquées sur la plaque, puis déterminer la force qu'on peut négliger son intensité devant l'intensité des autres ?

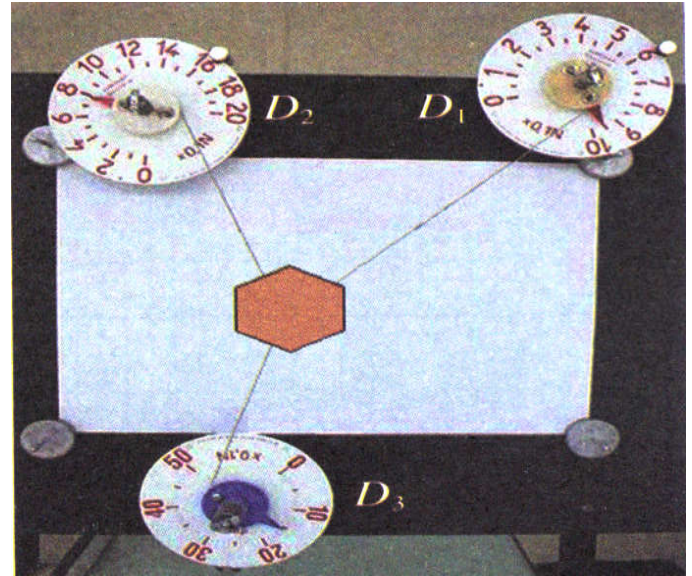
Le système étudié : { le corps solide (S) }

Le bilan de forces :

- $\vec{P}$  son poids
- $\vec{F}_1; \vec{F}_2; \vec{F}_3$  forces appliquées par les trois Dynamomètres

puisque le corps solide (S) est très léger, son poids est négligé devant l'intensité de  $F_2, F_3$

2. Est-ce que les trois fils sont au même niveau ? Que concluez-vous sur les lignes d'action des trois forces ?



Grâce à la vue latérale du montage expérimental, on trouve que les trois fils (c-à-d lignes d'action) sont au même niveau, alors on conclut que les trois forces  $\vec{F}_1; \vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  sont coplanaires.

3. On place une lampe allumée devant le corps solide et on identifie les directions de fils sur le papier. est-ce que les lignes d'action des trois forces sont concourantes ?

On dessine les lignes d'action des trois forces et on les trouve concourantes en un seul point

4. Tracer la ligne polygone des forces appliquées sur la plaque. Que peut-on dire sur la somme vectorielle des forces appliquées sur la plaque ?

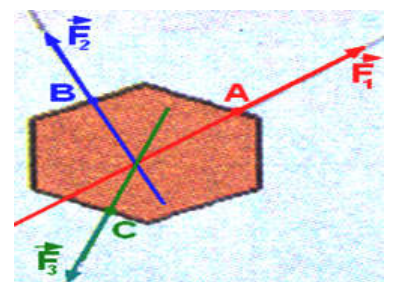
On observe que la ligne polygonale est fermée, alors  $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$



## 2. Résumé :

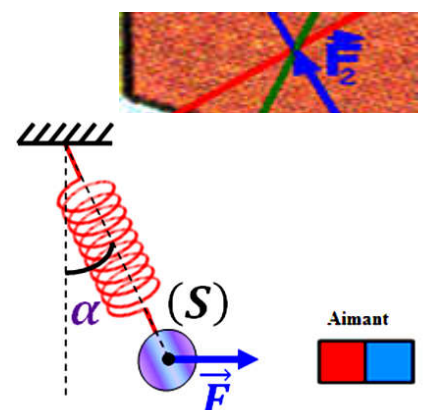
Lorsqu'un corps solide soumis à trois forces non parallèles est en équilibre, alors :

- ❖ □ La somme vectorielle des trois forces est nulle  $\sum \vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ . ou la ligne polygonale de trois forces est fermée. Cette condition est nécessaire pour que le centre d'inertie  $G$  du corps solide soit en repos.
- ❖ Les droites d'action de trois forces sont coplanaires et concourantes. Cette condition est nécessaire pour l'absence de rotation du corps autour de lui-même si la première condition est vérifiée.



## Remarque :

Ces deux conditions sont nécessaires pour obtenir l'équilibre d'un corps solide soumis à trois forces non parallèles, mais elles sont insuffisantes car les deux conditions peuvent être vérifiées mais le centre d'inertie du corps solide est en mouvement rectiligne uniforme selon le principe d'inertie

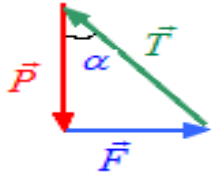


## Exercice d'application 1

Une boule de fer de masse  $m = 400\text{g}$  est attaché à un ressort incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à la verticale. La boule soumise à l'action d'un aimant comme indique le schéma ci-contre

1. Faire l'inventaire des forces appliquées sur la boule, et les représenter sur le schéma
2. Calculer le poids  $P$  de la boule. On prend  $g = 10\text{N.kg}^{-1}$  ( $P=m.g=4\text{N}$ )
3. Déterminer en utilisant la méthode géométrique et la méthode analytique, l'intensité de la tension du fil  $T$  et de la force appliquée par l'aimant  $F$

### la méthode géométrique



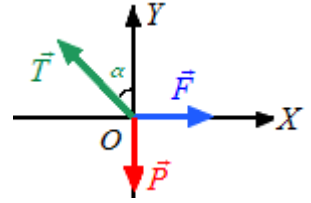
- $T = \frac{P}{\cos(\alpha)} = 4,62\text{N}$
- $F = P \times \tan(\alpha) = 2,31\text{N}$

### la méthode analytique

(S) est en équilibre, donc :

$$\sum \vec{F} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$$

La projection de la relation vectorielle dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  est :



$$\begin{cases} P_x + F_x + T_x = 0 \\ P_y + F_y + T_y = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 0 + F - T \sin(\alpha) = 0 \\ -P + 0 + T \cos(\alpha) = 0 \end{cases}$$

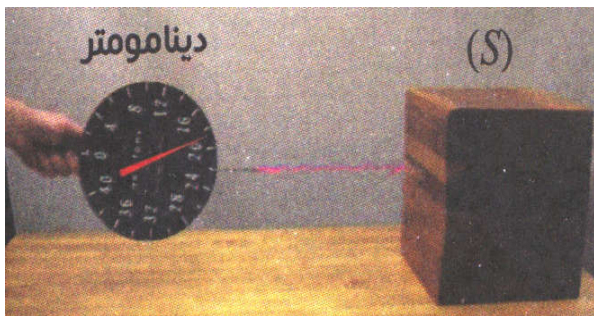
Donc

$$\begin{cases} F = T \sin(\alpha) = 2,31\text{N} \\ T = \frac{P}{\cos(\alpha)} = 4,62\text{N} \end{cases}$$

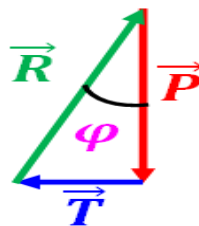
## II – Application : force de frottement :

### 1. Activité :

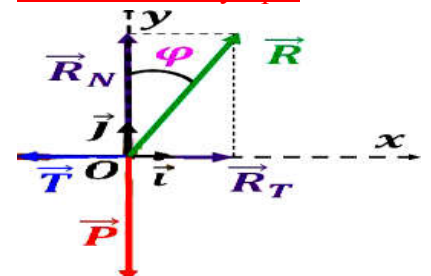
Sur un plan de bois horizontal, on met un morceau de bois (S) de masse  $m = 400\text{g}$ , et on applique sur lui une force  $\vec{T}$  par un dynamomètre parallèle au plan de bois de sorte que le morceau (S) reste en équilibre. On donne  $g = 10\text{N.kg}^{-1}$



### la méthode géométrique



### la méthode analytique



- La norme de la force  $\vec{R}$  est déterminé géométriquement en fonction de la mesure de la longueur du vecteur  $\vec{R}$  et de l'échelle utilisée ou en fonction du théorème de Pythagore :  $R = \sqrt{P^2 + T^2}$   
ou les relations trigonométriques :  $R = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{T}{\sin \varphi}$
- l'intensité  $R_N$  et  $R_T$  avec une méthode arithmétique :

$$\begin{cases} P_x + R_x + T_x = 0 \\ P_y + R_y + T_y = 0 \end{cases} \quad c - \dot{a} - d \quad \begin{cases} 0 + R_T - T = 0 \\ -P + R_N + 0 = 0 \end{cases} \quad \text{donc} \quad \begin{cases} R_T = T \\ R_N = P \end{cases} \quad \text{avec} \quad R = \sqrt{R_T^2 + R_N^2}$$

L'équilibre du corps est dû à la présence de la force de frottement  $f$  où  $f = R_T = T$  lorsque

$T < T_m$  même s'il existe une force de traction et lorsque  $T_m < T$  le corps sera hors équilibre où  $R_T = T_m$  et  $\varphi = \varphi_0$  avec  $\varphi_0$  l'angle de frottement statique et  $K_0 = \tan \varphi_0$  le coefficient de

frottement statique auquel le corps se déséquilibre.

## 2. Le concept de frottement :

**La force  $\vec{R}$  jeu deux effets :**

- Résistance au poids  $\vec{P}$  de corps (c-à-d résistance d'approfondir) grâce au composante normale  $R_N$ .
- Résistance au tension  $\vec{T}$  de dynamomètre (c-à-d résistance de mouvement) grâce au composante tangentielle  $R_T$ , et qui est appelée force de frottement  $\vec{f}$ .

## 3. Angle de frottement statique :

- On appelle l'angle de frottement statique  $\varphi_0$  la valeur limite de l'angle de frottement  $\varphi$  qui détruit l'équilibre du corps et il représente une grandeur caractéristique de la nature du contact entre deux corps particuliers.
- On définit le coefficient de frottement statique  $K_0$  par la relation suivante :  $K_0 = \tan \varphi_0 = \frac{R_T}{R_N}$ .

Cette grandeur est liée à la nature des deux corps contactés et n'est pas liée à leurs surfaces.

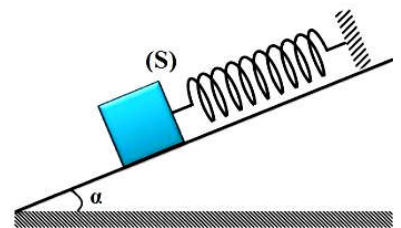
## Remarque :

Pour un corps solide sur un plan inclinée par un angle ( $\alpha = \varphi$ ), le corps est:

En équilibre $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$	En mouvement $\Sigma \vec{F} = \vec{P} + \vec{R} \neq \vec{0}$	
Plan <b>grossière</b> $\alpha < \varphi_0$	Plan <b>grossière</b> $\alpha > \varphi_0$	Plan <b>lisse</b> et la direction de $\vec{R}$ est <b>normale</b>

## Exercice d'application 2

Un solide (S) de masse  $m = 350 \text{ g}$  est maintenue à l'équilibre sur un plan incliné d'un angle  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale par l'intermédiaire d'un ressort de constante de raideur  $k = 20 \text{ N.m}^{-1}$ . On considère que le contact entre le corps (S) et le plan incliné se fait **avec frottement**, et que à l'équilibre l'allongement du ressort est  $\Delta l = 5 \text{ cm}$

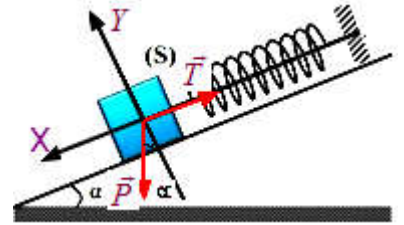


1. Faire l'inventaire des forces appliquées sur le corps (S), et les représenter. ( $\vec{P}; \vec{R}; \vec{T}$ )
2. Calculer le **poids P** de la boule et la **tension du ressort T**. On prend  $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$ .  
( $P = m.g = 3.5 \text{ N}; T = K.\Delta l = 1 \text{ N}$ )

3. Déterminer en utilisant la méthode analytique, l'intensité de la **composante normale**  $R_N$  et de la **force de frottement**  $f$

$$\begin{cases} P_x + R_x + T_x = 0 \\ P_y + R_y + T_y = 0 \end{cases} \quad c - \dot{a} - d \quad \begin{cases} 0 + R_T - T = 0 \\ -P \cos \alpha + R_N + 0 = 0 \end{cases}$$

donc  $\begin{cases} f = R_T = T = 1N \\ R_N = P \cos \alpha = 3N \end{cases}$



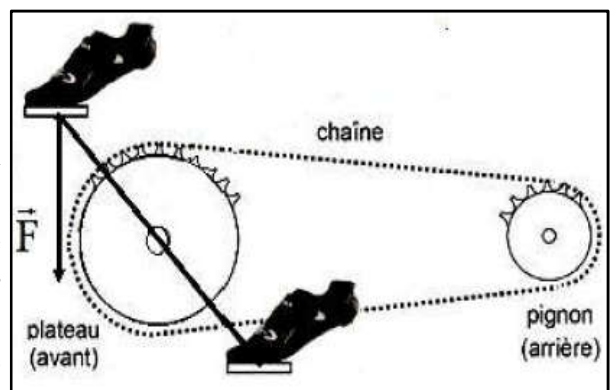
4. Dédire le **coefficient de frottement**  $k$ , et trouver l'**angle de frottement**  $\varphi$

$$K = \tan \varphi = \frac{R_T}{R_N} = \frac{1}{3} \text{ et } \varphi = \tan^{-1}\left(\frac{R_T}{R_N}\right) = 18,4^\circ$$

## Chapitre 7: Equilibre d'un solide en rotation autour d'un axe fixe

### Situation problème

Lorsque nous roulons à vélo, nous appliquons une force sur le pédale qui fait tourner le plateau autour un axe de rotation, afin de bouger le vélo



☞ **Comment une force peut faire tourner un corps solide autour d'un axe fixe ? Et quelle est la grandeur physique qui caractérise cet effet ?**

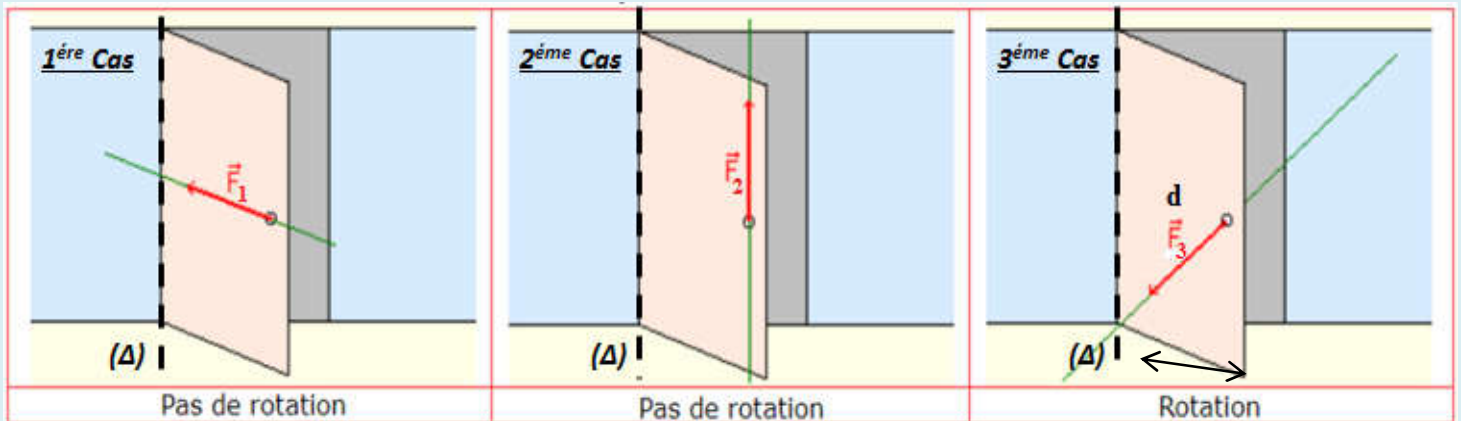
☞ **Quelles conditions nécessaire doit satisfaire pour garder l'équilibre d'un corps solide autour d'un axe fixe.**

### I- L'effet d'une force sur la rotation d'un corps solide

## 1) Activité:

Le schéma ci-contre représente une porte susceptible de tourner autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ).

On exerce une force  $\vec{F}$  sur cette porte comme l'indique le schéma et on constate :



- La force  $\vec{F}_1$  ne peut faire tourner la porte autour de l'axe ( $\Delta$ ), car sa **ligne d'action se coupe avec cet axe**.
- La force  $\vec{F}_2$  ne peut faire tourner la porte autour de l'axe ( $\Delta$ ), car sa **ligne d'action est parallèle à cet axe**.
- La force  $\vec{F}_3$  peut faire tourner la porte autour de l'axe ( $\Delta$ ), son intensité augmente lorsqu'on approche de l'axe de rotation (la distance  $d$  diminue).

## 2) Conclusion

- Une force  $\vec{F}$  a un effet de rotation sur un corps solide si sa direction est **non parallèle** à l'axe de rotation ( $\Delta$ ) et **ne le coupe pas**.
- L'effet d'une force sur la rotation d'un solide autour d'un axe fixe dépend de l'intensité de cette force et aussi de sa direction. (l'effet d'une force est d'autant plus grand lorsque la force  $\vec{F}$  est appliquée loin de l'axe de rotation).

## II- Moment d'une force par rapport à un axe fixe ( $\Delta$ )

### 1) expérience:

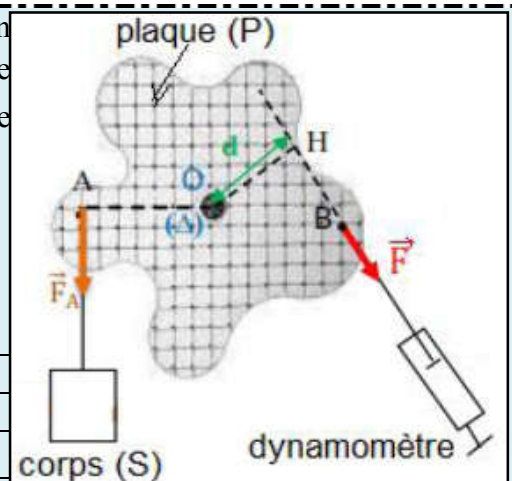
La plaque (P) peut tourner autour de l'axe ( $\Delta$ ) passant par O, on suspend au point A un corps (S) et on exerce de l'autre côté une force  $\vec{F}$  au point B. Pour rétablir l'équilibre de la plaque, on change à chaque fois l'intensité et la direction de la force  $\vec{F}$ .

### Tableau des résultats :

<b>F en (N)</b>	1	2	3	4	5
<b>d en (m)</b>	0,12	0,06	0,04	0,03	0,024
<b>F.d en (N.m)</b>	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

### Observation :

- Lorsque l'intensité de la force  $\vec{F}$  diminue, la distance  $d$  augmente.



• Le produit  $F.d$  reste constant, il s'appelle **le moment de la force  $\vec{F}$** .

## 2) Définition du moment d'une force :

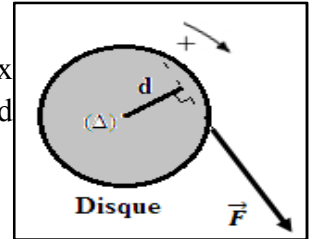
**Le moment d'une force  $\vec{F}$**  par rapport à un axe ( $\Delta$ ) est une grandeur physique qui exprime la capacité de la force  $\vec{F}$  à faire tourner un corps autour d'un axe ( $\Delta$ ), on le note  $M_{\Delta}(\vec{F})$ .

Le moment d'une force  $\vec{F}$  par rapport à un axe fixe ( $\Delta$ ) est défini par la relation :

$$M_{\Delta}(\vec{F}) = \pm F.d \begin{cases} F: \text{intensité de la force en (N)} \\ d: \text{la distance entre la direction de } \vec{F} \text{ et l'axe } \Delta \text{ en (m)} \\ M_{\Delta}(\vec{F}): \text{le moment de la force } \vec{F} \text{ par rapport à } (\Delta) \text{ en (N.m)} \end{cases}$$

### Remarque:

La distance  $d$  est **la petite distance** séparée entre la ligne d'action de la force  $\vec{F}$  et l'axe de rotation ( $\Delta$ ), c'est la distance dont sa droite est **perpendiculaire** à la ligne d'action de cette force.



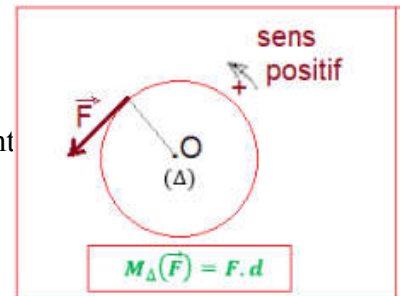
## 3) Le moment d'une force est une grandeur algébrique

Le moment d'une force est une grandeur algébrique.

On choisit aléatoirement un sens positif (+) de rotation :

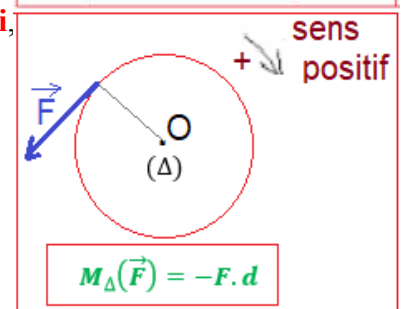
⇒ Si la force fait tourner le solide dans **le sens positif choisi**, alors son moment est positif et on écrit :

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



⇒ Si la force fait tourner le solide dans **le sens contraire au sens positif choisi**, alors son moment est négatif et on écrit :

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



⇒ On dit que le moment d'une force est une **grandeur algébrique** :

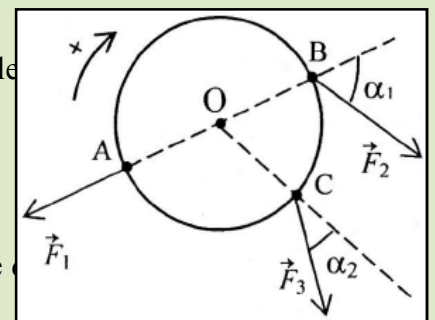
$$M_{\Delta}(\vec{F}) = \pm F.d$$

## Exercice d'application n°1 :

Sur un disque de rayon 20cm, on exerce des forces de même intensités égales à 30N et situées dans le plan vertical du disque.

Calculer le moment de ces forces par rapport à un axe passant par O, centre du disque et perpendiculaire au plan du disque.

**Données :**  $\alpha_1=50^\circ$ ,  $\alpha_2=40^\circ$



## Correction :

### III- Moment d'un couple de deux forces

#### 1) Définition d'un couple de deux forces

Deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  forment un couple de deux forces si :

- La somme vectorielle des deux forces est nulle  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$  (elles ont même intensité et de sens opposés)
- Les lignes d'action des deux forces sont parallèles et différentes.

#### Exemple :

Le chauffeur applique un couple de deux forces sur le volant pour faire demi-tour.



#### 2) Moment d'un couple de deux forces

– Le moment de la force  $\vec{F}_1$  est :  $M_{\Delta}(\vec{F}_1) = \pm F_1 \cdot d_1$

– Le moment de la force  $\vec{F}_2$  est :  $M_{\Delta}(\vec{F}_2) = \pm F_2 \cdot d_2$

Le moment du couple de deux forces  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$  est :

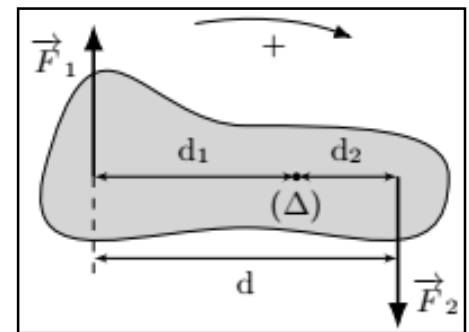
$$M_{\Delta}(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = M_{\Delta}(\vec{F}_1) + M_{\Delta}(\vec{F}_2) \\ = \pm F_1 \cdot d_1 \pm F_2 \cdot d_2$$

Puisque :  $F_1 = F_2 = F$  et  $d_1 + d_2 = d$

Donc :  $M_{\Delta}(\vec{F}_1, \vec{F}_2) = \pm F \cdot d$

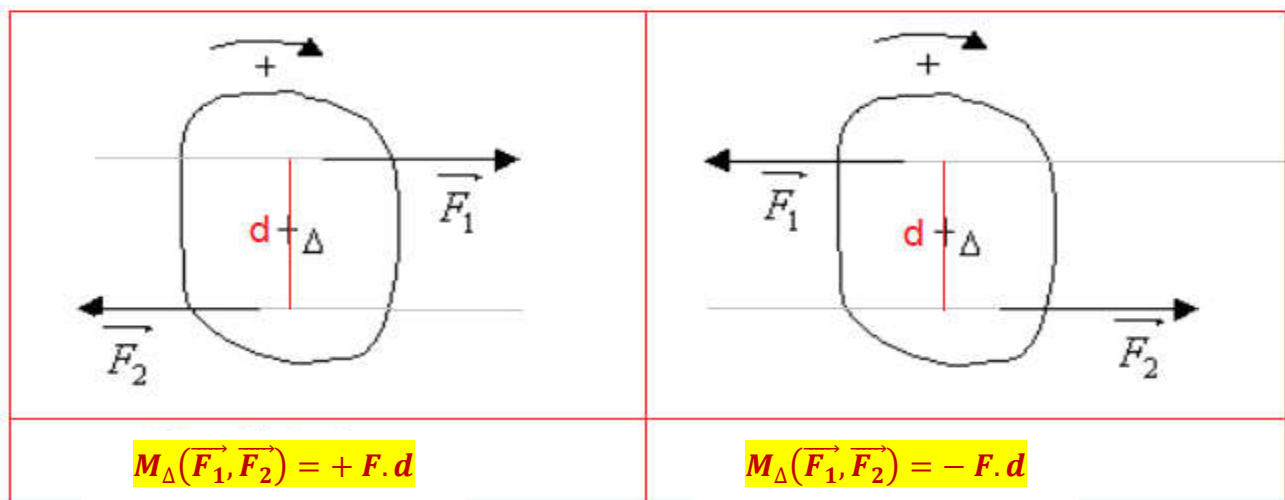
Avec :  $F$  : l'intensité commune des deux forces.

$d$  : la distance séparant les deux droites d'action des deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$ .



#### Remarque:

Le moment d'un couple est une grandeur algébrique.



### IV- Equilibre d'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe

#### 1) Théorème des moments

##### 1-1) Activité

Le dispositif suivant est constitué une barre homogène AB en équilibre de masse  $m=1\text{Kg}$  est mobile autour d'un axe horizontal fixe ( $\Delta$ ) passant par le point O. On fixe à la plaque au point A pa



un corps (S) et au point B un dynamomètre permettant de ramener la plaque à l'équilibre.

Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  sont dans un plan perpendiculaire à l'axe ( $\Delta$ ).

**On donne :**  $F_1 = 7\text{N}$  et  $F_2 = 4\text{N}$  ;  $g = 10\text{N/Kg}$  ;  $AB = 1\text{m}$  ;  $OG = 30\text{cm}$  ;  $\alpha = 30^\circ$

- 1) Calculer le moment de chacune des forces appliquées à la barre.
- 2) Calculer la somme algébrique des moments des forces appliquées à la barre.
- 3) Conclure ?

### 1-1) Exploitation :

1) La plaque est soumise à quatre forces :

✚ Le poids de la plaque  $\vec{P}$ , son moment est :  $M_{\Delta}(\vec{P}) = +P \cdot d_1 = m \cdot g \cdot OG$  avec : ( $d_1 = OG = 0,3\text{m}$ )  
 $= 1 \times 10 \times 0,3$   
 $= 3 \text{ N.m}$

✚ La force  $\vec{F}_1$ , son moment est :  $M_{\Delta}(\vec{F}_1) = -F_1 \times d_2 = -F_1 \cdot OA$  avec : ( $d_2 = OA = 0,2\text{m}$ )  
 $= -7 \cdot 0,2$   
 $= -1,4 \text{ N.m}$

✚ La force  $\vec{F}_2$ , son moment est :  $M_{\Delta}(\vec{F}_2) = -F_2 \cdot d_3$  avec : ( $d_3 = OB \times \sin\alpha$ )  
 $= -F_2 \cdot OB \cdot \sin\alpha$   
 $= -4 \times 0,8 \times \sin 30$   
 $= -1,6 \text{ N.m}$

✚ L'action de l'axe de rotation ( $\Delta$ ) sur la plaque  $\vec{R}$ , son moment est :  $M_{\Delta}(\vec{R}) = 0 \text{ N.m}$   
Car, sa ligne d'action se coupe avec l'axe de rotation ( $\Delta$ ).

2) La somme algébrique des moments de ces forces est :

$$\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = M_{\Delta}(\vec{P}) + M_{\Delta}(\vec{F}_1) + M_{\Delta}(\vec{F}_2) + M_{\Delta}(\vec{R}) = 3 - 1,4 - 1,6 + 0 = 0$$

3) **conclusion** : la plaque est en équilibre  $\Leftrightarrow \sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0$

### Théorème des moments :

Lorsqu'un corps solide susceptible de tourner autour d'un axe fixe est en équilibre, alors : la somme algébrique des moments de toutes les forces qui s'exercent sur lui est nulle :

$$\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0$$

### 2) Condition générale d'équilibre

Lorsqu'un corps solide est en équilibre, les deux conditions suivantes doivent être vérifiées :

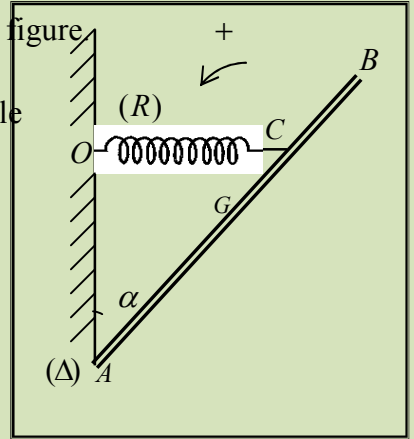
- **1<sup>ère</sup> condition** : La somme vectorielle des forces est nulle  $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$  (Cette condition est nécessaire pour que le centre d'inertie  $G$  du corps solide soit en repos).
- **2<sup>ème</sup> condition** : La somme algébrique de moments de toutes les forces appliquées à lui par rapport à cet axe est nulle  $\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext}) = 0$  (Cette condition est nécessaire pour l'absence de rotation autour l'axe ( $\Delta$ ))

### Exercice d'application n°2 :

Une barre homogène AB, de masse  $m=600\text{g}$  et de longueur  $\ell=8\text{cm}$ , est mobile sans frottement autour d'un axe horizontal ( $\Delta$ ) passant par son extrémité A. Cette barre est maintenue en équilibre à l'aide d'un ressort (R) de constante de raideur  $k$ , accroché au point C tel que  $AC = \frac{3}{4}\ell$ . Comme l'indique la figure

A l'équilibre la barre se trouve dans une position faisant un angle  $\alpha = 45^\circ$  avec la verticale. Et la direction du ressort soit dans une position horizontale.

**On donne:**  $k = 50 \text{ N/m}$  et  $g = 10 \text{ N/kg}$ .



1) Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la barre AB à l'équilibre.

2) On appliquant la théorème des moments montrer que l'intensité de la tension  $\vec{T}$  du ressort s'écrit sous la forme :  $T = \frac{2}{3} \cdot m \cdot g \cdot \tan \alpha$ , Puis calculer sa valeur.

3) Déduire l'allongement du ressort  $\Delta l$ .

**Correction :**

1) l'inventaire des forces qui s'exercent sur la barre AB :

- ✚ .....
- ✚ .....
- ✚ .....

2) Application du théorème des moments :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3) L'allongement du ressort  $\Delta l$  :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

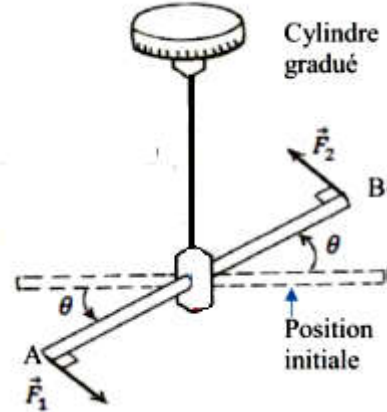
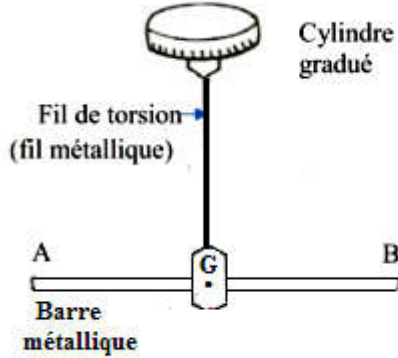
.....

**V- Moment du couple de torsion**

Le schéma ci-contre représente un dispositif expérimental s'appelle le pendule de torsion qui se compose :

- ⊖ D'une barre métallique horizontale de longueur  $L$ .
- ⊖ D'un fil métallique tendu verticalement, son extrémité inférieure est attachée au centre de gravité  $G$  de la barre
- ⊖ D'un tambour gradué en degrés fixé au fil et qui sert à mesurer l'angle de torsion  $\theta$

Lorsqu'on applique sur la barre un couple de deux forces  $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$  par deux fils inextensibles passant par deux poulies, la barre tourne avec l'angle  $\theta$ , ce qui fait tordre le fil. Dès qu'on supprime l'action du couple sur la barre, celle-ci revient à nouveau à sa position initiale sous l'effet d'ensemble de forces appelées **couple de torsion**.



Lorsqu'un fil est tordu, il applique l'ensemble de forces appelées **couple de torsion**, son moment est exprimé par la relation :  $M_c = -C \cdot \theta$

Avec :  $C$  : est une constante positive appelée **constante de torsion** en  $(N \cdot m \cdot rad^{-1})$

$\theta$  : est l'angle de torsion en  $(rad)$

**Remarque :**

La constante de torsion  $C$  dépend de la longueur et du diamètre du fil et de la nature du matériau constituant le fil.

# Physique

## Partie :

# Electricité



## Chapitre 8 : Le courant électrique continu

### 1-Phénomène d'électrisation

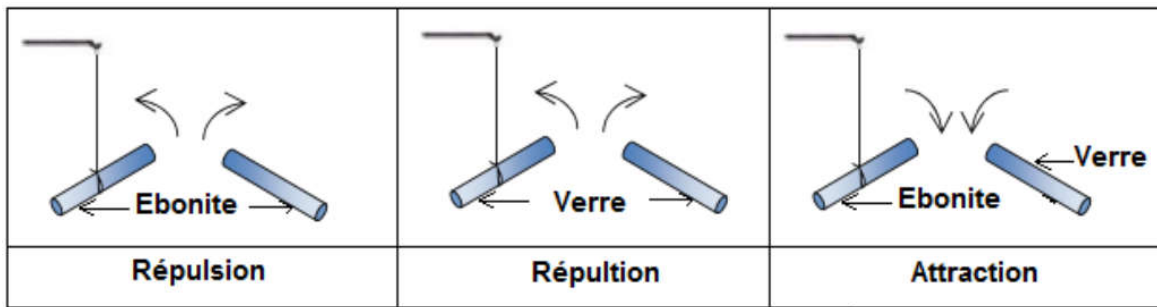
#### 1.1- Électrisation par frottement

Si l'on frotte une baguette (verre, ébonite, matière plastique...) contre un chiffon quelconque (tissu de laine, drap, peau de chat) on observe que la baguette est capable d'attirer de menus (très petit) objets (cheveux, duvet, confettis ; bouts de papier). La baguette s'est électrisée par frottement



## 1.2- Deux types d'électricité :

On électrifie une ébonite par frottement contre une peau de chat et une baquette en verre contre un morceau de soie.



Il existe deux sortes d'électricité : l'électricité qui apparaît sur bâton de verre est **positive (+)** et celle qui apparaît sur l'ébonite **négative (-)**.

### ▪ Remarque :

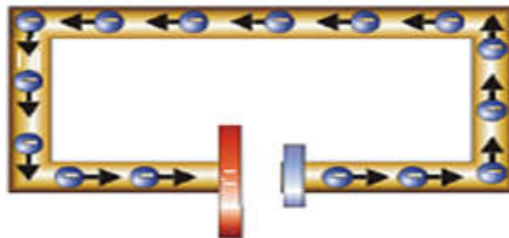
Deux corps chargés de même signe d'électricité se repoussent.

Deux corps chargés d'électricité de signes contraires s'attirent.

## 2-Nature du courant électrique :

### 2.1-Nature du courant dans les conducteurs électriques :

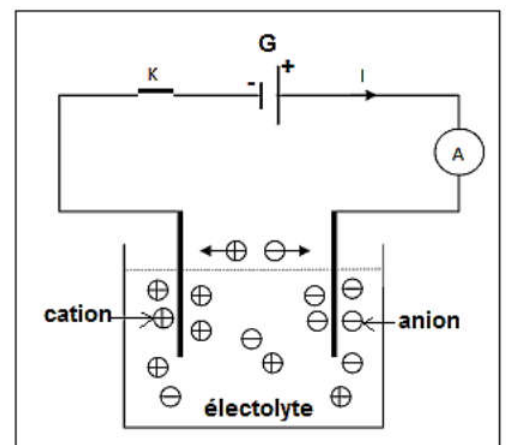
Dans les métaux les électrons libres se déplacent. Ils circulent de la borne moins vers la borne plus à l'extérieur du générateur. Ce mouvement d'électrons constitue le courant électrique.



### 2.2-Nature du courant dans les solutions électrolytes :

L'électrolyte contient des ions positifs (cations) et des ions (négatifs) anions. Les ions positifs se déplacent vers l'électrode liée à la borne négative du générateur.

Les ions négatifs se déplacent vers l'électrode liée à la borne positive du générateur.



### ↳ Conclusion :

Le courant électrique est un mouvement de porteur de charge électrique. Dans les métaux les porteurs mobiles sont des électrons et dans les solutions électrolytiques les porteurs mobiles sont les ions (positifs et négatifs).

## 3- Intensité du courant électrique continu

### 3.1-Quantité d'électricité Q

- ✓ Quantité d'électricité est la valeur absolue de charges électriques déplacées par des porteurs mobiles de charges (électrons, ions).
- ✓ La quantité d'électricité désigne par la lettre Q avec :

$$Q = N \cdot \alpha \cdot e \quad \text{avec : } \begin{cases} N : \text{nombre de porteurs de charges} \\ e : \text{charge élémentaire avec } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \\ \alpha : \text{nombre de charge élémentaire} \end{cases}$$

Dans le système international d'unités (S.I), Q est exprimée en coulomb (C).

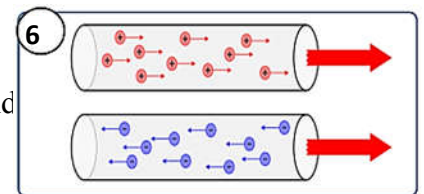
#### ▪ Exemple :

- ↳ Dans le cas de déplacement d'une mole des ions  $\text{Cu}^{2+}$  :  $\alpha = 2$  et  $N = 6,02 \cdot 10^{23}$
- ↳ Dans le cas de déplacement d'une mole des ions  $\text{MnO}_4^-$  :  $\alpha = 1$  et  $N = 6,02 \cdot 10^{23}$
- ↳ Dans le cas de déplacement d'une mole d'électrons( $e^-$ ) :  $\alpha = 1$  et  $N = 6,02 \cdot 10^{23}$

### 3.2- Intensité du courant électrique continu

L'intensité du courant électrique à travers un conducteur est la quantité d'électricité Q qui traverse la section du conducteur par unité de temps (second

$$I = \frac{Q}{\Delta t} \quad \text{avec : } \begin{cases} I : \text{Intensité du courant en (A)} \\ Q : \text{quantité d'électricité en (C)} \\ \Delta t : \text{durée de passage du courant en (S)} \end{cases}$$



#### ▪ Remarque :

Le courant électrique est appelé continu s'il maintient la même intensité et le même sens avec le temps

#### ❖ Exercice d'application 1 :

Dans une solution de **chlorure de cuivre II** on immergé 2 électrodes liées à un générateur de courant électrique continu.

- 1- Dessiner le montage électrique correspondant en représentant le sens de déplacement des porteurs de charges ( les électrons et les ions ).
- 2- Si l'intensité du courant électrique est  $I = 3,2 \text{ A}$  , calculer  $N$  le nombre des ions cuivre II  $\text{Cu}^{2+}$  et  $N'$  le nombre des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  qui se sont déplacés pendant **2 minutes**.

### 3.3-Mesure de l'intensité du courant

#### A- L'ampèremètre :

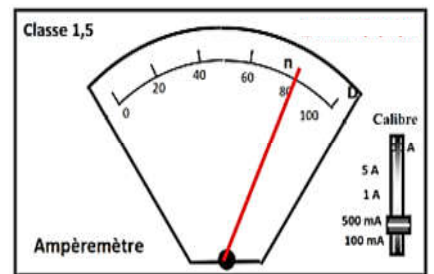
L'ampèremètre est toujours branché en série dans le circuit dans lequel on veut mesurer l'intensité. Avant de l'utiliser l'ampèremètre doit être réglé sur le plus grand calibre pour éviter de le détériorer. La borne COM doit être relié au pôle négative du générateur.



#### B-Lecture sur l'ampèremètre :

Dans le cas d'un ampèremètre à aiguille à plusieurs calibres la lecture se fait de la lumière suivante :

$$I = \frac{C.n}{n_0} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} C : \text{la calibre utilisé} \\ n : \text{nombre de division indiqués par l'aiguille} \\ n_0 : \text{nombre de divisions du cadran} \end{cases}$$

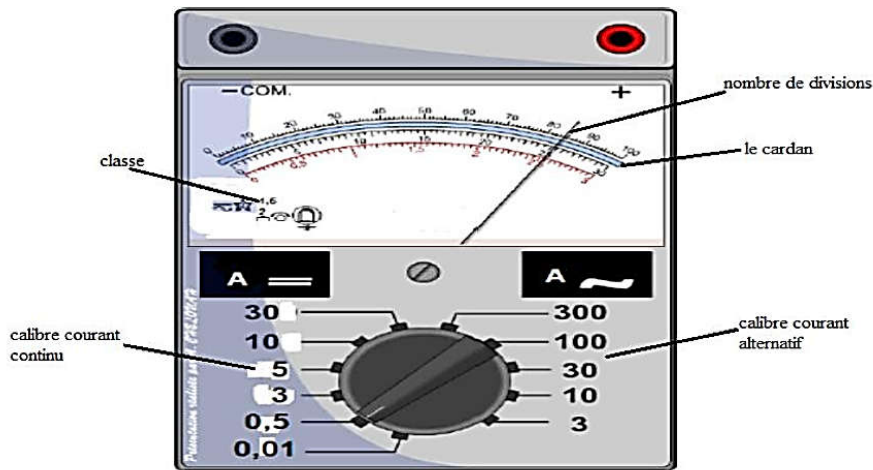


L'incertitude absolue :  $x$  : classe de l'appareil  $\Delta I = \frac{C.x}{100}$

L'incertitude relative :  $\frac{\Delta I}{I} \cdot 100$

L'incertitude relative :  $\frac{\Delta I}{I}$  elle s'exprime en pourcentage plus qu'elle est petite plus que la précision de la mesure est grande.

**Remarque :** Dans le cas d'un ampèremètre numérique la lecture est directe et fonction du calibre sélectionné.



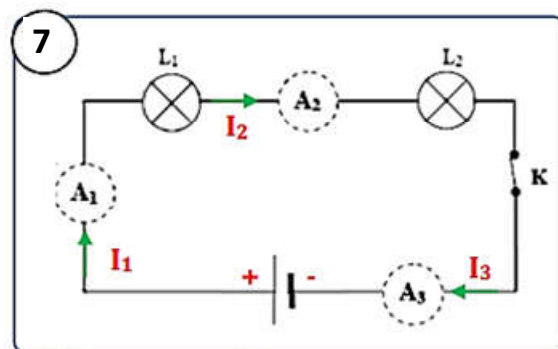
### ❖ Exercice d'application 2 :

Pour mesurer l'intensité  $I$  d'un courant dans un circuit, on utilise un ampèremètre analogique réglé sur le calibre 50 mA. Sachant que l'appareil comprend 100 divisions et que l'aiguille se stabilise devant la division 44.

↳ Calculez l'intensité du courant en mA.

## 4- Propriétés du courant électrique :

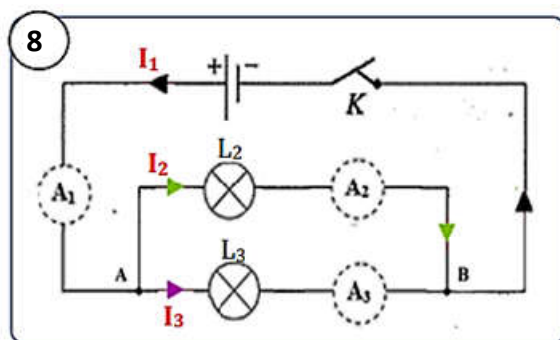
**4.1-Montage en série :** On réalise le montage suivant :



On constate que les ampèremètres A1 , A1 et A3 indiquent la même intensité.

**Loi d'unicité de l'intensité :** Dans un circuit en série, l'intensité du courant électrique est la même en tout point du circuit.

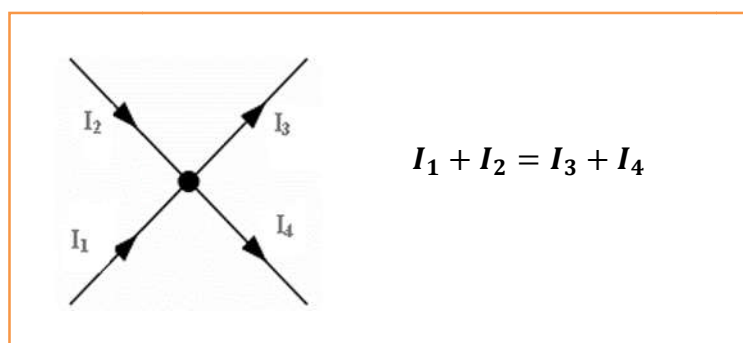
4.2- Montage en dérivation : On réalise le montage suivant :



On constate que:  $I = I_1 + I_2$

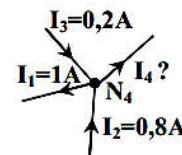
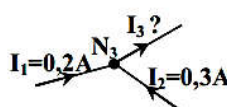
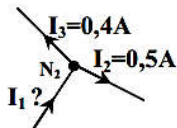
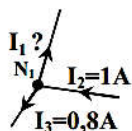
**Loi des nœuds :** La somme des intensités des courants qui entrent à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui sortent de ce nœud

$$\sum I_{\text{entrants}} = \sum I_{\text{sortants}}$$



❖ **Exercice d'application 3 :**

Trouver la valeur, non indiquée, de l'intensité dans chacun des cas ci-dessous :



❖ **Exercice 2 :**

Lorsqu'on mesure un courant électrique I dans un circuit électrique, l'aiguille de l'ampèremètre se trouve à la division 70 dans un cadran de 100 division sachant qu'on a utilisé le calibre C = 100 mA et l'Ampèremètre est de classe 1.5.

1. Calculer l'intensité du courant électrique I
2. Calculer la précision de cet appareil  $\frac{\Delta I}{I}$

# Chapitre 9 : la tension électrique

## I- Le potentiel électrique

L'écoulement de l'eau du haut de la cascade vers le bas est expliqué par la différence d'altitude. Par analogie le courant électrique c'est-à-dire le déplacement des porteurs de charges électriques entre deux points A et B d'un circuit, est expliqué par la différence de potentiel électrique entre ces deux points.

Chaque point d'un circuit se caractérise par son état électrique appelé potentiel électrique, il est noté  $V$  et s'exprime en Volts.



## II- La Tension électrique

### 1- Définition

La tension électrique  $U_{AB}$  entre deux points A et B d'un circuit est égale à la différence de potentiel électrique entre ces deux points :  $U_{AB} = V_A - V_B$  avec :

$V_A$  : Potentiel électrique au point A en ( V )

$V_B$  : Potentiel électrique au point B en ( V )

$U_{AB}$  : Tension électrique entre les points A et B en ( V )

### 2- Représentation de la tension électrique .

La représentation conventionnelle de la tension  $U_{AB}$ , entre les points A et B pour un dipôle, est définie par une flèche dirigée de B vers A.

## III. Mesure de la tension électrique

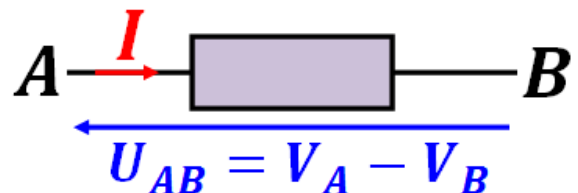
### 1- Le Voltmètre à aiguille .

Un voltmètre permet de mesurer la tension électrique aux

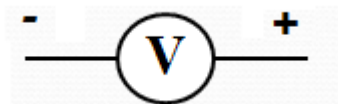
bornes d'un dipôle ; où le courant entre dans le pôle  $V$  ou  $\oplus$  et sort du pôle  $com$  ou  $\ominus$ .

Il faut toujours brancher un voltmètre en parallèle.

Le symbole du voltmètre est :



-pour un voltmètre à aiguille, la tension mesurée est :



$$U = C \times \frac{n}{n_0}$$

**C** : Calibre en V

**n** : nombre de division indiqué par l'aiguille

**$n_0$**  : nombre de division de cadran

➤ **Incertitude absolue** :

$$\Delta U = C \cdot \frac{x}{100}$$

$x$  : La classe du voltmètre, elle est déterminée par le constructeur

● *Remarque :*

La valeur de la tension électrique s'écrit sous la forme :  $U \pm \Delta U$

➤ **Incertitude relative** : elle exprime la précision de la mesure en pourcentage

$$\frac{\Delta U}{U} \cdot 100$$

Application 1 :

On mesure une tension  $U$  à l'aide d'un voltmètre dont le cadran contient **100 graduations**. L'aiguille indique la graduation **58** lors de l'utilisation du calibre **10 V**

1. Calculer la valeur de la **tension  $U$**  mesurée
2. Calculer l'incertitude absolue sur la mesure de la tension  $U$ . On donne : La classe du voltmètre est  $x = 2$
3. Calculer l'incertitude relative sur la mesure de la tension  $U$
4. Donner un encadrement de la valeur de  $U$

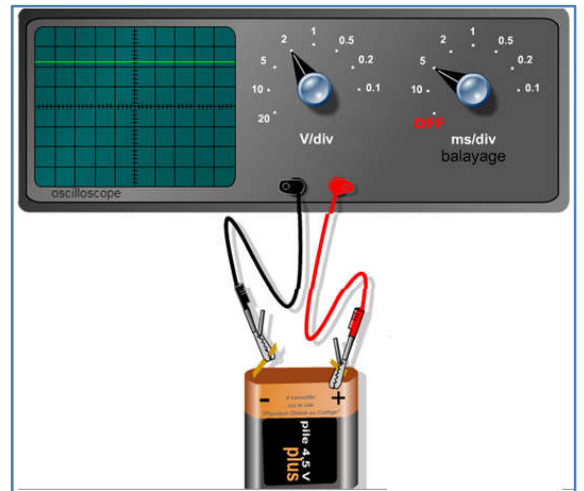
**2- Le voltmètre numérique**

Le voltmètre numérique (ou multimètre) donne la valeur de tension directement sur l'écran.

**3- L'oscilloscope**

L'oscilloscope permet de visualiser et de mesurer la tension électrique. continue et/ou variable dans le temps, et de déterminer ses caractéristiques

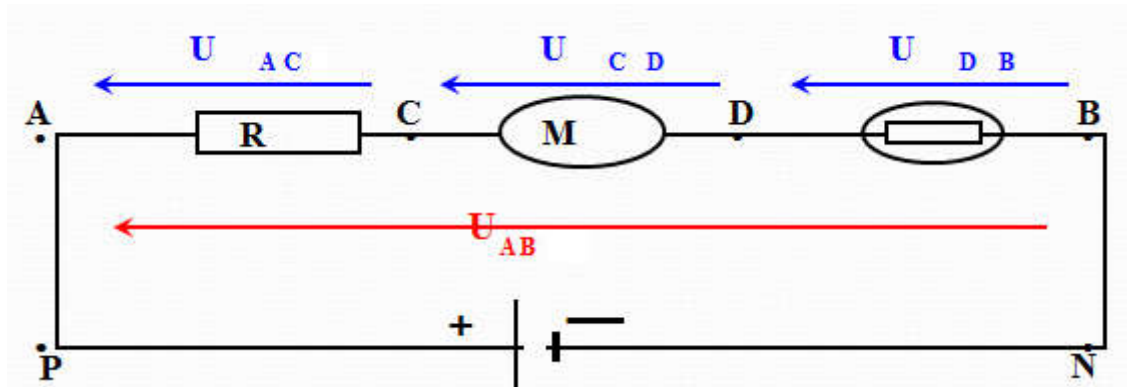
Pour visualiser une tension variable sur l'oscilloscope, on branche la borne rouge de GBF (générateur à basse fréquence) avec son entrée Y1, et la borne noire de GBF avec sa masse



[https://www.pccl.fr/physique chimie college lycee/troisieme/electricite/oscilloscope.htm](https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/troisieme/electricite/oscilloscope.htm)

**IV. Caractéristiques de la tension électrique :**

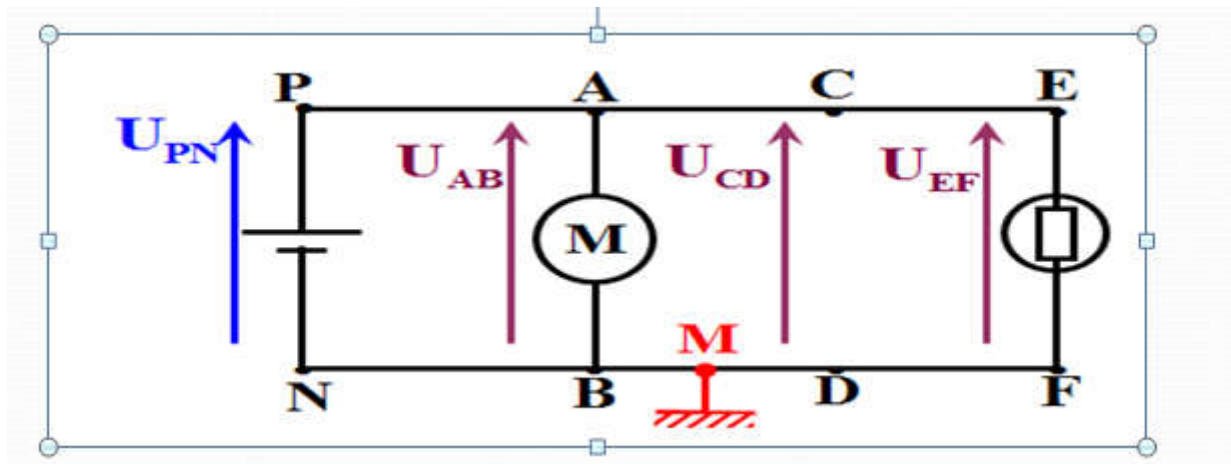
**1- Circuit en série**



$$U_{AB} = U_{AC} + U_{CD} + U_{DB}$$

- La tension aux bornes d'un ensemble de dipôles montés en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chacun des dipôles

## 2- Circuit en parallèle



$$U_{PN} = U_{AB} = U_{EF}$$

- La tension aux bornes d'un ensemble de dipôles montés en parallèle (dérivation) est la même **V. Les tensions variables :**

### 1- la tension alternative sinusoïdale :

Une tension alternative est une tension variable qui prend respectivement des valeurs positives et des valeurs négatives.

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

### 2- Visualisation d'une tension alternative

#### a-Tension maximale tension (l'amplitude)

C'est la valeur maximale de la tension, on la note  $U_m$ . Elle s'exprime en volt

$$U_m = S_Y \cdot Y_m$$

$Y_m$  : Nombre de division correspond à l'amplitude

$S_Y$  : La sensibilité verticale

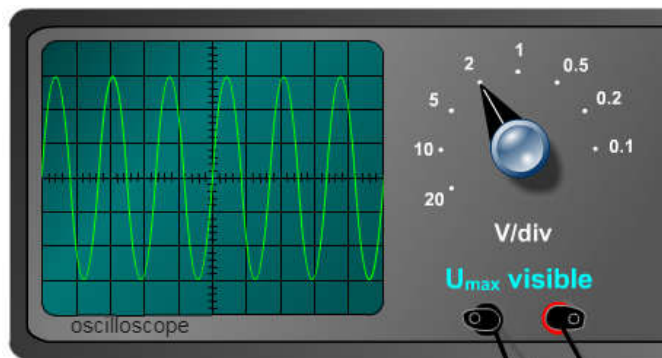
#### b- La tension efficace $U_e$

La tension efficace se calcule, à partir de la tension maximale :

$$U_e = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

#### c- La période T

La période T est la plus petite durée au bout de laquelle la tension se reproduit identique à elle-même, son unité est la seconde (s).



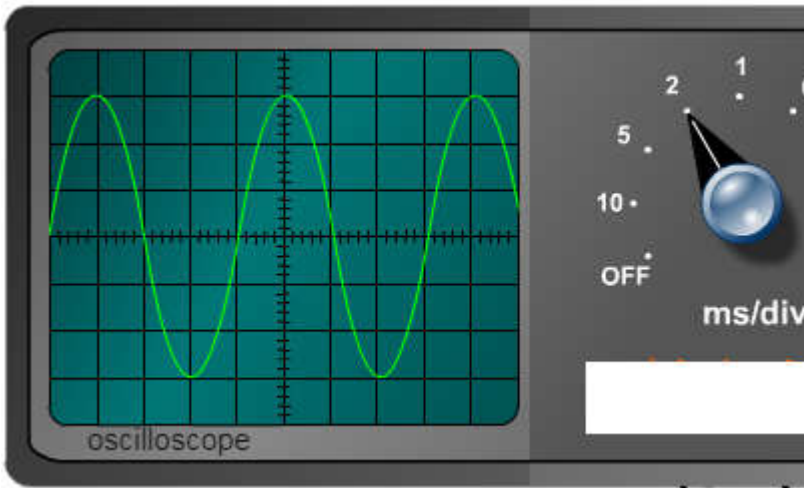
### d- La fréquence

La fréquence est le nombre de périodes en une seconde.

L'unité de f dans S.I est le hertz (Hz)

### e- Application :

- 1- Calculer pour l'exemple ci-dessous la valeur maximale de la tension sachant que la sensibilité verticale est  $S_Y = 2V/div$



$$(Hz) \rightarrow f = \frac{1}{T} \leftarrow (s)$$

On a :  $U_m = S_Y \cdot Y_m$  Donc  $U_m = 2 \cdot 3 = 6V$

### 2- Déduire La tension efficace $U_e$

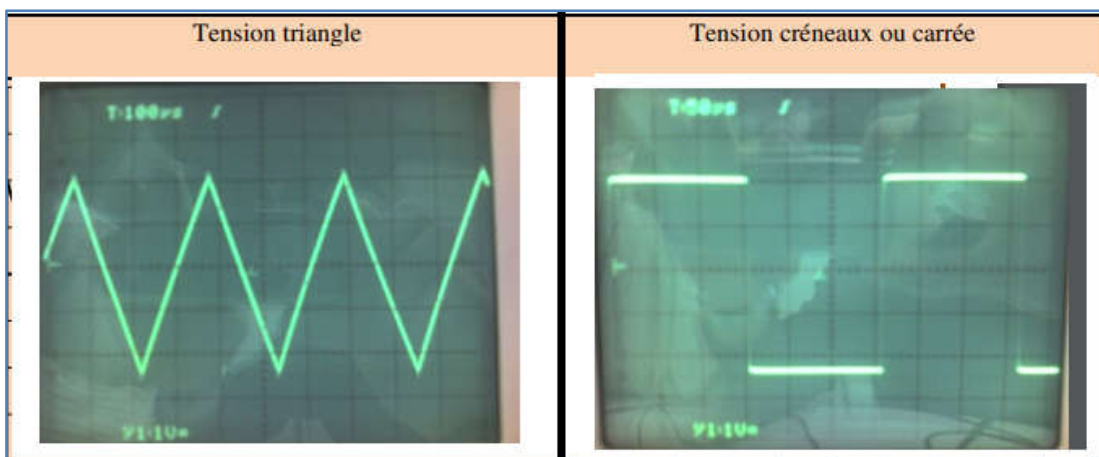
$$U_e = \frac{6}{\sqrt{2}} = 4,2 V$$

- 3- Calculer La periode T et déduire la fréquence f sachant que la sensibilité horizontale  $S_h$  ou vitesse de balayage  $V_b$  est  $V_b = 2ms/div$

La periode T :  $T = V_b \cdot X = 2 \cdot 4 = 8ms$

La fréquence f :  $f = 1/T = 125 Hz$

### 3- Autres tensions variables

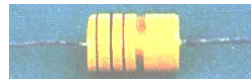


# Chapitre 10 : Association des conducteurs ohmiques

## 1-Le conducteur ohmique :

### 1.1-Définitions :

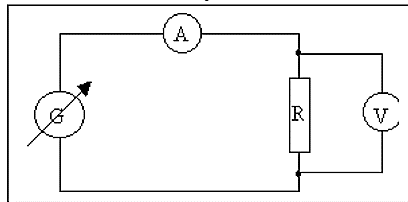
- ↪ On appelle un dipôle tout composant électrique (ou associations des composants électriques) possédant deux bornes ou deux pôles. Le dipôle (AB) représenté comme suit:  $A \bullet \text{---} \boxed{D} \text{---} \bullet B$
- ↪ Un dipôle passif est un dipôle qui ne peut pas générer un courant électrique par lui-même, c'est-à-dire la tension  $U_{AB}$  entre ses bornes est nulle quand aucun courant électrique ne passe à travers lui ( $I=0$ ).
- ↪ Le conducteur ohmique (la résistance) : est un dipôle passif caractérisé par une grandeur physique s'appelle la résistance, notée  $R$ .  
L'unité de la résistance dans (S.I) est ohm notée ( $\Omega$ ).



## 2- Caractéristique d'un conducteur ohmique (Loi d'ohm) :

On appelle caractéristique d'un conducteur ohmique la représentation graphique de la variation de la tension  $U$  à ses bornes en fonction de l'intensité du courant qui le traverse:  $U=f(I)$ .

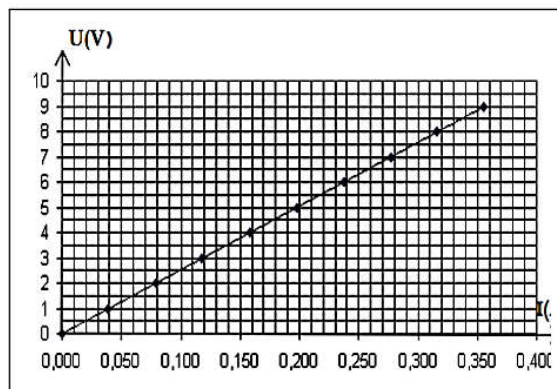
Pour tracer la caractéristique d'un conducteur ohmique on utilise le montage suivant :



En faisant varier la tension du générateur, on obtient une série de mesures qu'il est préférable de représenter dans un tableau :

U (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I (A)	0	0,039	0,079	0,118	0,160	0,198	0,238	0,277	0,316	0,355

la représentation graphique de la variation de la tension  $U$  à ses bornes en fonction de l'intensité du courant qui le traverse:  $U=f(I)$ .



La caractéristique du conducteur ohmique est une droite qui passe par l'origine (droite linéaire). Donc la tension aux bornes du conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse :

$$U = R \cdot I \quad \text{: la loi d'ohm}$$

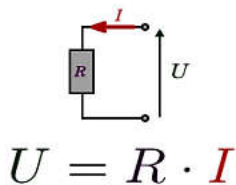
$(V)$        $(\Omega)$        $(A)$

Graphiquement la valeur de R se détermine par la méthode du coefficient directeur suivante : on choisit deux points A et B de la droite  $U=f(I)$ .

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U_B - U_A}{I_B - I_A} = \frac{(7,5 - 5)V}{(0,3 - 0,2)A} = 25\Omega$$

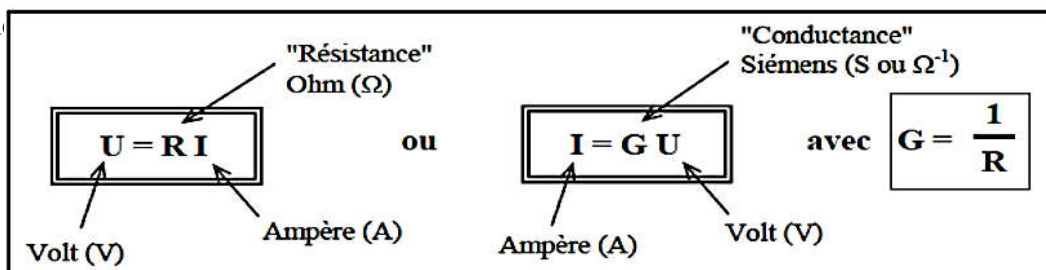
### -Enoncé de la loi d'Ohm :

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



### -Conductance :

on définit la conductance G par l'inverse de la résistance:  $G = 1/U$  En (SI) l'unité de conductance est le siemens (S) telle que



### -Résistance d'un fil métallique :

La résistance d'un fil métallique dépend de sa longueur L, de sa section S et de la nature du matériau qui le constitue.

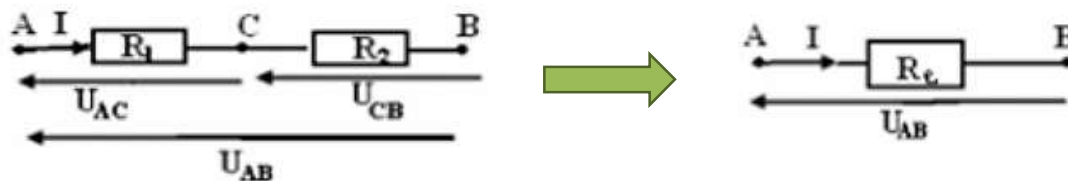
$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \Rightarrow \begin{cases} L : \text{longueur du fil en (m)} \\ \rho : \text{la résistivité du matériau en } (\Omega \cdot m) \\ S : \text{La section du fil en } (m^2) \end{cases}$$

### 3-Association des conducteurs ohmiques :

#### 1-Association en série :

On considère deux conducteurs ohmiques de résistances  $R_1$  et  $R_2$  montés en série.

Soit  $R_e$  la résistance du conducteur ohmique équivalent qui peut les remplacer et jouer leur rôle.



En appliquant la loi d'additivité des tensions :  $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB}$  (1)

On a :  $U_{AC} = R_1 \cdot I$     et     $U_{CB} = R_2 \cdot I$     et     $U_{AB} = R_e \cdot I$

En remplaçant dans (1)     $R_e \cdot I = R_1 \cdot I + R_2 \cdot I$     donc     $R_e \cdot I = I \cdot (R_1 + R_2) \rightarrow R_e = R_1 + R_2$

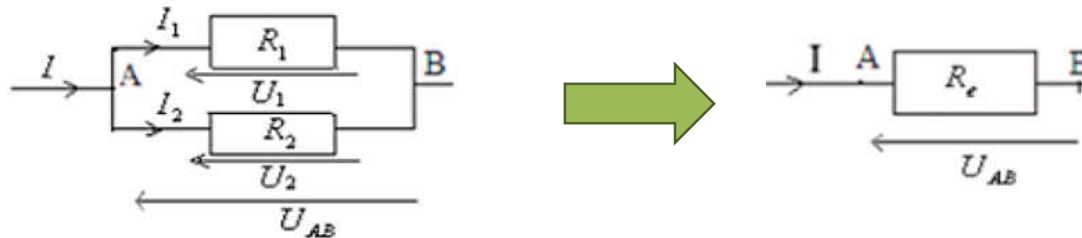
Dans une association de conducteurs ohmiques en série, la résistance équivalente est égale à la somme des résistances.

$$R_e = \sum_{i=1}^n R_i$$

## 2-Association en dérivation :

On considère deux conducteurs ohmiques de résistances  $R_1$  et  $R_2$  montés en dérivation.

Soit  $R_e$  la résistance du conducteur ohmique équivalent qui peut les remplacer et jouer leur rôle.



En appliquant la loi des nœuds au point A :  $I = I_1 + I_2$

On a :  $I_1 = \frac{U_1}{R_1}$  et  $I_2 = \frac{U_2}{R_2}$  et  $I = \frac{U_{AB}}{R_e}$  donc :  $\frac{U_{AB}}{R_e} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$

Or dans un circuit en dérivation toutes les branches sont soumises à la même tension

$$U_{AB} = U_1 = U_2$$

Donc la relation précédente devient  $\frac{U_{AB}}{R_e} = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} \Rightarrow \frac{U_{AB}}{R_e} = U_{AB} \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

Après simplification par  $U_{AB}$  On a :  $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow G_e = G_1 + G_2$

Dans une association de conducteurs ohmiques en dérivation, la conductance équivalente est égale à la somme des conductances.

$$\frac{1}{R_e} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

## 4- Utilisation des conducteurs ohmiques :

### 4.1-Diviseur de tension :

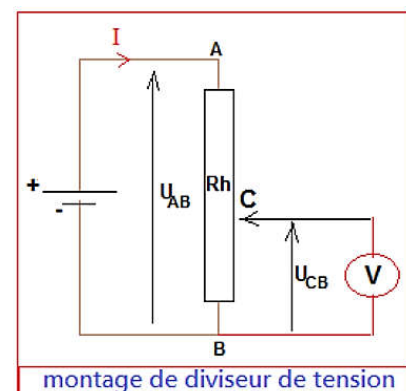
Pour obtenir un générateur de tension variable à partir d'un générateur

de tension continue on réalise un montage de diviseur

de tension ou montage potentiométrique .

Le montage est constitué par un rhéostat associé en dérivation

avec un générateur de tension continue.

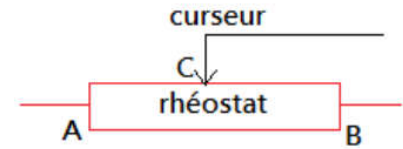


➤ **Remarque :**

Le rhéostat est une résistance variable qui possède trois bornes **A**, **B** et **C**.

$R_{AB}$  : représente la résistance totale du rhéostat, si on déplace

le curseur **C** de **A** vers **B** la résistance utilisé est  $R_{CB}$



**4.2- Relation du diviseur de tension :**

En appliquant la loi d'ohm  $U_{CB} = R_{CB} \cdot I$  : (1)

$$U_{AB} = R_{AB} \cdot I \quad : (2)$$

$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \frac{U_{CB}}{U_{AB}} = \frac{R_{CB}}{R_{AB}} \Rightarrow U_{CB} = \frac{R_{CB}}{R_{AB}} \cdot U_{AB}$$

$R_{AB}$  : résistance totale du rhéostat.

$R_{CB}$  : une partie de la résistance totale du rhéostat qu'on peut faire varier en déplaçant le curseur.

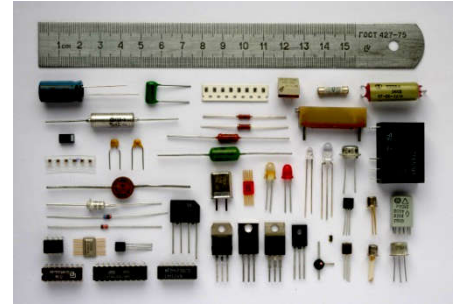
Par exemple si :  $R_{CB} = \frac{R_{AB}}{2} \Rightarrow U_{CB} = \frac{U_{AB}}{2}$

# Chapitre 11 : Caractéristiques de quelques dipôles passifs

## Situation problème

Tous les appareils électriques qui nous entourent contiennent des composants électriques assez variés. Les plus courants possèdent deux bornes. Elles sont appelées **dipôles électriques**, qui peuvent être divisés en deux : **dipôles passifs**, et **dipôles actifs**. Les dipôles passifs sont très divers, chacun ayant sa propre caractéristique selon le rôle qu'il joue dans le circuit.

- Qu'est ce qu'un dipôle passif ?
- Quels sont les dipôles passifs les plus courants ?
- Quelles sont ses caractéristiques, et ses utilisations dans l'électronique ?



## I. Dipôles passifs

### 1. Activité

On considère les dipôles suivants. Connecter chaque dipôle au voltmètre et déduire la valeur de la tension en circuit ouvert (l'absence de courant électrique), ensuite classer ces dipôles en **actifs** ou **passifs**.

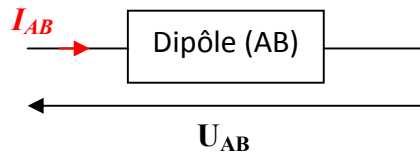
Dipôle	Dipôle (1)	Dipôle (2)	Dipôle (3)	Dipôle (4)
Nom	conducteur ohmique	V.D.R ou Varistance	L.D.R "Résistance photoélectrique"	Pile
Symbole	 	 	 	 
Tension	$U = 0 V$	$U = 0 V$	$U = 0 V$	$U = 6 V$
Type	Passif	Passif	Passif	Actif
Dipôle	Dipôle (5)	Dipôle (6)	Dipôle (7)	Dipôle (8)
Nom	Lampe	Diode	Diode électroluminescente	Diode Zener
Symbole	 	 	 	 
Tension	$U = 0 V$	$U = 0 V$	$U = 0 V$	$U = 0 V$
Type	Passif	Passif	Passif	Passif

### 2. Conclusion

☒ On appelle **dipôle** toute composante électrique possède **deux bornes**.

⊗ Le **Dipôle passif** est un dipôle dans laquelle la tension entre ses bornes est **nulle** en **circuit ouvert** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ), c-à-d il ne peut pas générer le courant électrique par lui-même.

⊗ Les **Dipôles passifs** se sont des **récepteurs**, c-à-d ils reçoivent le courant électrique :



## II. Caractéristiques de quelques dipôles passifs

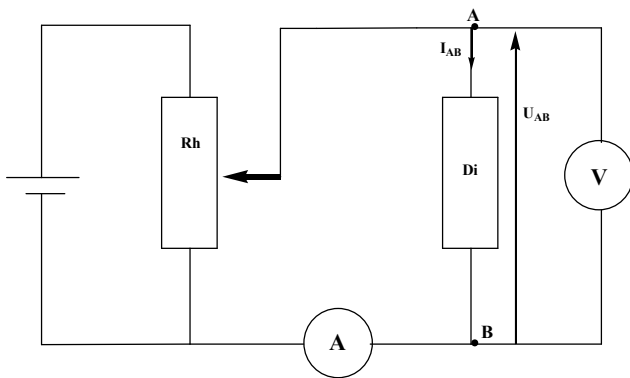
### 1. Définition

On appelle **caractéristique d'un dipôle (AB)** l'étude de **variation de la tension  $U_{AB}$**  entre ses bornes en fonction de l'**intensité  $I_{AB}$  de courant électrique** qui le traverse :  $U_{AB} = f(I_{AB})$

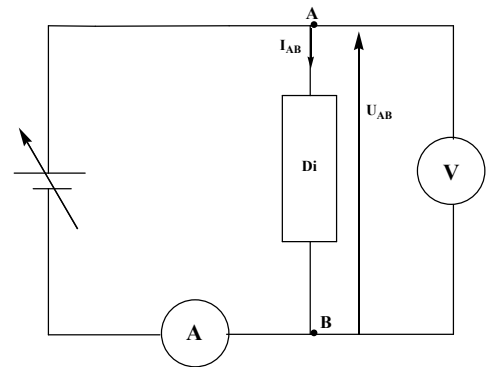
### 2. Montage expérimental

Pour déterminer la caractéristique d'un **dipôle passif (AB)** :

✓ On réalise l'un des deux montages ci-dessous :



**Diviseur de tension**



**Montage avec générateur**

variable

- ✓ On varie la tension  $U_{AB}$ , et à chaque fois on mesure le courant électrique  $I_{AB}$  correspondant.
- ✓ On inverse les deux bornes du **générateur** (pour avoir la caractéristique en *tensions négatives*), et on répète la même expérience. On note les résultats sur un tableau.

⚠ Utiliser les **multimètres numériques** pour mesurer la tension et le courant électrique.

### 3. Caractéristique de quelques dipôles passifs

#### a) Caractéristique d'une lampe

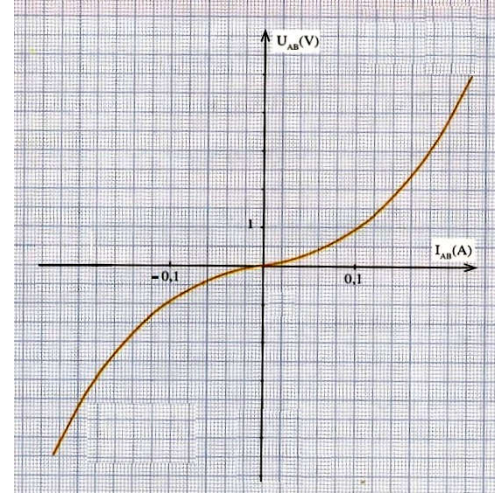
Résultats de l'expérience :

4.9	3.8	3.0	1.8	1.0	0.70	0.25	0.0	$U_{AB} (V)$	
0.22	0.2	0.18	0.14	0.1	0.08	0.04	0.0	$I_{AB} (A)$	
-4.9	-3.8	-3.0	-1.8	-1.0	-0.70	-0.25	0.0	$U_{AB} (V)$	
-0.21	-0.2	-0.18	-0.14	-0.1	-0.08	-0.04	0.0	$I_{AB} (A)$	

**La caractéristique  $U_{AB} = f(I_{AB})$  :**

La caractéristique de la lampe est :

- ☑ **Symétrique** ou **non-polarisé** (le comportement du dipôle est indépendant du sens du courant).
- ☑ **Non linéaire** (la courbe n'est pas une droite).
- ☑ **Passé par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).



**b) Caractéristique d'un conducteur ohmique**

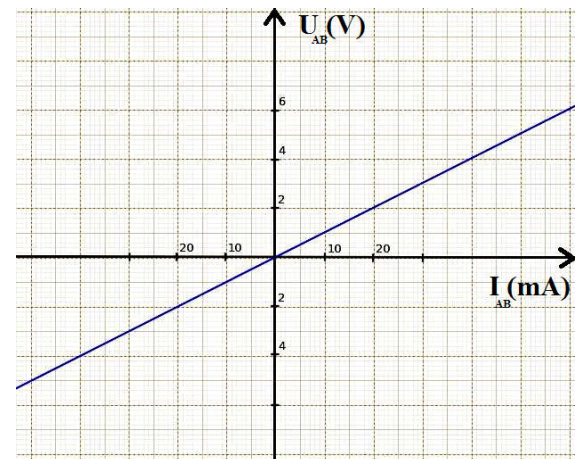
**Résultats de l'expérience :**

4.1	3.5	3.0	2.6	2.0	1.5	0.98	0.0	$U_{AB}(V)$	
40	34	30	25	21	15	9.8	0.0	$I_{AB}(mA)$	
-4.0	-3.6	-3.0	-2.6	-2.0	-1.5	-0.98	0.0	$U_{AB}(V)$	
-40	-34	-30	-25	-21	-15	-9.8	0.0	$I_{AB}(mA)$	

**La caractéristique  $U_{AB} = f(I_{AB})$  :**

La caractéristique du conducteur ohmique est :

- ☑ **Symétrique** ou **non-polarisé** (le comportement du dipôle est indépendant du sens du courant).
- ☑ **Linéaire** (la courbe est une droite).
- ☑ **Passé par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).



**c) Caractéristique d'une varistance ou V.D.R." Voltage Dependant Resistor"**

La **varistance** est une composante électrique qui caractérisée par une résistance varie avec la tension appliquée entre ses bornes.

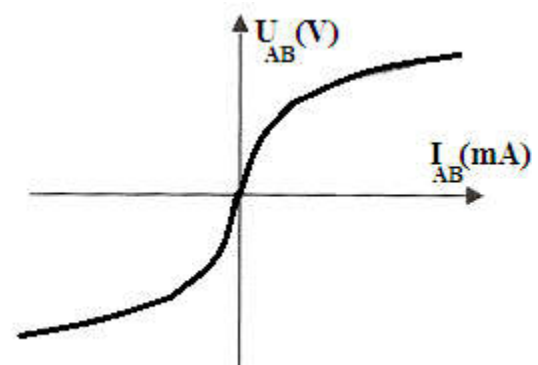
**Résultats de l'expérience :**

7.60	6.03	5.00	3.97	2.47	1.02	0.00	$U_{AB}(V)$	
59.8	32.1	20.6	12.5	5.2	1.2	0.0	$I_{AB}(mA)$	
-7.60	-6.03	-5.00	-3.97	-2.47	-1.02	0.00	$U_{AB}(V)$	
-59.8	-32.1	-20.6	-12.5	-5.2	-1.2	0.0	$I_{AB}(mA)$	

**La caractéristique  $U_{AB} = f(I_{AB})$  :**

La caractéristique de la varistance ou V.D.R est :

- ☑ **Symétrique** ou **non-polarisé** (le comportement du dipôle est indépendant du sens du courant).
- ☑ **Non linéaire** (la courbe n'est pas une droite).
- ☑ **Passé par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).



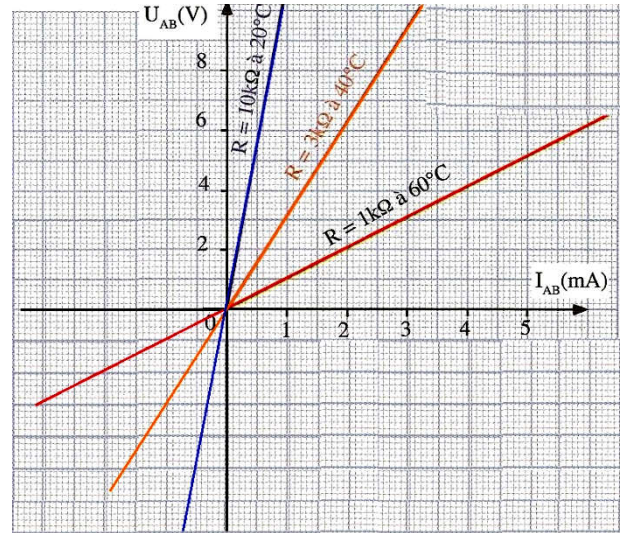
#### d) Caractéristique d'une thermistance CTN

La thermistance CTN est une composante électrique qui caractérisée par une résistance varie avec la température.

##### La caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$ :

La caractéristique de la thermistance CTN est :

- ☑ **Symétrique** ou **non-polarisé** (le comportement du dipôle est indépendant du sens du courant).
- ☑ **Linéaire** (la courbe est une droite).
- ☑ **Passe par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).



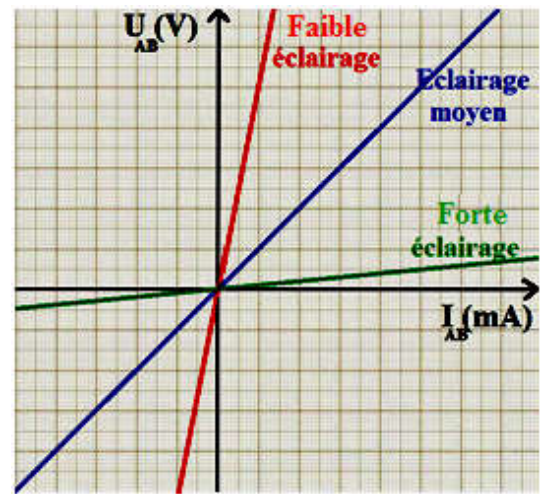
#### e) Photorésistance ou L.D.R (Light Dépendant Resistor)

La photorésistance est une composante électrique caractérisée par une résistance varie avec l'intensité de lumière.

##### La caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$ :

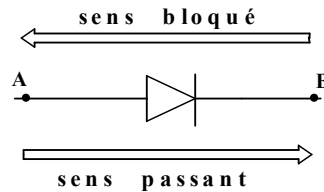
La caractéristique de la photorésistance est :

- ☑ **Symétrique** ou **non-polarisé** (le comportement du dipôle est indépendant du sens du courant).
- ☑ **Linéaire** (la courbe est une droite).
- ☑ **Passe par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).



#### f) Caractéristique d'une diode

La diode est une composante électrique qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens et pas dans l'autre. Elle a plusieurs applications dans l'électronique comme la *protection en surtension*, *l'amplification de tension*, ...



##### Résultats de l'expérience :

1.2	1.0	0.7	0.6	0.4	0.2	0.0	$U_{AB} (V)$	
42	20	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	$I_{AB} (mA)$	
-1.2	-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.0	$U_{AB} (V)$	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	$I_{AB} (mA)$	

##### La caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$ :

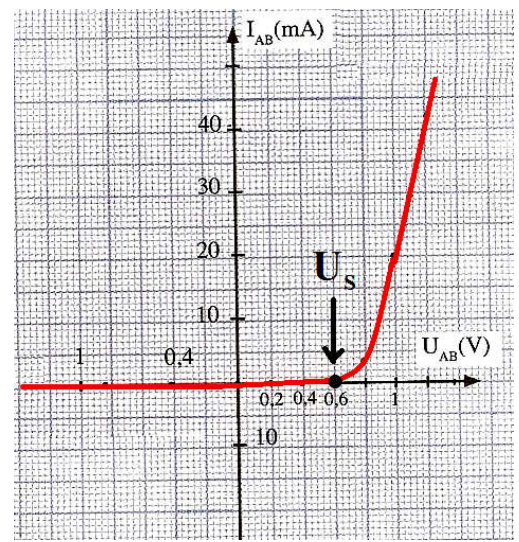
La caractéristique de la diode est :

- ☑ **Non symétrique** ou **polarisé** (le comportement du dipôle est **dépendant** du sens du courant).

- ✓ **Non linéaire** (la courbe n'est pas une droite).
- ✓ **Passe par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).

Remarque :

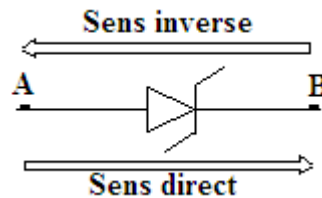
- ✓ La diode est caractérisée par une tension s'appelle **la tension seuil**  $U_S$ , c'est une propriété interne de la diode. On peut la définir comme la tension minimale qu'il faut dépasser pour que la diode laisse passer le courant électrique dans le *sens passant*.
- ✓ Dans le sens bloqué :  $U_{AB} < 0 \Rightarrow I_{AB} = 0$  : **Diode bloquée**
- ✓ Dans le sens passant :  $\begin{cases} 0 \leq U_{AB} \leq U_S \Rightarrow I_{AB} = 0 \\ U_{AB} > U_S \Rightarrow I_{AB} \neq 0 \end{cases}$  :



**Diode bloquée**  
**Diode passante**

### g) Caractéristique d'une diode Zener

La **diode Zener** est un type spécial des diodes. Contrairement à une diode, la diode de Zener est conçue à laisser également passer le courant électrique dans le sens inverse. Elle a aussi plusieurs applications comme la *protection en surtension*, la *stabilisation de tension*, ...



Résultats de l'expérience :

0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.2	0	$U_{AB} (V)$	
50	0	0	0	0	0	0	$I_{AB} (mA)$	
-4.9	-4.9	-4.8	-4.0	-3.0	-1.0	0	$U_{AB} (V)$	
-120	-80	-40	0	0	0	0	$I_{AB} (mA)$	

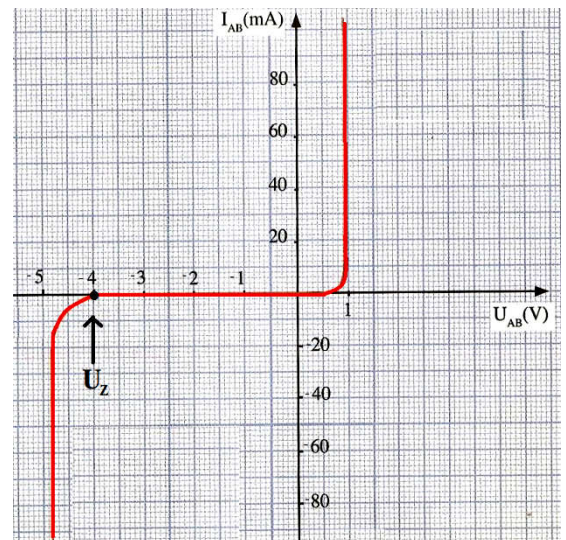
### La caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$ :

La caractéristique de la diode Zener est :

- ✓ **Non symétrique** ou **polarisé** (le comportement du dipôle est **dépendant** du sens du courant).
- ✓ **Non linéaire** (la courbe n'est pas une droite).
- ✓ **Passe par l'origine** ( $U = 0 V$ , lorsque  $I = 0 A$ ).

Remarque :

- La diode Zener est caractérisée par sa **tension seuil**  $U_S$ , et une autre tension s'appelle la **tension Zener**  $U_Z$ .  
On peut définir la tension  $U_Z$  comme la tension minimale qu'il faut dépasser pour que cette diode laisse passer le courant électrique dans le *sens inverse*.



- ✓ Dans le sens inverse :  $\begin{cases} 0 \leq U_{AB} \leq U_Z \Rightarrow I_{AB} = 0 \\ U_{AB} > U_Z \Rightarrow I_{AB} \neq 0 \end{cases}$  : **Diode bloquée**  
**Diode passante**
- ✓ Dans le sens direct :  $\begin{cases} 0 \leq U_{AB} \leq U_S \Rightarrow I_{AB} = 0 \\ U_{AB} > U_S \Rightarrow I_{AB} \neq 0 \end{cases}$  : **Diode bloquée**  
**Diode passante**

# Chapitre 12 : caractéristique d'un dipôle actif – point de fonctionnement

Les dipôles actifs souvent appelés générateurs (pile,...) sont les sources du courant électrique. Donc pour qu'un circuit fermé soit parcouru un courant, il faut qu'il comporte au moins un dipôle actif.

**Qui ce qu'un dipôle actif ? Quelle est la caractéristique (tension –courant) d'un dipôle actif ?**

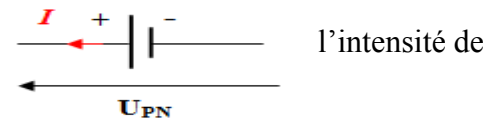
**I- Dipôle actif :**

**-Définition : un dipôle actif** est un dipôle dans laquelle la tension entre ses bornes n'est pas nulle en circuit ouvert ( $U \neq 0V$ , lorsque  $I = 0A$ ), c-à-d il **peut générer** le courant électrique par lui-même.

**-Exemples :-** Cellule photovoltaïque - Pile

**-convention générateur :**

La convention «générateur» la tension  $U_{PN}$  aux bornes d'un générateur et courant  $I$  générés sont orientés dans le même sens.



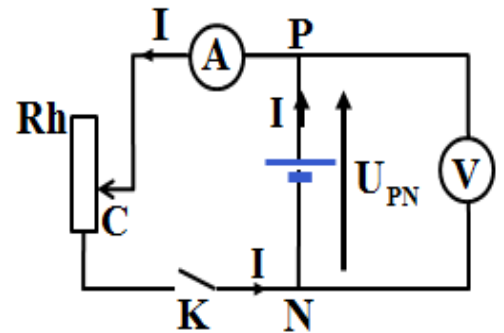
**II- Caractéristique d'un générateur – la pile :**

**1. Activité-1-expérimentale:**

-On réalise le montage de diviseur de tension ci-contre.

-On place le curseur C du rhéostat à la position B, et on mesure la tension  $U_{PN}$  aux bornes de la pile à circuit ouvert (l'interrupteur K ouvert).

-On varie la tension  $U_{PN}$ , et à chaque fois on mesure le courant électrique  $I$  qui le génère.



$U_{PN} (V)$	4,5	4,35	4,2	4,05	3,9	3,75
$I (mA)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

- Tracer la courbe  $U_{PN} = f(I)$ . Quelle est la nature de cette courbe ?
- Ecrire l'équation de cette courbe en précisant les unités et les valeurs des grandeurs figurant dans la relation.
- En pratique il est interdit de placer le curseur en A pour ne pas détériorer la pile. Déterminer théoriquement et graphiquement la valeur  $I_{cc}$  du courant appelé **courant de court-circuit** (Lorsque  $U_{PN} = 0V$ ) débité par la pile.

**2. Loi d'Ohm pour le générateur**

La tension  $U_{PN}$  aux bornes d'un générateur débitant un courant d'intensité  $I$  sortant par sa borne P, est donnée par :  $U_{PN} = E - r \cdot I$  avec

$U_{PN}$  et  $E$  en volt (V),  $r$  en ohm ( $\Omega$ ) et  $I$  en ampère (A).

$E$  : est la force électromotrice du générateur (notée f.é.m), exprimée en (V)

$r$  : est la résistance interne du générateur, exprimée en ohm( $\Omega$ ).

**3. Intensité du courant de court-circuit  $I_{cc}$  :**

L'intensité  $I_{cc}$  du **courant de court-circuit** est la valeur de l'intensité du courant généré par le générateur lorsqu'il est en court-circuit.

En court-circuit :  $U_{PN} = 0 \Rightarrow U_{PN} = E - r \times I_{CC} = 0$

$$E = r \times I_{CC} \Rightarrow I_{CC} = \frac{E}{r}$$

**Remarque :**

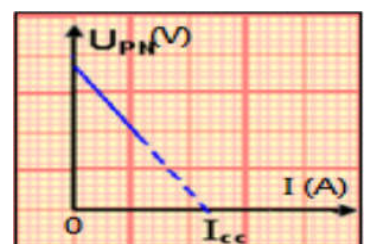
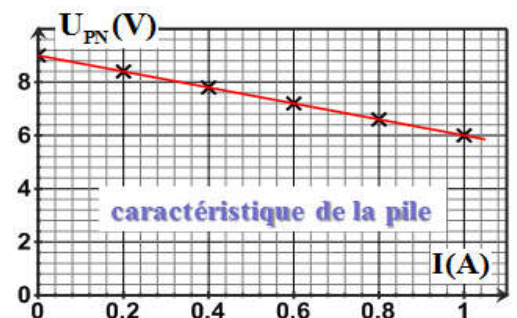
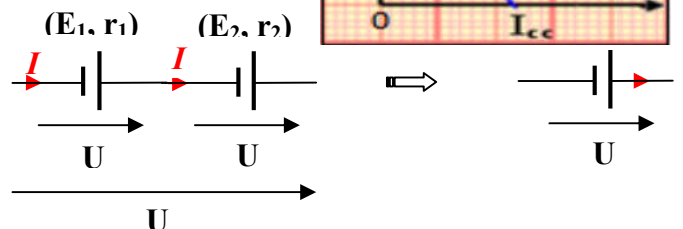
Un générateur est dit **idéal** si sa résistance interne est nulle ( $r = 0$ ) :  $U_{PN} = E$

**4. Association en série des générateurs**

On considère deux piles  $G_1(E_1, r_1)$  et  $G_2(E_2, r_2)$  montés en série.

La loi des mailles donne :

$$U = U_1 + U_2$$



La loi d'Ohm pour un générateur donne :

$$U_1 = E_1 - r_1 \times I \quad \text{et} \quad U_2 = E_2 - r_2 \times I$$

Donc :  $U = U_1 + U_2 = E_1 - r_1 \times I + E_2 - r_2 \times I = (E_1 + E_2) - (r_1 + r_2) \times I = E - r \times I$

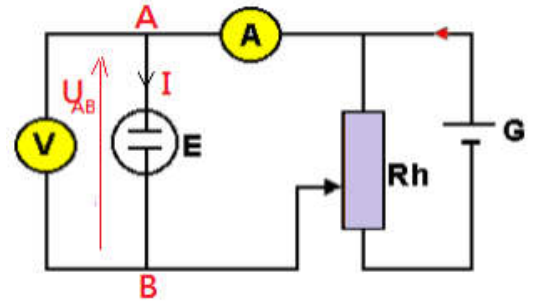
**C/C :** Deux piles  $G_1 (E_1, r_1)$  et  $G_2 (E_2, r_2)$  associés en série sont équivalents à un générateur unique de f.e.m  $E = E_1 + E_2$ , et de résistance interne  $r = r_1 + r_2$

En générale pour  $n$  générateurs montés en série sont équivalent à un générateur unique de f.e.m  $E$ , et de résistance interne  $r$ , tels que :  $E = E_1 + E_2 + \dots + E_n = \sum_{i=1}^n E_i$  et  $r = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \sum_{i=1}^n r_i$

### III- Caractéristique d'un récepteur – l'électrolyseur :

#### 1. Activité-2-expérimentale:

- On réalise le montage de diviseur de tension ci-dessous.
- On varie la tension  $U_{AB}$  aux bornes de l'électrolyseur, et à chaque fois on mesure le courant électrique  $I_{AB}$  qui le traverse.
- On déplace le curseur le long du rhéostat, on relève les valeurs de  $U_{AB}$  et de  $I$ .



$U_{AB} (V)$	4,5	4,35	4,2	4,05	3,9	3,75
$I (mA)$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

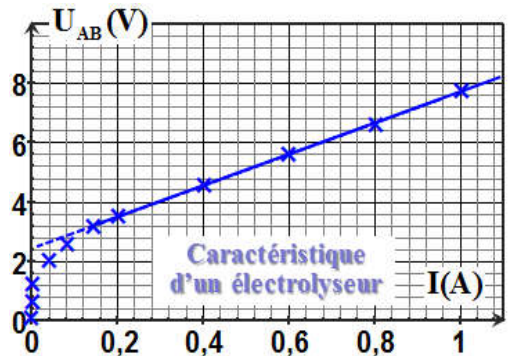
1. Tracer la courbe  $U_{AB} = f(I)$ . Quelle est la nature de cette courbe ?
2. Ecrire l'équation de la partie linéaire de cette courbe en précisant les unités et les valeurs des grandeurs figurant dans la relation.

#### 2. Loi d'Ohm pour un récepteur:

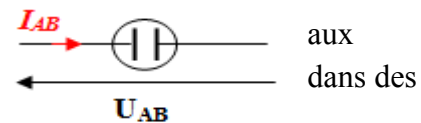
La tension  $U_{AB}$  aux bornes d'un récepteur traversé par un courant électrique d'intensité  $I$  est :

$U_{AB} = E' + r \cdot I$  avec  $U_{AB}$  et  $E$  en volt (V),  $r$  en ohm ( $\Omega$ ) et  $I$  en ampère (A).

- $E'$  est la force contre électromotrice du récepteur (notée f.c.é.m), exprimée en volt -  $r$  est la résistance interne du récepteur, exprimée en ohm.



**convention récepteur :** Dans la convention «récepteur» la tension  $U_{AB}$  bornes d'un électrolyseur et l'intensité de courant  $I_{AB}$  qui le traverse est orientées sens opposés.



### IV- Point de fonctionnement d'un circuit.

#### 1. Définition :

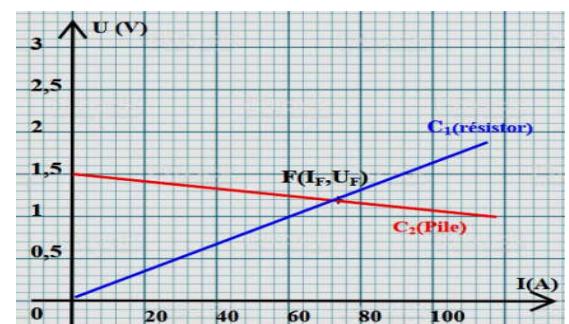
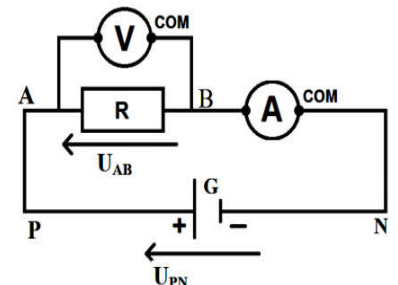
Le branchement d'un dipôle actif (piles) aux bornes d'un dipôle passif (électrolyseur), forme un circuit électrique. Le point de fonctionnement correspond à l'équilibre de la tension aux bornes du récepteur – générateur et du courant dans le circuit ( $U_{générateur} = U_{récepteur}$ ).

#### 2. Détermination du point du fonctionnement du circuit :

On considère un circuit électrique simple un résistor aux bornes d'un dipôle actif.

##### a. Méthode graphique

- On trace les caractéristiques des deux dipôles sur le même graphe.
- Le point de fonctionnement du circuit est le point  $F(I_F, U_F)$  d'intersection des deux caractéristiques du générateur et du conducteur ohmique.



## b. Méthode analytique

Pour déterminer les coordonnées  $(I_F, U_F)$  du point de fonctionnement :

- On applique la loi des mailles :  $U_{PN} = U_{AB}$

- On applique la loi d'Ohm :  $U_{PN} = E - r \times I$  et  $U_{AB} = R \times I$

Donc :  $U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - r \times I = R \times I \Rightarrow E = (r + R) \times I$

alors :  $I_F = \frac{E}{r+R}$

Et :  $U_{PN} = U_{AB} = U_F = R \times I_F \Rightarrow U_F = R \times \frac{E}{r+R} \Rightarrow U_F = \frac{R}{r+R} \times E$

## V- Loi de Pouillet :

L'intensité  $I$  du courant électrique qui circule dans un circuit composé d'une pile  $(E, r)$  monté en série avec un conducteur ohmique de résistance  $R$  et un électrolyseur  $(E', r')$ .

-On applique la loi des mailles :  $U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$

-On applique la loi d'Ohm pour chaque dipôle :  $U_{PN} = E - r \times I$  ;  $U_{AB} = R \times I$  ;  $U_{BC} = E' + r' \times I$

$U_{PN} = U_{AB} + U_{BC} \Rightarrow E - r \times I = R \times I + E' + r' \times I \Rightarrow E - E' = (R + r + r') \times I$

$$I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$$

Cette relation est l'expression d'une loi dite **loi de Pouillet**, qui concerne uniquement les circuits électriques constitués de **dipôles linéaires associés en série**.

### Enoncé de la loi de Pouillet :

L'intensité  $I$  du courant électrique qui traverse un circuit en série contenant  $n$  générateurs,  $m$  récepteurs

linéaires, et  $k$  conducteurs ohmiques est :  $I = \frac{\sum_{i=1}^n E - \sum_{i=1}^m E'}{\sum_{i=1}^n r + \sum_{i=1}^m r' + \sum_{i=1}^k R}$

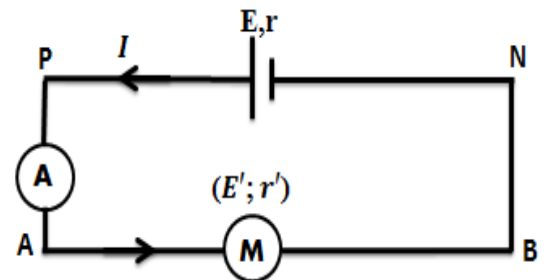
### Exercice d'application :

Un générateur électrique de force électromotrice  $E$  et de résistance interne  $r$ , alimente un moteur de f.c.é.m.  $E' = 5V$  et de résistance interne  $r' = 2\Omega$ .

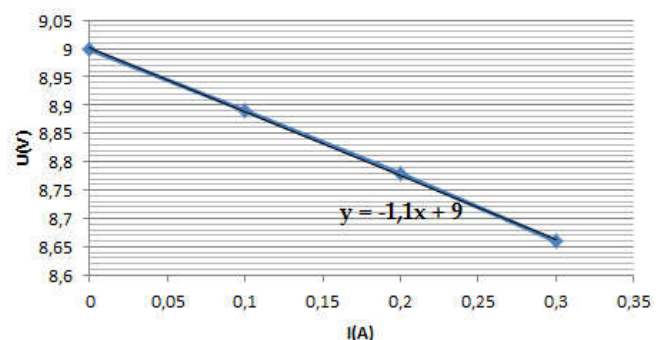
Les mesures expérimentales ont donné les valeurs reportées dans le tableau ci-dessous :

U(V)	9	8.89	8.78	8.66
I(A)	0	0.1	0.2	0.3

- Tracer la courbe  $U=f(I)$ .
- Déduire les valeurs de la force électromotrice et de la résistance interne du générateur.
- Représenter les tensions aux bornes de chaque dipôle.
- Calculer la valeur du courant de court-circuit.
- Calculer l'intensité du courant qui traverse le circuit.
- Déterminer les coordonnées du point de fonctionnement F  $(I_F ; U_F)$ .



$u=f(I)$



### Correction :

1. Voir schéma ci-contre :  $u=f(I)$

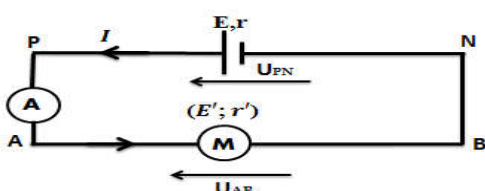
2. D'après le graphe :  $E=9V$

Calculons :  $a$  : le coefficient directeur de la droite :

$$a = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} = \frac{9 - 8.89}{0 - 0.1} = -1.1$$

Alors  $r=1.1\Omega$

3.



4. la valeur du courant de court-circuit.

En court-circuit  $U_{PN} = 0 \Rightarrow U_{PN} = E - r \times I_{CC} = 0 \Rightarrow I_{CC} = \frac{E}{r} = 8.18A$

5. l'intensité du courant qui traverse le circuit.

D'après la loi de Pouillet :  $I = \frac{E-E'}{r+r'}$  alors :  $I=1,29A$

6. les coordonnées du point de fonctionnement F ( $I_F$  ;  $U_F$ ) :

On applique la loi des mailles :  $U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - r \times I_F = E' + r' \times I_F \Rightarrow I_F = \frac{E-E'}{r+r'} = 1.29A$

Et  $U_F = E - r \times I_F = E' + r' \times I_F = 7.58V$

# Chapitre 13 : Le transistor

## 1) Définition :

Le transistor, inventé le 23 décembre 1947 par l'américain John Bardeen, est un composant essentiel en électronique, grâce notamment aux technologies de fabrication qui permettent des densités d'intégration (nombre de composants par unité de surface) toujours plus importantes.

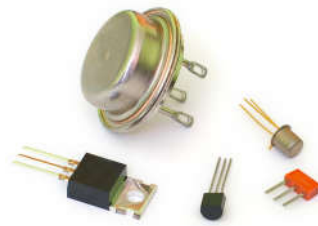
Le terme transistor provient de l'anglais Transfer résistor (résistance de transfert).

Il permet notamment de réaliser deux grandes fonctions de l'électronique : l'amplification et la commutation de signaux (interrupteur électronique). D'autres fonctions plus complexes sont réalisées grâce à des montages à base de transistors.

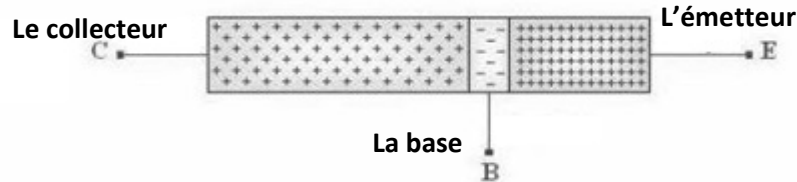
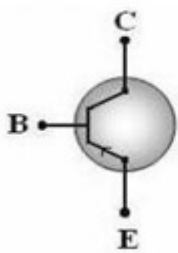
## 2) Présentation du transistor :

Il possède 3 électrodes :

- ✓ B : la base
- ✓ C : le collecteur
- ✓ E : l'émetteur repéré par la flèche



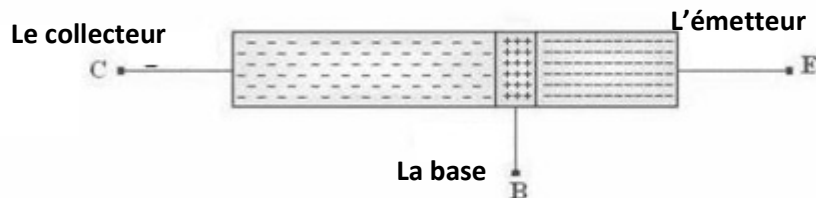
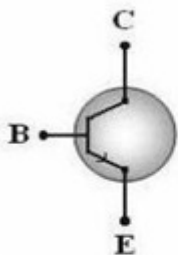
### Transistor type PNP



type PNP



### Transistor type NPN



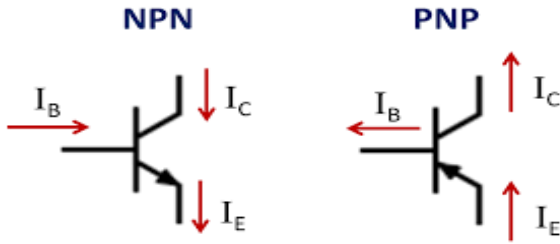
type NPN



### Remarque :

Le transistor le plus utilisé est de type NPN

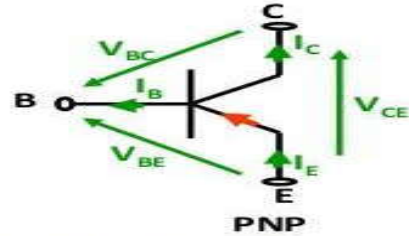
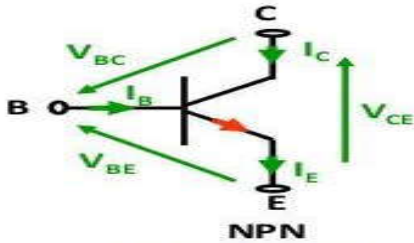
### 3) La loi des nœuds Présentation du transistor



$$I_E = I_C + I_B$$



### 4) La loi d'additivité des tensions :

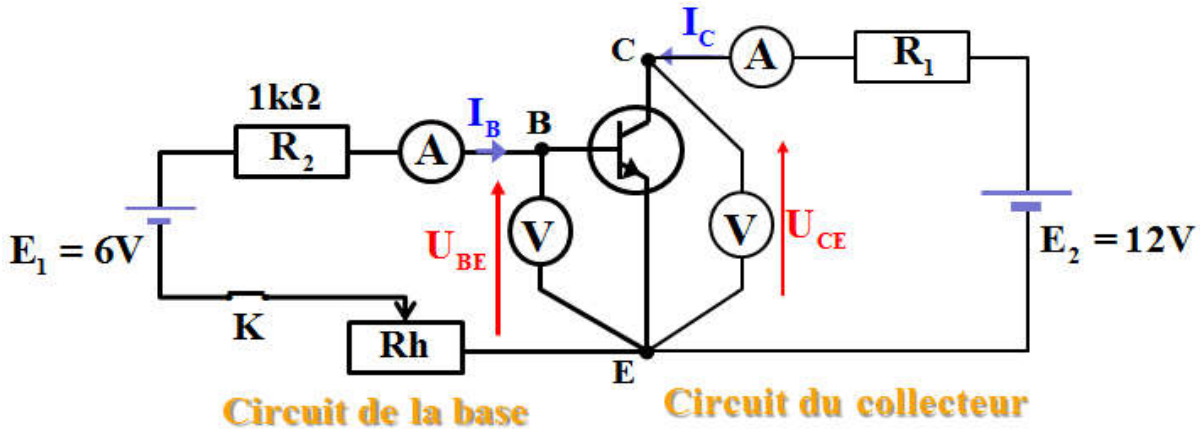


► Le transistor est une maille de tension et un nœud de courant  
 ■ Loi des mailles :

### 5) Régime du fonctionnement du transistor :

On réalise le montage suivant:

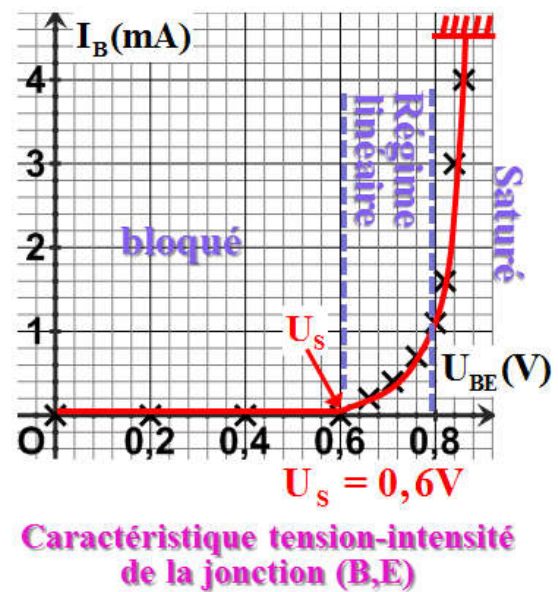
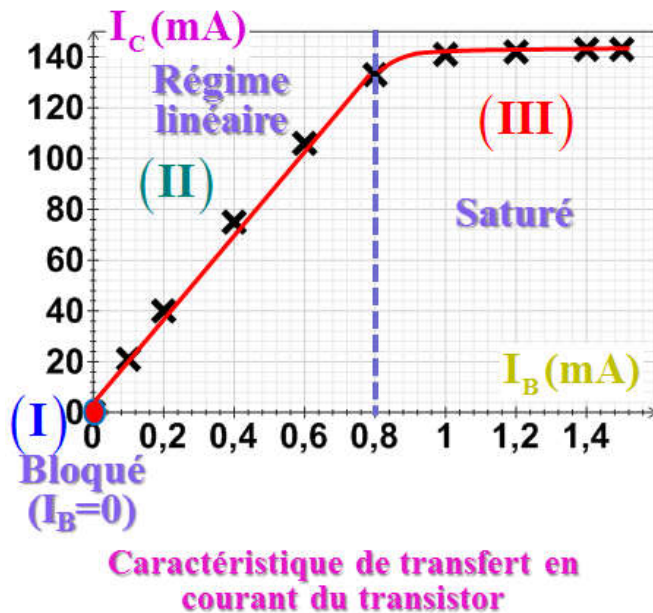
On  
le  
du  
et On  
les  
de  
et  $I_B$ ,  
le  
:



déplace  
 curseur  
 rhéostat  
 relève  
 valeurs  
  $U_{BE}$ ,  $I_C$   
 on  
 obtient  
 tableau  
 suivant

0,79	0,79	0,79	0,79	0,77	0,76	0,73	0,71	0,6	0,4	0,2	0	$U_{BE}(V)$
1,4	1,2	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0	0	0	0	$I_B(mA)$
143	142	141	133	106	75	40	21	0	0	0	0	$I_C(mA)$
Régime de saturation (III)			Régime linéaire (II)					Régime bloqué (I)				Régimes de fonctionnement

## Exploitation des résultats



### 1-2-Régime de blocage (I) .

Lorsque la tension  $U_{BE} \leq U_S = 0,6V$  ,  $I_B = 0$  et  $I_C = 0$ . Le dipôle (C,E) se comporte comme un interrupteur ouvert : le transistor est bloqué .

### 2-2-Régime de linéaire (II) .

Lorsque la tension  $U_{BE}$  dépasse la tension  $U_S$  , L'intensité  $I_C$  est une fonction linéaire de l'intensité  $I_B$  :  $I_C = \beta \cdot I_B$  ou  $\beta$  est le coefficient d'amplification .

Le courant  $I_B$  de faible intensité débloque le dipôle (C,E) et permet le passage d'un courant  $I_C$  plus intense , ce phénomène porte le nom d'effet transistor .

Dans ces condition le transistor joue le rôle d'amplificateur de courant.

### 3-2-Régime de saturation (III) .

Le courant  $I_C$  devient maximale  $I_C = I_{sat} = cte$  et  $U_{CE} = 0$

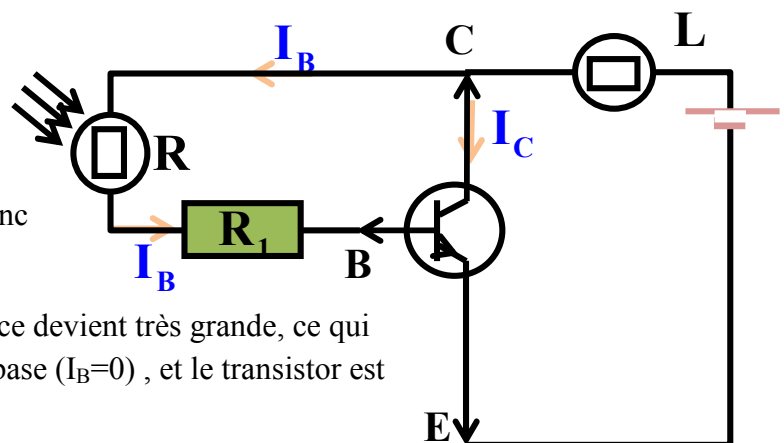
Le transistor est saturé , Le dipôle (C,E) se comporte comme un interrupteur fermé :  $U_{CE} \approx 0V$  .

## 6-Circuit électroniques comportant un transistor

### 1-3-Détecteur de lumière.

-Lorsqu'on éclaire la photorésistance, sa résistance devient très petite , ce qui permet le passage d'un courant électrique dans le circuit de la base ( $I_B \neq 0$ ) , donc ( $I_C \neq 0$ ) : la lampe brille .

-Si on place la LDR dans l'obscurité , alors sa résistance devient très grande, ce qui empêche le passage d'un courant dans le circuit de la base ( $I_B = 0$ ) , et le transistor est bloqué ( $I_C = 0$ ) : la lampe ne brille pas .



Application du montage : éclairage public automatique .

### 2-3-Indicateur de niveau .

-Lorsque le niveau du liquide est en dessous du point M, le circuit de la base est ouvert ( $I_B=0$ ) et le transistor est bloqué ( $I_C=0$ ) : la LED ne s'illumine pas. Lorsque le niveau du liquide atteint le point M, un courant passe dans le circuit de la base ainsi fermé ( $I_B \neq 0$ ), le transistor est débloquent ( $I_C \neq 0$ ) : la LED s'illumine.

**Application du montage :** Information sur le niveau d'un liquide dans un récipient opaque.

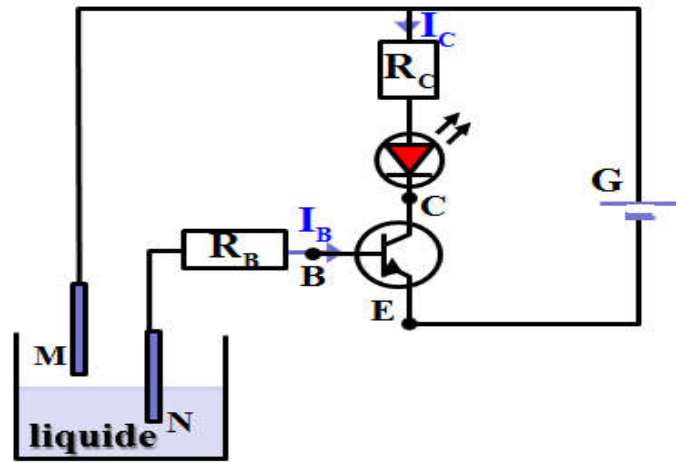
### 7-Chaîne électronique

Une chaîne électronique est constituée des éléments suivants :

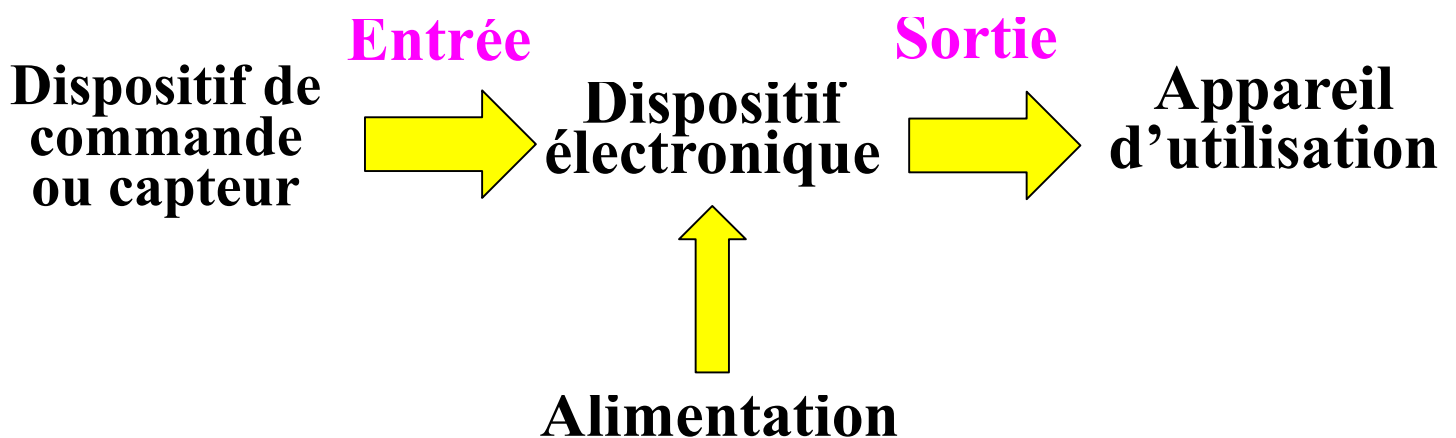
-Un dispositif de commande ou capteur : il capte les signaux mécaniques, lumineux, thermiques, ou électriques et les transforme en signaux électriques : LDR, CTN, électrode et électrolyte.

-Le dispositif électronique et son alimentation : il comprend le transistor, l'amplificateur opérationnel, il est alimenté par une tension continue. Son rôle est d'amplifier le signal.

-Un appareil d'utilisation : il reçoit le signal électrique et le transforme en signal mécanique ou lumineux : lampe, LED, sonnette.

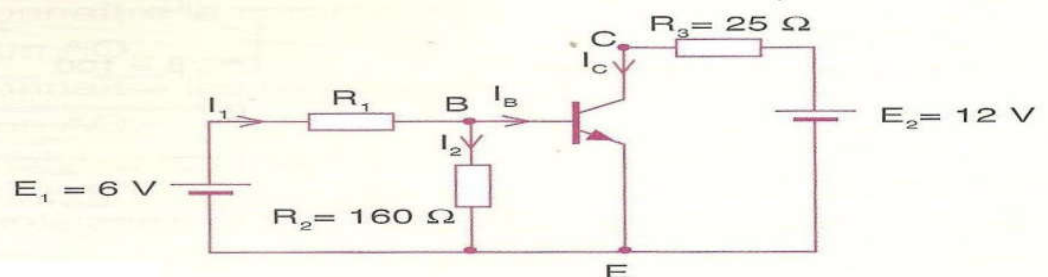


## -Représentation d'une chaîne électronique



### Exercice :

- 1) Considérons le montage ci-dessous. On donne :  $U_{BE} = 0,8 \text{ V}$  ;  $U_{CE} = 8 \text{ V}$  et  $\beta = 100$ .
- 1) Sous quel régime fonctionne ce transistor ?
- 2) Calculer l'intensité du courant du collecteur  $I_C$ .
- 3) En déduire l'intensité du courant de base  $I_B$ .
- 4) Calculer l'intensité du courant  $I_2$ .
- 5) Quelle est alors l'intensité du courant  $I_1$  ?
- 6) Trouver la valeur de la résistance  $R_1$ .

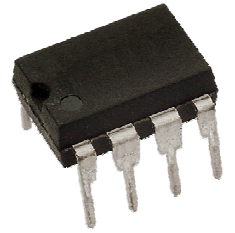


# Chapitre 13 : L'amplificateur Opérationnel

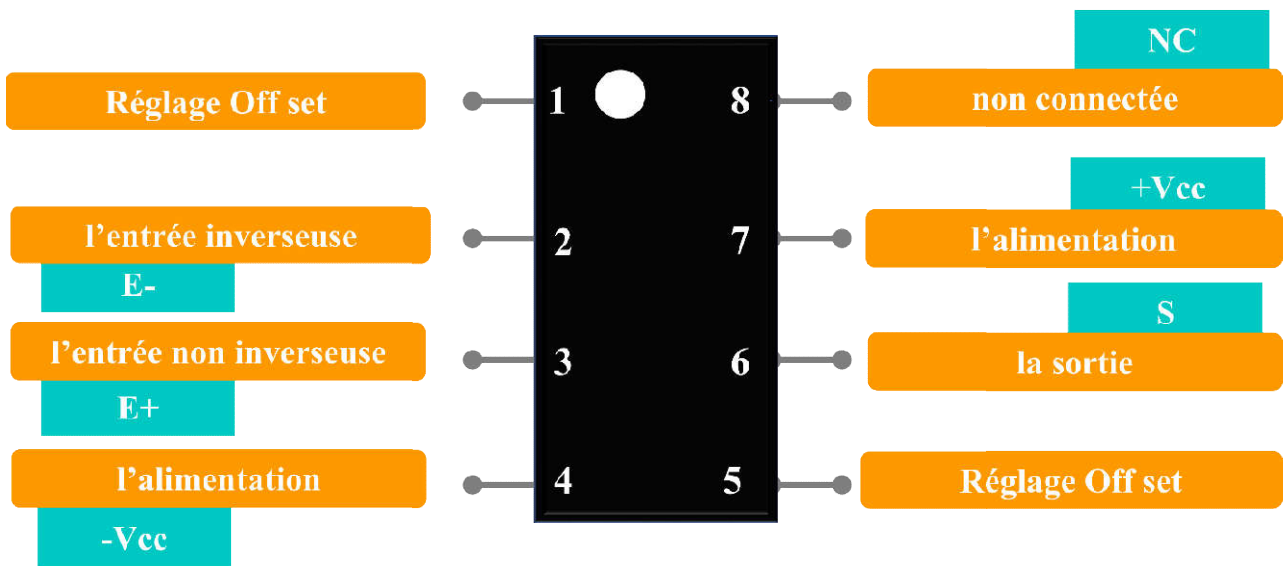
## I- Description de l'amplificateur opérationnel A.O

### 1- Définition :

L'amplificateur opérationnel est un circuit intégré. Il est composé de différents éléments parmi lesquels des transistors, des diodes ou des résistances. Il possède deux entrées, une sortie et deux bornes nécessaires à son alimentation.



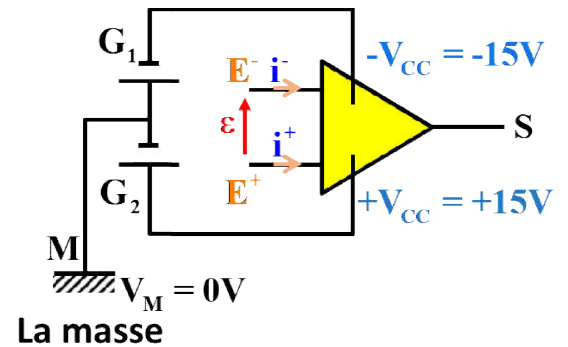
### 2- Les bornes de l'A.O



### 3- Symbole de l'A.O

$+V_{cc}$  et  $-V_{cc}$  correspondent aux deux tensions d'alimentation de l'amplificateur opérationnel

- $i^+$  et  $i^-$  Sont les courants d'entrée
- $\varepsilon$  est la tension entre  $E^-$  et  $E^+$ .

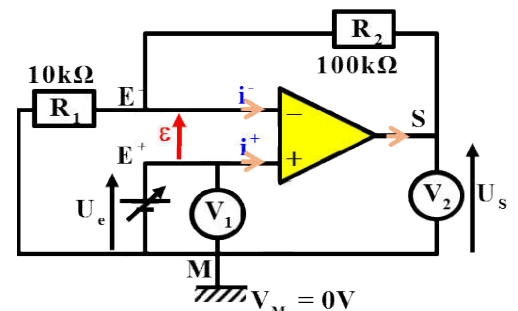


## II- Régimes de fonctionnement d'un amplificateur opérationnel

### 1- Montage amplificateur non inverseur

On réalise le montage suivant :

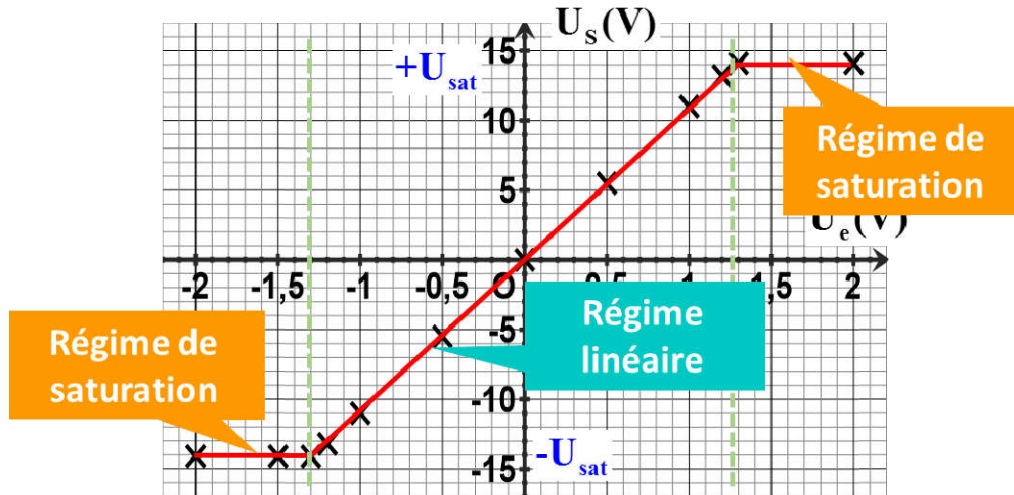
On applique une tension  $U_e$  à l'entrée  $E^+$ , et on mesure la tension de sortie  $U_s$  ; on obtient le tableau suivant :



$U_e(\text{V})$	-2	-1,5	-1,3	-1,2	-1	-0,5
$U_s(\text{V})$	-14,1	-14,1	-14,1	-13,2	-11	-5,5

$U_e(\text{V})$	0	0,5	1	1,2	1,3	2
$U_s(\text{V})$	0	5,5	11	13,2	14,1	14,1

On trace la caractéristique de transfert  $U_s=f(U_e)$  Suivante :



**caractéristique de transfert de l'amplificateur non inverseur**

### a- régime linéaire

Dans l'intervalle :  $-1,3\text{V} \leq U_e \leq +1,3\text{V}$  la tension  $U_s$  est une fonction linéaire de la tension  $U_e$  :

$$U_s = G \cdot U_e$$

Où  $G$  est le coefficient directeur du montage.  $G$  est le coefficient directeur de la portion de droite passant par l'origine

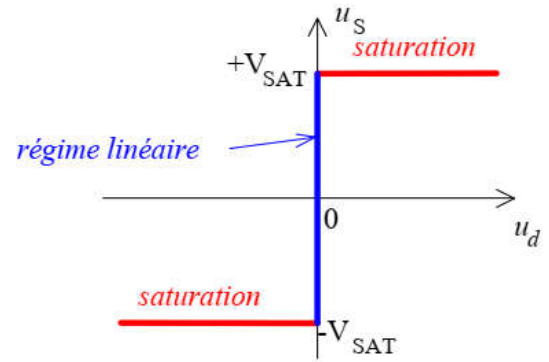
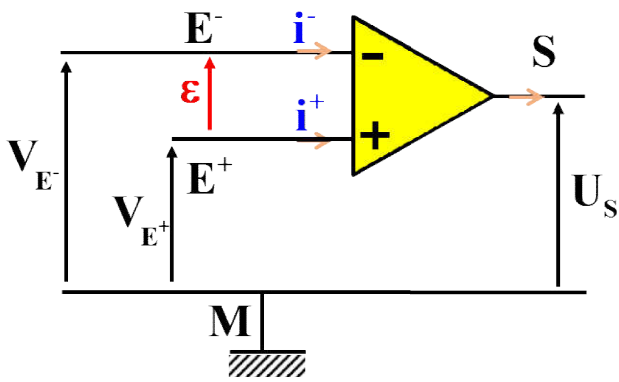
### b- régime de saturation

Pour  $U_e > 1,3\text{V}$  ou ( $U_e < -1,3\text{V}$ ) la tension de sortie de l'A.O prend une des valeurs limites  $+U_{\text{sat}}$  ou  $-U_{\text{sat}}$ , on dit que l'A.O est saturé,  $U_{\text{sat}}$  est appelée tension de saturation de l'AO

## 2- Amplificateur opérationnel idéal

Le modèle de l'AO idéal comporte:

- Une résistance d'entrée infinie, ce qui implique :  $i^- = i^+ = 0$
- En régime linéaire la différence de potentiel  $\varepsilon$  entre les entrées  $E^-$  et  $E^+$  est nulle :  $\varepsilon = U_{E^-E^+} = V_{E^-} - V_{E^+} = 0$



### III- Montage électronique comportant un amplificateur opérationnel

#### 1- Montage amplificateur non inverseur

Soit le montage suivant :

L'A.O. est considéré idéal (parfait) et fonctionne en régime linéaire. On applique la loi d'additivité des tensions pour déterminer l'expression de  $U_e$  :

$$U_e = U_{E^+M} = U_{E^+E^-} + U_{E^-M}$$

D'après la loi d'Ohm  $U_{E^-M} = R_1 \cdot I_1$  donc  $U_e = R_1 \cdot I_1$

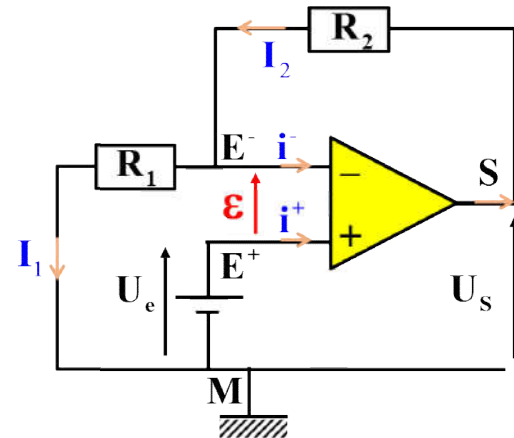
D'autre part  $U_S = U_{SM} = U_{SE^-} + U_{E^-M} = R_2 \cdot I_2 + R_1 \cdot I_1$

D'après la loi des nœuds, au nœud  $E^-$  :  $I_2 = I_1 + i^-$  donc  $I_2 = I_1$

D'où  $U_S = R_2 \cdot I_1 + R_1 \cdot I_1 = (R_2 + R_1) \cdot I_1$

On obtient le facteur d'amplification du montage :  $G = \frac{U_S}{U_e} = \frac{(R_2 + R_1) \cdot I_1}{R_1 \cdot I_1}$

Donc :  $G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$



#### 2- Montage amplificateur inverseur

Le montage suivant est constitué d'un amplificateur idéal, deux résistances  $R_1$  et  $R_2$  ; la tension d'entrée  $U_e$  est appliquée sur l'entrée inverseuse  $E^-$ .

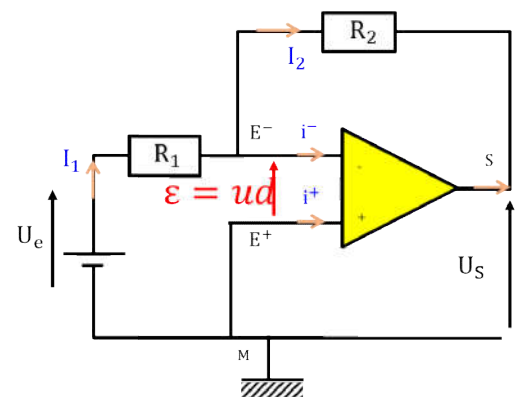
Loi des nœuds :  $I_1 = I_2 + i^- = I_2$

Lois de mailles :

$$U_E - R_1 I_1 + U_d = 0 \quad \text{donc} \quad U_E = R_1 I_1$$

$$U_S + R_2 I_2 + U_d = 0 \quad \text{donc} \quad U_S = -R_2 I_2$$

D'où :  $U_S = -\frac{R_2}{R_1} U_E$





# Chimie



# Chapitre 1 : Les espèces chimiques

Tous les produits qui nous entourent, qu'ils soient alimentaires ou non, naturels ou de synthèse, sont constitués d'espèces chimiques, et généralement de plusieurs espèces différentes pour un même produit.

**Qu'est-ce qu'une espèce chimique ? Et Comment peut-on identifier une espèce chimique ? Quelles différences y a-t-il entre les espèces chimiques naturelles, synthétiques et artificielles ?**




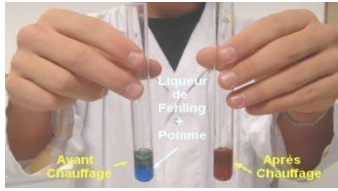


## I. Espèce chimique – définition

### Activité :

1. Le récipient R1 contient l'eau distillée et R2 contient l'eau minérale. l'eau distillée il s'agit d'une espèce chimique par contre l'eau est mélange d'espèces chimiques. **Définir une espèce chimique?**



2. Pour mettre en évidence les caractéristiques qui ne peuvent pas être reliées aux cinq sens, on propose les tests expérimentaux suivants : - **Complétez le tableau suivant:**

<u>L'espèce à identifier</u>	<u>Test d'identification</u>	<u>Résultat du test</u>
<u>Eau</u>	On dépose un peu de sulfate de cuivre anhydre sur un morceau de citron. Le sulfate de cuivre anhydre devient bleu. 	
<u>Glucose</u>	Lorsqu'on chauffe le tube à essai qui contient un morceau de pomme en présence de liqueur de Fehling, il apparaît un précipité rouge brique. 	
<u>Acidité</u>	En présence du mélange {morceaux de pomme, eau distillée}, le BBT vire au jaune. 	
<u>Amidon</u>	On verse quelque goutte de l'eau iodée de couleur jaune sur un morceau de pomme de terre. l'eau iodée devient bleue-noir. 	

### Bilan :

- **Une espèce chimique** : est un ensemble constitué d'un seul type d'entités chimiques (corps pur), par exemple : eau, fer, glucose ...
- **Une espèce chimique** est caractérisée par son aspect (état physique, couleur), par son nom, sa formule chimique et par des grandeurs physiques (solubilité, masse volumique, densité...) .
- L'utilisation des cinq sens ne suffit pas pour identifier la présence de toutes les espèces chimiques.
- Pour mettre en évidence la présence :

- ✚ **De l'eau** : On utilise un réactif : Le **sulfate de cuivre II anhydre** de couleur blanche qui devient bleu en présence de l'eau.
- ✚ **Du glucose** : On utilise un réactif : La **liqueur de Fehling** de couleur bleu qui forme un précipité rouge brique en présence de glucose, après chauffage.
- ✚ **De l'acidité** : On peut utiliser du **papier pH**, un indicateur coloré ou un **pH – mètre** . Une espèce est acide si son  $pH < 7$ , quand le  $pH = 7$ , elle est neutre et elle est basique quand son  $pH > 7$  à 25 °C.
- ✚ **De l'amidon** : On utilise un réactif : L'eau iodée de couleur jaune qui devient bleue – nuit en présence de l'amidon.
- ✚ **Du dioxyde de carbone** : On utilise un réactif : L'eau de chaux claire qui se trouble par la formation d'un précipité blanc en présence du dioxyde de carbone.

## II. Classification des espèces chimiques

### Activité :

1. les **espèces chimiques naturelles** sont celles qui existent dans la nature. Les **espèces chimiques synthétiques** sont préparées par l'homme. Les **espèces chimiques artificielles** sont des espèces chimiques synthétiques qui n'existent pas dans la nature.

#### Complétez le tableau suivant :

Produit	substances naturelles	Substances synthétiques	Substances artificielles
diamant synthétique			
Diamant naturel			
miel			
polystyrène			
Savon			
Huile d'olive			

2. On considère les transformations chimiques suivantes :  $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$

Et  $NaCl + O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$ .

$CH_4$  est une espèce chimique organique, et  $NaCl$  est inorganique.

Définir une espèce chimique organique ?

### Bilan :

Il existe différentes façons de classer les espèces chimiques présentes dans les substances naturelles et synthétiques, y compris :

#### 1. Espèces chimiques organiques et inorganiques

**Espèces chimiques organiques**, Ce sont les espèces dont la **combustion complète** conduit à la formation de **dioxyde de carbone  $CO_2$**  et d'eau.

**Par exemple** : l'éthanol, le butane, le propane, le méthane, le glucose, la cellulose...

Les autres espèces sont des **espèces chimiques inorganiques**.

**Par exemple** : le fer, le cuivre, le chlorure de sodium, le carbone, le graphite, ...

#### 2- Les espèces chimiques naturelles ,synthétiques et artificielles :

❖ Les **espèces chimiques naturelles** sont celles qui existent dans la nature (végétaux, animaux, minéraux).

❖ Les **espèces chimiques synthétiques** sont préparées par l'homme à l'aide d'une transformation chimique (qui sont identiques aux espèces chimiques naturelles ont exactement les mêmes propriétés).

par exemple : Le **caoutchouc synthétique**, le **diamant synthétique** ...

❖ Les **espèces chimiques artificielles** sont des espèces chimiques synthétiques qui n'existent pas dans la nature. par exemple : Le **nylon**, le **plastique**, le **verre**, ....

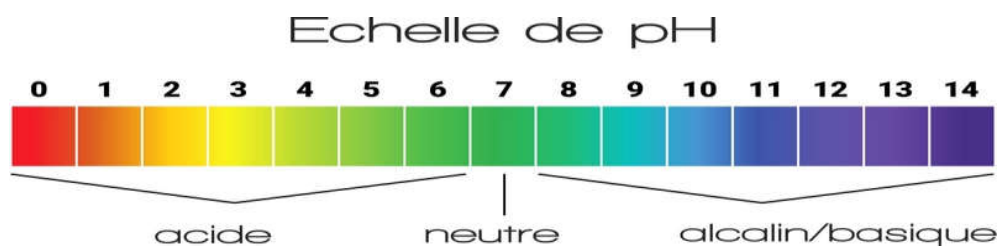
**Exercice d'application :**

Les principaux ingrédients du Coca-Cola sont : eau gazéifiée, sucre, colorant: caramel (E150d), acidifiant, acide phosphorique, extraits végétaux, arômes, caféine.

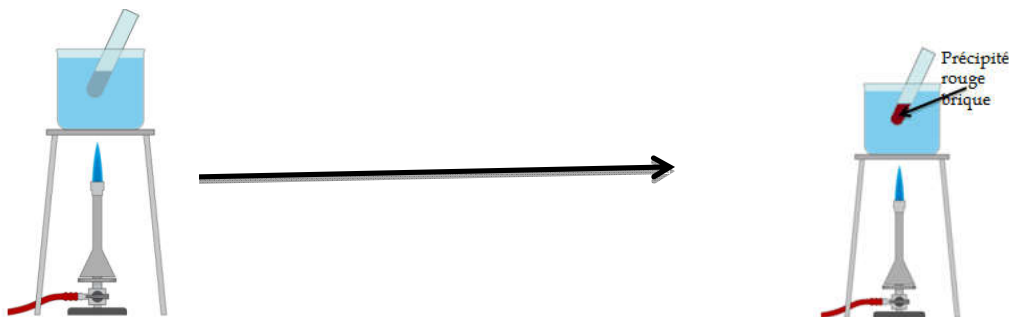
1. Comment peut-on mettre en évidence le caractère acide de coca ?
2. Rappeler l'échelle de pH correspondant aux solutions aqueuses. Indiquer sur cette échelle la zone correspondant aux espèces acides, basiques et neutres chimiquement.
3. Comment mettre en évidence la présence de sucre à l'intérieur de la boisson ? Faire un schéma.
4. Comment mettre en évidence la présence d'eau dans le coca? Faire un schéma.

**Correction :**

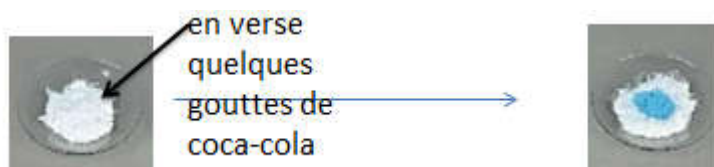
1. Pour mettre en évidence le caractère acide de coca :- il suffit de déposer une goutte sur un papier pH. Si la solution est acide le pH est inférieur à 7.
2. L'échelle de pH correspondant aux solutions aqueuses est de 0 à 14.  
Echelle correspondant aux espèces acides, basiques et neutres chimiquement.



3. La liqueur de Fehling est une solution bleue qui devient rouge brique en présence de glucose et après un léger chauffage.  
-Introduire quelques gouttes de boisson dans un tube à essais contenant quelques millilitres de liqueur de Fehling.  
-Chauffer au bain-marie.  
  
-Si le mélange prend une couleur rougeâtre, il contient du glucose.



4. Pour savoir si une substance contient de l'eau, il suffit de la mettre en contact avec du sulfate de cuivre anhydre blanc qui devient bleu en présence de l'eau.  
- On verse quelques gouttes de coca-cola sur le sulfate de cuivre anhydre : il devient bleu alors coca-cola contient l'eau.



# Chapitre 2 : Extraction, séparation et identification des espèces chimiques

## INTRODUCTION

Depuis l'antiquité, l'homme utilise des colorants, des parfums et des arômes à des fins alimentaires, décoratives ou cosmétiques. Ces substances ont été d'abord **extraites** de produits naturels, d'origine animale ou végétale. Une **extraction** consiste à retirer (extraire) une ou des espèces chimiques d'un milieu solide ou liquide.

### I-CARACTERISTIQUES PHYSIQUES D'UNE ESPECE CHIMIQUE :

Chaque espèce chimique est caractérisée par des grandeurs physiques appelées caractéristiques physiques, qui sont utilisées pour l'identifier l'espèce chimique ou pour vérifier sa pureté.

#### 1-La température de changement d'état :

La température de fusion d'une espèce chimique  $\theta_f$  est la température à laquelle l'espèce passe de l'état solide à l'état liquide à une pression donnée.

La température d'ébullition d'une espèce chimique  $\theta_{eb}$  est la température à laquelle l'espèce passe de l'état liquide à l'état gazeux à une pression donnée.

#### 2-La Densité :

- La densité d'un corps liquide ou solide est égale au quotient de sa masse volumique  $\rho$  sur la masse volumique de l'eau  $\rho_{eau}$ , dans les mêmes conditions de température et de pression :  $d = \frac{\rho}{\rho_{eau}}$ .

- la masse volumique d'un corps est égale au quotient de sa masse  $m$  sur son volume  $V$  :  $\rho = \frac{m}{V}$ .

#### 3-Miscibilité

Deux liquides sont **miscibles** lorsque leur mélange est homogène (il se forme une phase unique)

Deux liquides sont **non-miscibles** lorsque leur mélange est hétérogène (ils forment 2 phases distinctes).

#### 4-La solubilité :

On appelle solubilité en masse d'une espèce chimique dans un solvant donné, la masse maximale de cette espèce chimique que l'on peut dissoudre dans un litre de ce solvant. son unité est  $g.L^{-1}$

La solubilité dépend de la température.

## II – LES TECHNIQUES D'EXTRACTIONS:

### 1- Quelques techniques classiques d'extractions :

- **La filtration** : on sépare les constituants d'un mélange solide-liquide.
- **L'infusion** : c'est une technique au cours de laquelle, on verse de l'eau bouillante sur des feuilles ou des fleurs pour libérer leurs arômes. Exemple : préparation du thé.
- **Le pressage** : consiste à presser les fruits ou les plantes pour en extraire le jus, l'huile .  
Exemples : Le jus d'orange, l'huile d'olive.

### 2- L'hydrodistillation :

C'est une technique qui consiste à **chauffer le ballon** qui contient le mélange eau + produit naturel (qui contient l'espèce chimique à extraire) jusqu'à **l'ébullition**, puis **condenser** les **vapeurs** dégagées.

Lorsqu'on chauffe le mélange, l'eau s'évapore et entraîne avec lui les molécules l'espèce chimique, ensuite la vapeur est **refroidie** et on obtient les différentes substances sous forme d'un liquide qu'on appelle **distillat**.

Le **distillat** possède deux phases, une phase **aqueuse** (l'eau), et une phase **organique** qui contient l'huile essentielle

### 3 – L'extraction par solvant :

L'extraction par solvant permet d'extraire une espèce chimique dissoute dans l'eau, à l'aide d'un autre solvant extracteur (non miscible à l'eau) dans lequel l'espèce chimique est plus soluble.

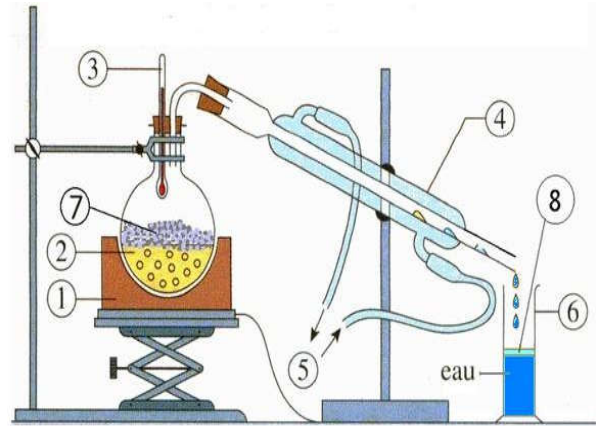
Le Choix du solvant :

- Le solvant doit être **non miscible** à l'eau. et de densité différente de celle ....

- **L'espèce** à extraire doit être **très soluble** dans le **solvant**.

C'est à dire, beaucoup plus soluble dans le solvant extracteur que dans l'eau.

- Le solvant doit être **volatil** (s'évapore facilement)



### 4 – Application:Extraction de l'huile essentielle de la lavande

#### Etape 1 : Extraction par hydrodistillation

⌚ Introduire dans le ballon 10 g de lavande, quelques pierre ponce et 100 mL d'eau distillée.

⌚ Mettre la circulation d'eau dans le réfrigérant.

⌚ Brancher le chauffe-ballon.

⌚ Chauffer à ébullition pendant **30 min**

Schéma du montage expérimental :

1-Annoter le schéma ci-contre

2-Quel est le rôle du tube réfrigérant et des pierres ponce ?

#### Etape 2 : Extraction par solvant

on introduit le distillat dans une ampoule à décantier et on ajoute de l'éther (solvant organique)

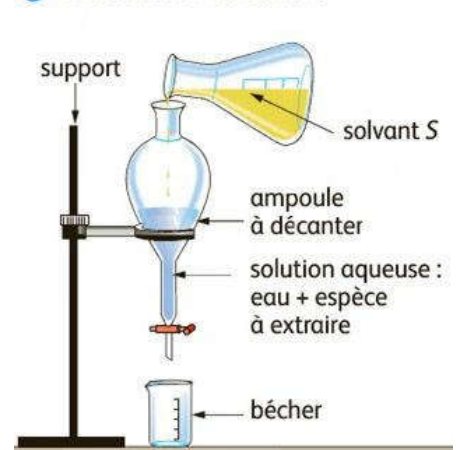
le tableau résume quelques propriétés physiques des deux solvants organiques proposés :

	Ethanol	Ether
Densité	0,8	0,7
Température d'ébullition	78°C	35°C
Miscibilité dans l'eau	Miscible	Non miscible

Justifier le choix de l'éther comme solvant pour cette extraction

- On bouche l'ampoule à décanté et on agite en ouvrant le robinet pour laisser s'échapper les gaz qui peuvent se former au cours de l'opération puis on laisse reposer .
- On sépare la phase organique (huile essentielle +éther ) de la phase aqueuse .On distingue entre les deux phases par la densité . la phase organique est moins dense que l'eau donc elle se place au dessus et la phase aqueuse au dessous .

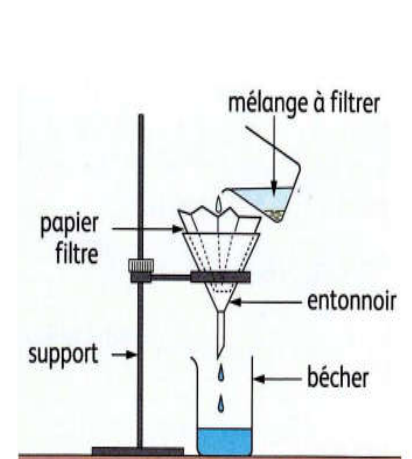
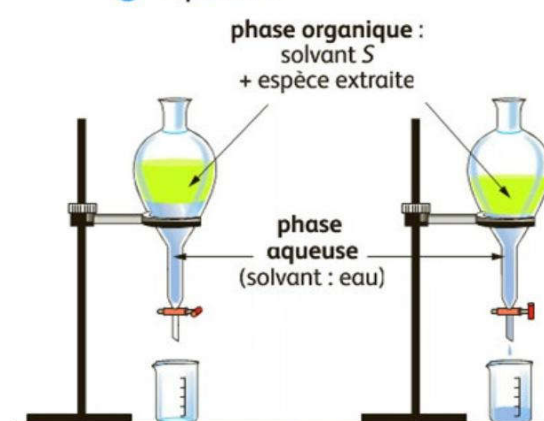
#### a Introduction du solvant



#### b Extraction



#### c Séparation



- Après avoir évacué la phase aqueuse, on recueille la phase organique, puis on élimine l'eau restante en ajoutant le carbonate de potassium (solide). Après filtrage, on récupère la phase organique. Finalement, le solvant organique s'évapore à la température ambiante et on obtient l'huile essentielle de lavande.

### III. Identification par Chromatographie sur couche mince :

#### 1. Définition

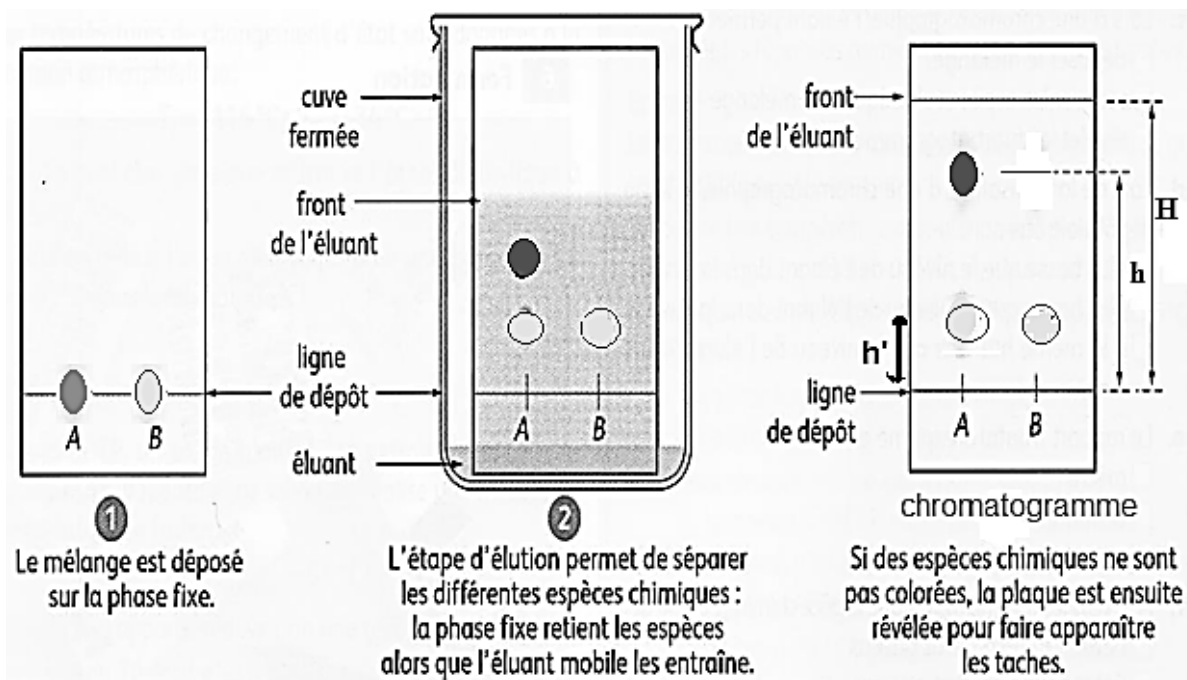
La chromatographie sur couche mince, noté CCM, est une technique physique qui permet de séparer et identifier les espèces chimiques constituant un produit (un mélange).

#### 2. Principe

- Le mélange est déposé sur la plaque de chromatographie appelé **phase stationnaire**.
- Le mélange est entraîné par un solvant approprié, appelé **phase mobile** ou **éluant**, qui migre sur la plaque.
- Les constituants du mélange se séparent par migration différentielle : chacun d'eux est d'autant plus entraîné par l'éluant qu'il est plus soluble dans celui-ci.
- Après migration les taches sont détectées par différentes méthodes : directement (si les substances sont colorées), UV, l'iode, permanganate de potassium...

#### 3. Protocole expérimental :

A : Colorant vert ; B : Colorant jaune



#### 4. Interprétation d'un chromatogramme :

- Le résultat de la chromatographie s'appelle le chromatogramme.
- Si le chromatogramme issu d'un dépôt contient  $n$  taches, c'est que le dépôt contenait  $n$  espèces chimiques différentes.
- Si les chromatogrammes issu de deux dépôts présentent chacun une tache à la même position c'est qu'ils contiennent la même espèce chimique.

#### 5. rapport frontal.

On appelle rapport frontal  $R_f$  d'une espèce chimique le rapport suivant :

$$R_f = \frac{\text{Distance parcourue par le soluté}}{\text{Distance parcourue par le solvant}} = \frac{h}{H}$$

**Application :** calculer le rapport frontal du bleu  $R_{fB}$  et du jaune  $R_{fJ}$ . conclure ?

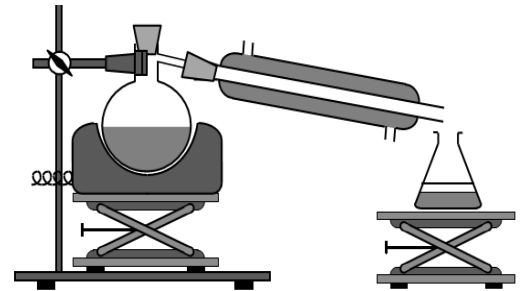
### Exercice 1 :

- 1)-Quels sont les tests chimiques qui permet d'identifier :a)-l'eau b)- le glucose c)- l'acidité d)- l'amidon.
- 2)-Répondez par vrai ou faux sur les phrases suivantes en corrigeant celles qui sont fausses :
  - a)- Lorsque deux liquides ne sont pas miscibles, celui qui a la plus grande densité constitue la phase supérieure.
  - b)-Lors de l'extraction par solvant, l'espèce chimique à extraire doit être moins soluble dans le solvant extracteur.
  - c)- A sa température de fusion l'espèce chimique passe de l'état liquide à l'état gazeux.
  - d)- Lors d'une chromatographie, l'éluant permet de séparer les espèces chimiques du mélange.
  - e)- l'espèce chimique artificielle n'a pas d'exemplaire dans la nature.
  - f)-Le fer est une espèce chimique synthétique
  - g)-Une espèce chimique volatil s'évapore facilement.
- 3)-Réorganiser les mots suivants pour décrire les étapes de l'hydrodistillation :  
Condensation refroidissement évaporation distillat Chauffage.

### Exercice 2

L'extraction de l'huile essentielle de lavande s'effectue à l'aide d'un montage d'hydrodistillation représenté ci-contre.

1. Compléter ce schéma en utilisant les termes suivants :  
Chauffe-ballon/Ballon à fond rond /Distillat/Réfrigérant à eau/Arrivée d'eau froide/Sortie d'eau tiède/Erlenmeyer/Phase supérieure/Phase inférieure.
2. Quel est le rôle de la vapeur d'eau ? Quel est le rôle du réfrigérant
3. Représenter le contenu de l'erenmeyer après l'hydrodistillation. Justifier.



### Exercice 3 :

On désire extraire le diiode de l'eau iodée. La solubilité du diiode dans différents solvants est donnée

Solvant	eau	alcool	éther	benzène	On dispose en outre des informations suivantes: • L'alcool est miscible à l'eau. • L'éther et le benzène ne sont pas miscibles à l'eau.
Solubilité du diiode(g.L <sup>-1</sup> )	0,3	250	250	140	
densité	1,0	0,80	0,71	0,88	
Température d'ébullition	100°C	78°C	35°C	80°C	

dans le tableau suivant:

1. Quel solvant vaut-il choisir pour extraire le diiode de l'eau iodée? Justifier la réponse.
2. Dresser le protocole de cette extraction Quelle phase faut-il recueillir ? Où se trouve t-elle ?

### Exercice 4

Dans un ballon, on introduit de l'eau et des fleurs de lavande, puis on réalise une hydrodistillation. Le distillat obtenu contient deux phases :

la phase aqueuse et la phase organique contenant de l'acétate de linalyle.

1) La densité de l'acétate de linalyle est  $d = 0,89$ . Dans le distillat où se situe l'acétate de linalyle ? Justifier votre réponse.

2)- Le volume de l'acétate de linalyle obtenu est  $V = 2,4 \text{ mL}$ . Déterminer la valeur de sa masse  $m$ . on donne la masse volumique de l'eau  $\rho_e = 1 \text{ g.cm}^{-3}$

3)- Quelle autre technique d'extraction connaissez-vous ?

4) Sur la phase fixe (plaque de silice) on réalise trois dépôts :

- Dépôt A : linalol - Dépôt B : acétate de linalyle

- Dépôt P : produit synthétisé. On obtient le chromatogramme ci-contre

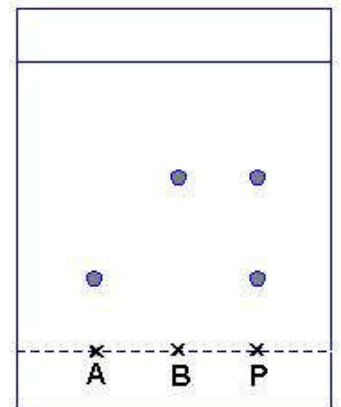
a)- Qu'appelle-t-on front du solvant ?

b- Parmi les dépôts (A), (B) et (P), quelles sont les substances pures ?

c- Que peut on déduire à propos de la composition chimique des deux dépôts (P)?

d- Parmi les dépôts (A), (B) et quelle est l'espèce chimique la plus soluble dans le solvant utilisé ?

e- Calculer le rapport frontal  $R_f$  de l'acétate de linalyle



## Chapitre 3 : La synthèse d'espèces chimiques

Grâce à sa maîtrise des techniques expérimentales, le chimiste est capable de synthétiser de nouvelles molécules et de fabriquer des matériaux innovants qui répondent aux besoins et aux évolutions de la société. Comment se déroule une synthèse organique ? Sur quels critères s'effectue le choix des paramètres expérimentaux et des techniques mises en œuvre ?



Paracétamol et vêtements en matière synthétique : des applications de la chimie de synthèse organique.

### Objectifs :

- Nécessité de la chimie de synthèse.
- Synthèse d'une espèce chimique.
- Caractérisation d'une espèce chimique synthétique et comparaison avec la même espèce chimique naturelle.

### Pré-requis :

- La définition d'une espèce chimique
- Savoir comment identifier une espèce chimique
- Extraction d'une espèce chimique
- Connaître le nature de la solubilité, la densité, température de fusion d'ébullition..

### Activité :

#### **But :**

Synthétiser une espèce chimique utilisée en parfumerie : acétate de linalyle c'est l'un des principaux composés des huiles essentielles [de lavande](#) et [de bergamote](#).

L'acétate de linalyle est synthétisé par une réaction entre le linalol et l'anhydride éthanoïque selon l'équation suivante :



La réaction étant lente, on augmente sa vitesse par élévation de la température et en utilisant un chauffage à reflux.

## Matériel :

- Linalol , anhydride acétique (éthanoïque)
- Sulfate de magnésium anhydre (desséchant)
- Hydrogencarbonate de sodium
- Eluant pour le chromatographie ( 20 % cyclohexane + 80% acétate d'éthyle )
- Grains de pierre ponce
- Système de chauffage à reflux ( fig-1 ci -contre)
- Ampoule à décanter avec support
- Eprouvette graduée, entonnoir ,3 béchers, spatule, pince .

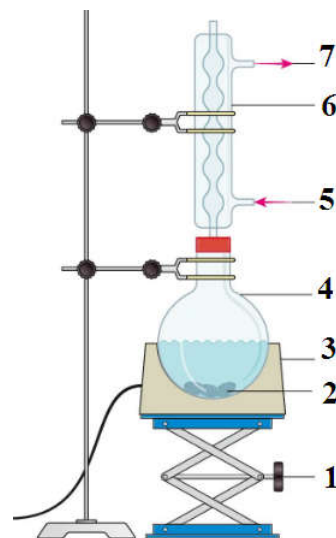


fig-1

## Protocole expérimental :

### 1. Préparation de l'acétate de linalyle :

- Sous la hotte, introduire dans un ballon bien sec : 10 mL d'anhydride éthanoïque , 5 mL de linalol et quelques grains de pierre ponce puis on agite.
- On réalise le montage de chauffage à reflux, on place le ballon sous le réfrigérant et on fait couler l'eau dans le réfrigérant de telle façon que l'eau entrant par la partie inférieure du réfrigérant et sortant par la partie supérieure.
- On porte le mélange à ébullition pendant 25 - 30 min.

### Répondre aux questions pendant le temps de chauffage :

1. Quels sont les réactifs utilisés pour réaliser la synthèse d'acétate de linalyle.
2. Nommer les éléments du dispositif expérimental numérotés de 1 à 7 sur la figure (1).
3. Pourquoi faut-il chauffer le mélange de réactifs ? Quel est le rôle du réfrigérant ? et que se passerait-il si on ne mettait pas le réfrigérant ?
4. À quoi sert la pierre ponce ?
5. Expliquer le rôle d'un chauffage à reflux.

### 2. Elimination de l'excès d'anhydride acétique :

Lorsque la réaction est terminée, on constate qu'il reste une partie d'anhydride acétique ( car il a été utilisée en excès ) .on arrête le chauffage , puis on enlève le chauffe ballon et on refroidit le ballon en utilisant l'eau froide ( c'est l'hydrolyse).

L'anhydride éthanoïque est transformé en acide acétique (éthanoïque) miscible à l'eau qui passe dans la phase aqueuse.

Faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans le milieu réactionnel avant et après l'hydrolyse.

### 3. Extraction de l'acétate d'éthyle constituant principal de la phase organique:

On verse le mélange réactionnel dans une ampoule à décanter à l'aide d'un entonnoir, on observe deux phases (organique et aqueuse) puis on récupère la phase organique

On élimine l'acide acétique restant dans la phase organique, en ajoutant 2 à 4 grammes d'hydrogénocarbonate de sodium pour que l'acide acétique se transforme en ions acétates (on remarque un dégagement gazeux).

Dégazer plusieurs fois puis laisser décanter et éliminer la phase aqueuse.

On récupère alors la phase organique que l'on sèche avec une petite quantité de sulfate de magnésium anhydre puis on procède à une filtration.

3.1. Quel est le rôle du lavage avec la solution d'hydrogénocarbonate de sodium ?

3.2. Quelle la nature du gaz dégagé ? comment identifier ce gaz ?

3.3. Quel est le rôle du sulfate de magnésium anhydre ?

#### 4. Identification de l'espèce chimique synthétisée

Quand la synthèse est terminée, il faut vérifier que l'espèce obtenue est bien celle que l'on a voulu synthétisée.

4.1. Citer une ou plusieurs méthodes permettant de vérifier que le produit formé est bien de l'acétate de linalyle.

4.2. Proposer des protocoles expérimentaux pour cette identification.

### Bilan :

#### 1. La synthèse chimique

- La synthèse chimique est la fabrication d'une espèce chimique en laboratoire ou en industrie, à partir d'autres espèces, par une ou plusieurs transformations chimiques. Le mélange obtenu est appelé mélange réactionnel.
- La chimie de synthèse a pour but la fabrication d'une grande variété de substances, si possible mieux adaptées, plus performante et moins chère que celle extraite dans la nature.
  - Si l'espèce chimique synthétisée est une copie d'une espèce chimique existante dans la nature, on parle de substance identique nature.
  - Si l'espèce chimique synthétisée n'existe pas dans la nature, on parle de substance artificielle.
- Les consignes de sécurité et environnementales doivent être respectées avant, pendant et après la manipulation, suite à l'analyse des pictogrammes de sécurité.
- On fait la synthèse chimique pour créer des substances adaptées aux besoins de l'homme, pour produire avec un coût nettement plus faible que celui de l'extraction des substances naturelles.

#### 2. Étapes d'une synthèse chimique :

Lors d'une synthèse, il y a 4 étapes :

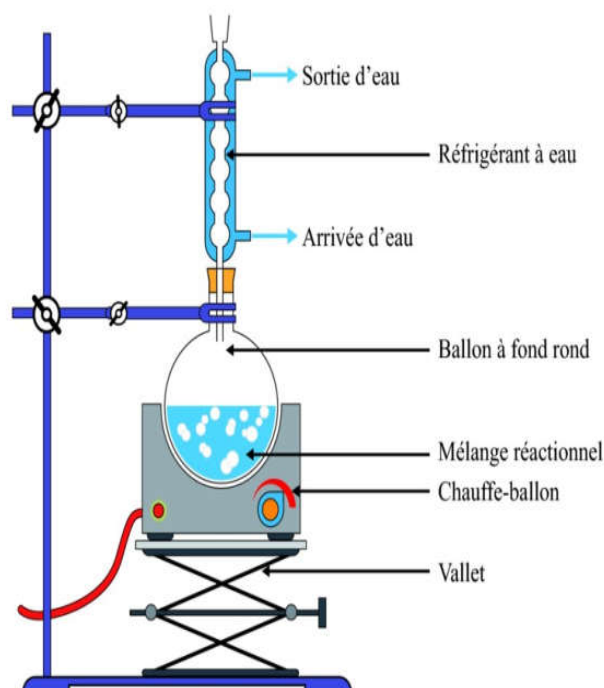
- **La transformation (ou réaction)**
- **Le traitement (ou isolement)**
- **la purification**
- **L'identification**

##### 2.1. La transformation :

La première étape d'une synthèse consiste à transformer, à l'aide d'une réaction chimique, **des réactifs** en une ou plusieurs molécules différentes, appelées **produits** de la réaction.

➤ Lors d'une synthèse, on utilise un chauffage à reflux pour :

- Accélérer la transformation chimique
- Éviter les pertes de réactifs ou de produits dus à l'ébullition



- on met de la pierre ponce dans le ballon afin de réguler l'ébullition.

**2.2. Le traitement :** A l'issue d'une synthèse, l'espèce chimique synthétisée n'est pas seule.

Pour la séparer des autres espèces chimiques, il faut effectuer une ou deux opérations : c'est ce que l'on appelle le traitement.

- ⊙ L'extraction liquide-liquide : pour isoler l'espèce synthétisée à l'aide d'un solvant « extracteur »  
*Critère du solvant extracteur :* l'espèce synthétisée doit y être plus soluble que dans le mélange réactionnel, les autres espèces chimiques présentes ne doivent pas y être soluble, le solvant extracteur ne doit pas être miscible avec le solvant du mélange réactionnel, le solvant extracteur doit être le moins toxique possible.
- ⊙ Filtration simple ou filtration sous vide :  
 pour isoler l'espèce synthétisée, qui est solide, du mélange réactionnel

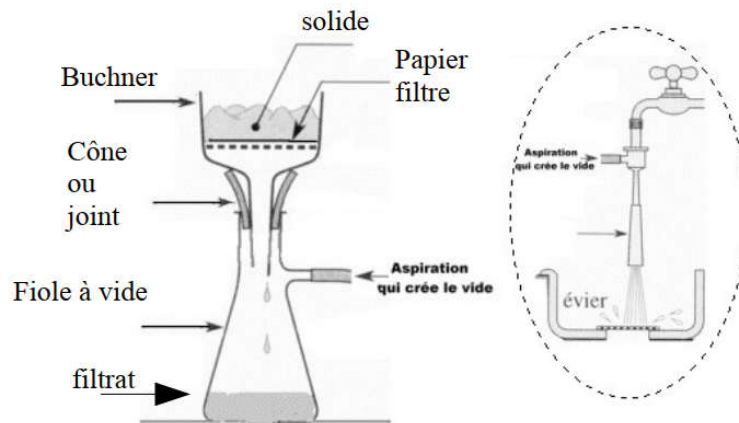


Schéma du montage d'une filtration sous vide

La séparation est généralement suivie des étapes suivantes :

- Séchage de la phase organique à l'aide d'un agent desséchant (sulfate de magnésium anhydre par exemple) afin d'éliminer les traces d'eau résiduelles.
- Évaporation du solvant sous pression réduite .

**2.3. La purification :** Les deux méthodes de purification les plus employées sont la recristallisation pour les solides, et la distillation pour les liquides.

- ⊙ La distillation est basée sur la différence de température d'ébullition entre le produit et les impuretés. Si le produit à purifier possède la température d'ébullition la plus basse, il est séparé du mélange par évaporation, puis condensé et récupéré sous forme de distillat.

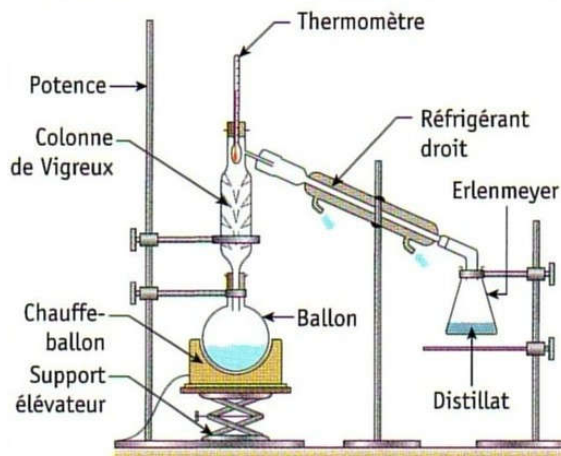


Schéma de montage distillation

- ⊙ Le montage de recristallisation est un montage à reflux dans lequel on introduit le produit brut solide et un solvant. Après avoir chauffé puis refroidi le mélange, le produit brut cristallise alors que les impuretés restent en solution. La distillation fractionnée permet de séparer les constituants d'un mélange liquide : on récupère les espèces par température d'ébullition croissante.

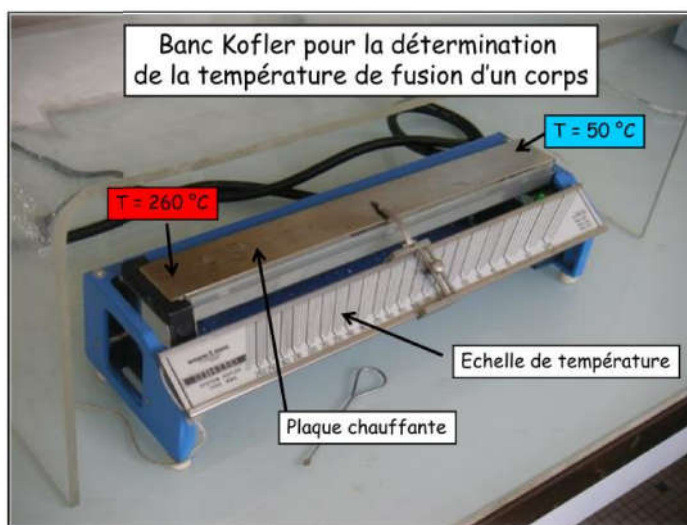
## 2.4. Identification

- Afin de contrôler la pureté du produit synthétisé et de s'assurer qu'il s'agit du produit souhaité, il faut procéder à une analyse du produit purifié.

- Pour identifier la nature du produit synthétisé et vérifier sa pureté, plusieurs méthodes sont possibles. Parmi elles figurent notamment la chromatographie sur couche mince (ou CCM), la mesure d'une température de changement d'état ou encore l'analyse par spectroscopie infrarouge, la solubilité et la densité ...

□ La chromatographie sur couche mince permet de vérifier rapidement la présence d'impuretés mais aussi de vérifier la nature du produit si on dispose d'une référence (produit pur commercial par exemple). En effet, le chromatogramme d'un produit pur ne doit contenir qu'une seule tache et celle-ci doit se trouver à la même hauteur que celle du produit de référence.

□ Pour un solide, on mesure généralement sa température de fusion à l'aide d'un banc Köfler. La température mesurée doit correspondre à la température de fusion du composé désiré. Sinon le produit n'est pas pur ou il ne s'agit pas du bon composé.



Toutes ces méthodes nécessitent l'utilisation d'une petite quantité du produit synthétisé.

### Exercice : Synthèse de l'acétate de menthyle

L'acétate de menthyle amplifie la touche florale des eaux de lavande commerciales. Il peut être extrait de plantes. L'industrie chimique le prépare à partir d'acide acétique et de menthol ; de l'eau se forme également lors de la synthèse...

On introduit dans un ballon 10,0 g de menthol, puis avec précaution, environ 10 mL d'acide acétique et enfin quelques gouttes d'acide sulfurique (très soluble dans l'eau) et des grains de pierre ponce.

On chauffe à reflux ce mélange pendant une heure. Après refroidissement, on verse le contenu du ballon dans un bécher d'eau froide.

On observe deux phases non miscibles, l'une aqueuse, l'autre organique.

<b>Données :</b>			
<b>Espèces chimiques</b>	Menthol	Acide Acétique	Acétate de menthyle
<b>Formule</b>	<b>C<sub>10</sub>H<sub>20</sub>O</b>	<b>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub></b>	<b>C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>2</sub></b>
<b>θ<sub>fus</sub> (° C)</b>	41	16	< 0
<b>θ<sub>eb</sub> (° C)</b>	212	118	227
<b>Densité</b>	0,89	1,05	0,92
<b>Solubilité dans l'eau</b>	Faible	Grande	Très faible

1. Quel est l'état physique des composés indiqués dans le tableau à 20 ° C, puis à 50 ° C ?
2. Calculer la masse d'acide acétique introduite et le volume de menthol utilisé.
3. Repérer les réactifs et les produits de cette réaction ; Traduire celle-ci par une équation.
4. Décrire les prélèvements des deux réactifs.
5. Faire un schéma légendé du montage à reflux.
6. Quels sont les rôles : du chauffage ? du reflux ? de l'acide sulfurique ? de la pierre ponce ?
7. Préciser le contenu des deux phases et leurs positions respectives.
8. Proposer un protocole permettant de séparer les deux phases.

# Chapitre 4 : Modèle de l'atome

La détermination de l'âge approximative d'une momie se fait à l'aide de la technique dite datation au carbone 14 qui est un atome isotope de l'élément carbone.

Qu'es t-ce qu'un atome ? Quelle est sa structure ? Et que représente un isotope



## OBJECTIFS

- Connaître la constitution d'un atome
- Savoir que l'atome est électriquement neutre
- Savoir que le numéro atomique caractérise l'élément chimique
- Connaître le symbole de quelques éléments
- Connaître la répartition électronique des atomes des éléments chimiques dont le nombre atomique  $1 < Z < 18$ .
- Evaluer la masse d'un atome

## I. La structure de l'atome

Toute la matière de l'univers est constituée à partir des atomes.

L'atome est formé d'un noyau chargé positivement entouré d'électrons chargés négativement formant un nuage électronique

### 1 – Les électrons

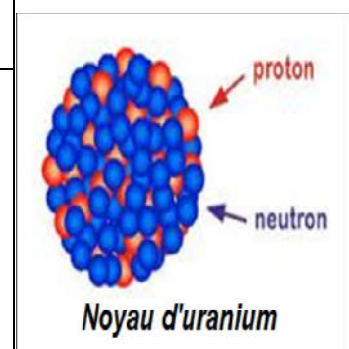
Le nuage électronique, chargé négativement, est constitué d'électrons qui gravitent autour du noyau

- symbole :  $e^-$
- charge :  $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- masse :  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- propriétés : tous les électrons sont identiques et chargé négativement.

### 2 – Le noyau :

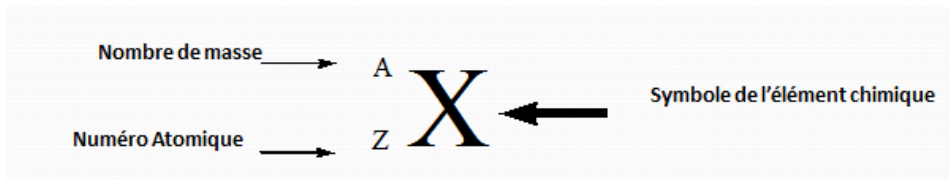
Le noyau est formé des nucléons : protons (chargé positivement) et neutrons (non chargé).

<u>Les protons</u>	<u>Les neutrons</u>
symbole : p	symbole : n
charge : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	charge : pas de charge
masse : $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$	masse : $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$



### 3 – Notation symbolique du noyau :

Un atome de symbole chimique X dont le noyau comporte Z protons , A nucléons et (A – Z) neutrons est noté :



Remarque : Si l'on note  $N$  le nombre de neutrons du noyau, alors :  $N=A-Z$ .

### Application 1

L'atome	Symbole	Numéro atomique	Nombre de nucléons A	Nombre de neutrons N
Hydrogène	${}^1_1\text{H}$			
Sodium	${}^{23}_{11}\text{Na}$			
Lithium	${}^7_3\text{Li}$			
carbone	${}^{12}_6\text{C}$			

### 4 – charge de l'atome :

- L'atome est électriquement neutre donc il contient autant de protons que d'électrons :
- La charge d'un noyau est  $Q_{\text{noyau}} = +Z \cdot e$
- La charge d'un nuage électronique est  $Q_{\text{électrons}} = -Z \cdot e$ .
- La charge de l'atome

$$Q_{\text{atome}} = Q_{\text{noyau}} + Q_{\text{nuage}} = +Z \cdot e - Z \cdot e = 0 \text{ C}$$

Z représente donc aussi le nombre d'électrons de l'atome

### 5- Masse d'un atome :

a- *Activité :*

1- Calculer la masse de l'atome de lithium Li puis la masse du noyau de l'atome de lithium

$$\text{On donne } m_p = m_n = 1,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

La masse de l'atome de Li

$$m(\text{Li}) = 3 \times m_e + (7 - 3) \times m_n + 3 \times m_p = 1,1 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

La masse du noyau de Li

$$m_N(\text{Li}) = (7 - 3) \times m_n + 3 \times m_p = 1,1 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

On remarque que :

- la masse d'un neutron est sensiblement égale à celle d'un proton.
- La masse d'un électron est négligeable devant la masse d'un nucléon.

La masse d'un atome est concentrée en son noyau.

$$m(\text{Atome}) = m(\text{Noyau}) = A \times m_p$$

### 6 – Dimension de l'atome :

Le diamètre d'un noyau est de l'ordre de grandeur  $d = 10^{-15} \text{ m}$

Le diamètre d'un atome est de l'ordre de grandeur  $D = 10^{-10} \text{ m}$  Donc  $D/d = 10^5$

L'atome est essentiellement constitué de vide. Ce qui explique sa structure lacunaire

### III – L'élément chimique :

#### 1-Les isotopes

Des atomes sont isotopes s'ils possèdent le même numéro atomique Z et ils diffèrent par leur nombre de neutrons

Exemple :

les isotopes de l'atome d'oxygène	${}^{16}_8\text{O}$ ${}^{17}_8\text{O}$ ${}^{18}_8\text{O}$
les isotopes de l'atome de chlore	${}^{35}_{17}\text{Cl}$ ${}^{37}_{17}\text{Cl}$
les isotopes de l'atome de carbone	${}^{12}_6\text{C}$ ${}^{13}_6\text{C}$ ${}^{14}_6\text{C}$

#### Application 2:

Donner le nombre de : protons, nucléons, électrons et neutrons des isotopes du carbone

	<i>Nbre protons</i>	<i>Nbre nucléons</i>	<i>Nbre électrons</i>	<i>Nbre neutrons</i>
${}^{12}_6\text{C}$	.....	.....	.....	.....
${}^{13}_6\text{C}$	.....	.....	.....	.....
${}^{14}_6\text{C}$	.....	.....	.....	.....

#### 2-Les Ions monoatomiques :

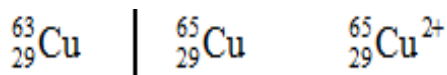
Un ion monoatomique est un atome qui a perdu ou gagné un (ou plusieurs) électron(s).

- L'ion positif est appelé cation : il provient d'un atome qui a perdu un ou plusieurs électrons
- exemple :  $\text{Na}^+$     $\text{K}^+$     $\text{Mn}^{2+}$     $\text{Mg}^{2+}$
- et L'ion négatif est appelé anion: il provient d'un atome qui a gagné un ou plusieurs électrons
- exemple:  $\text{F}^-$     $\text{Cl}^-$     $\text{Br}^-$     $\text{I}^-$

#### 3 – L'élément chimique :

Les entités chimiques (atome, ion) possédant le même numéro atomique Z (c'est-à-dire le même nombre de protons) appartiennent au même élément chimique.

- Exemple :



- appartiennent au même élément chimique c'est l'élément qui contient 29 proton : le cuivre
- Un élément chimique est caractérisé par un symbole chimique (et un nom) qui lui sont propres composé d'une lettre majuscule parfois suivi d'une minuscule.

Nom	Z	Symbole	Nom	Z	Symbole
Hydrogène	1	H	Soufre	16	S
Carbone	6	C	Chlore	17	Cl
Azote	7	N	Fer	26	Fe
Oxygène	8	O	Cuivre	29	Cu
Fluor	9	F	Zinc	30	Zn
Sodium	11	Na	Brome	35	Br
Aluminium	13	Al	Argent	47	Ag

#### 4) Conservation de l'élément chimique

Au cours d'une réaction chimique les éléments chimiques présents avant la transformation chimique sont aussi présents après la transformation : on dit qu'il y a conservation de l'élément chimique.

### IV-Répartition électronique

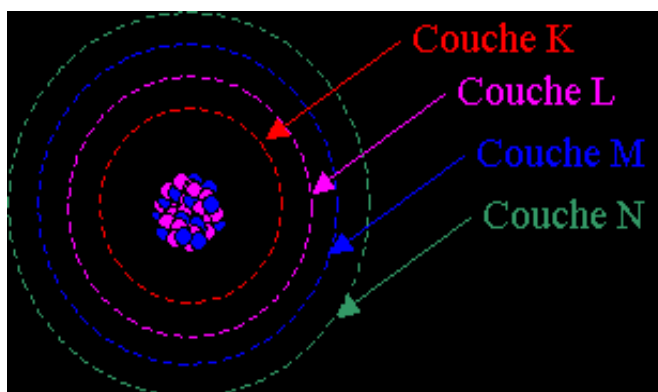
#### 1- Notion de couches électroniques:

Quand on étudie un atome, on constate qu'il existe plusieurs couches électroniques distinctes plus ou moins éloignées du noyau. On a nommé K la couche la plus proche du noyau puis en s'éloignant du noyau, les couches L, M, N, O,...

La couche remplie la plus éloignée du noyau est appelée la couche externe. Les électrons de cette couche sont des électrons périphériques.

#### 2- Règles de répartition des couches électroniques :

- 1 ère règle
  - Une couche électronique peut contenir un nombre limité d'électrons.
  - La couche K contient au maximum 2 électrons.
  - La couche L contient au maximum 8 électrons.
  - La couche M contient au maximum 8 électrons.
- 2ème règle.
  - Les électrons remplissent d'abord la couche K la plus proche du noyau. Si celle-ci est saturée, ils se placent sur la couche suivante L et ainsi de suite.
  - ne couche remplit au maximum, est dite saturée.



#### 3- représentation de la structure électronique

La structure électronique est composée des lettres correspondant aux couches K,L,M. Les lettres sont écrites entre parenthèse. On indique le nombre d'électrons qu'elles contiennent en exposant haut à droite.

- Exemple : donne la structure électronique de l'atome de fluore :

$Z = 9$  donc 9 protons soit 9 électrons pour l'atome neutre.

Ce qui donne la répartition électronique :

- 2 électrons dans la couche K (couche remplie ou saturée)
- 7 électrons dans la couche L (couche insaturée)
- La structure électronique de l'atome de fluor est alors :  $(K)^2(L)^7$

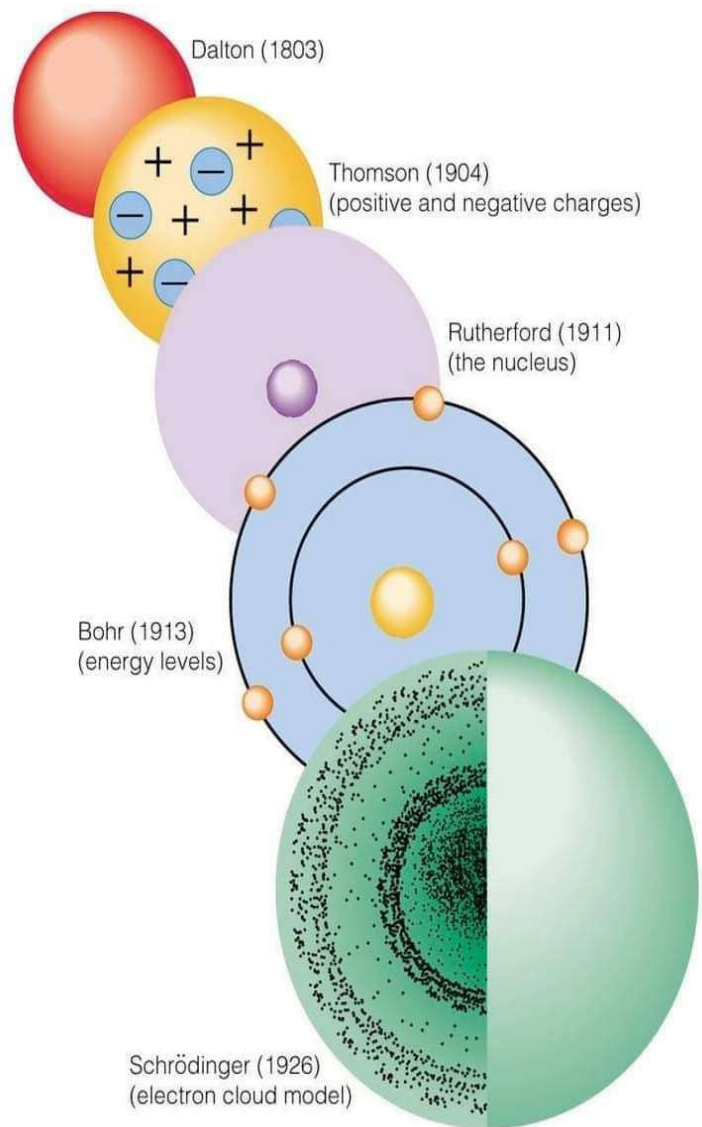
#### 4- Application 3

Le noyau d'un atome d'aluminium possède 13 protons et 14 nucléons.

- 1) Donner sa représentation symbolique
- 2) Donner la composition de cet atome.
- 3) Donner la structure électronique de cet atome et le nombre d'électrons sur sa couche externe.
- 4) Calculer sa masse approchée
- 5) Donner le nombre d'atomes d'aluminium contenus dans un échantillon de masse  $m = 1,00 \text{ g}$

## ANNEXE / L'évolution historique du modèle de l'atome:

- ❑ Democrite (460 - 370 av JC) Il est à l'origine du premier modèle atomique étudié ; La matière est constituée de particules infiniment petites et indivisibles. Entre ces particules existe un espace vide. La matière est discontinue. En grec ancien le mot atomos signifie indivisible.
- ❑ John Dalton (1766 - 1844) Il a conçu son modèle : la matière est composée de petites particules indivisibles appelées atomes, ayant des masses différentes qui se combinent dans des proportions définies pour former de nouveaux produits.
- ❑ John Thomson (1856 - 1940) a pu mettre en évidence expérimentalement l'existence des électrons en 1897, et proposa un modèle atomique représentant l'atome comme une boule de charge positive incrustée de particules de charges négatives (les électrons).
- ❑ Ernest Rutherford (1871 - 1937) a conçu en 1909 une expérience fondamentale mettant en évidence la structure lacunaire de la matière. Il a soumis une feuille mince d'or au bombardement de particules chargées positivement. Il a constaté que presque toutes les particules traversaient la feuille d'or comme si elle était une véritable passoire. Il a conclu ainsi que l'atome est constitué essentiellement de vide.
- ❑ Niels Bohr (1885 - 1962) exploita les travaux de Rutherford et proposa en 1913 son modèle de l'atome dit modèle planétaire qui considère que les électrons sont en rotation sur des orbites circulaires bien déterminées autour du noyau chargé positivement.
- ❑ Schrödinger (1887 - 1961) remplaça la notion d'orbites par la notion de probabilité de présence des électrons autour du noyau, et donna ainsi naissance au modèle actuel de l'atome, qui parle de nuage électronique entourant le noyau.



# Chapitre 5 : Géométrie de quelques molécules

## 1- Règles de duet الثمانية et d'octet الثمانية:

### 1.1-Structure des gaz rares :

Atome	Numéro atomique	Structure électronique	Couche externe
<i>He</i> Hélium	$Z = 2$	$(K)^2$	$(K)^2$
<i>Ne</i> Néon	$Z = 10$	$(K)^2(L)^8$	$(L)^8$
<i>Ar</i> Argon	$Z = 18$	$(K)^2(L)^8(M)^8$	$(M)^8$

Les gaz rares (ou gaz inertes ou nobles) ne participent pas à des transformations chimiques, ils sont chimiquement stables, leurs couches externes sont saturées.

### 1.2-La règle du duet الثمانية:

Au cours des transformations chimiques, les éléments chimiques de numéro atomique  $Z \leq 4$  évoluent de manière à avoir la structure électronique du Hélium  ${}_2\text{He} : (K)^2$  ils ont alors

**deux électrons** sur la couche externe

### 1.3-La règle de l'octet الثمانية:

Au cours des transformations chimiques, les éléments chimiques de numéro atomique :  $(4 < Z \leq 18)$  évoluent de manière à avoir la structure électronique du Néon  ${}_{10}\text{Ne} : (K)^2 (L)^8$

ou Argon  ${}_{18}\text{Ar} (K)^2 (L)^8 (M)^8$ . Donc ils portent **8 électrons**

(un octet) sur leur couche externe

L'atome	Z	Répartition électronique	Répartition électronique du gaz rare le plus proche		L'ion correspondant	Répartition électronique de l'ion
<i>Li</i>	3	$(K)^2 (L)^1$	<i>He</i>	$(K)^2$	<i>Li</i> <sup>+</sup>	$(K)^2$
<i>Al</i>	13	$(K)^2 (L)^8 (M)^3$	<i>Ne</i>	$(K)^2 (L)^8$	<i>Al</i> <sup>3+</sup>	$(K)^2 (L)^8$
<i>F</i>	9	$(K)^2 (L)^7$	<i>Ne</i>	$(K)^2 (L)^8$	<i>F</i> <sup>-</sup>	$(K)^2 (L)^8$
<i>O</i>	8	$(K)^2 (L)^6$	<i>Ne</i>	$(K)^2 (L)^8$	<i>O</i> <sup>2-</sup>	$(K)^2 (L)^8$
<i>Cl</i>	17	$(K)^2 (L)^8 (M)^7$	<i>Ar</i>	$(K)^2 (L)^8 (M)^8$	<i>Cl</i> <sup>-</sup>	$(K)^2 (L)^8 (M)^8$

## 2-La représentation de Lewis d'une molécule :

### 2.1-La molécule:

La molécule est des assemblages des atomes attachés les uns des autres. La molécule est stable et électriquement neutre.

### 2.2-Liaison de covalente simple:

Une liaison covalente simple est la mise en commun de deux électrons entre deux atomes, le doublet commun est appelé doublet liant (chaque atome y participe par un électron).

#### ❑ Remarque :

On représente la liaison covalente par un trait (—) entre les symboles de deux atomes.

#### ❑ Exemples :

Liaison covalente simple : H — H

Liaison covalente double تنائية:  $O = O$

Liaison covalente triple ثلاثية :  $N \equiv N$

### 2.3- La représentation للجزئية de Lewis d'une molécule

La représentation de Lewis d'une molécule est une représentation des atomes الذرات et de tous les doublets d'électrons زوج الإلكترونات (liants الرابطة et non-liants الغير الرابطة) de cette molécule.

-Méthode de détermination de la représentation de Lewis d'une molécule :

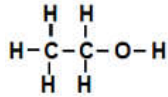
- Ecrire la structure électronique de chaque atome.
- Déterminer le nombre global  $n_t$  d'électrons de couches externes de chaque atome dans la molécules.
- Déterminer le nombre global  $n_d$  de doublet d'électrons :  $n_d = \frac{n_t}{2}$
- Déterminer le nombre  $n_L$  de liaison covalente que forme habituellement chaque atome de la molécule, noté n.
  - Pour l'hydrogène  $n_L = 2 - p = 2 - 1 = 1$
  - Pour les autres atomes ;  $n_L = 8 - p$ , avec  $p$  nombre d'électrons de valence (nombre d'électrons de la couche externe)
- Déterminer le nombre  $n'_d$  de doublet non liants de chaque atome :  $n'_d = \frac{p - n_L}{2}$

Exemple : représenter le modèle de Lewis des molécules suivantes

Molécule	$PCl_3$	$H_2O$	$CH_4$	$C_2H_4O_2$
structure électronique	$P : (K)^2(L)^8(M)^5$ $Cl : (K)^2(L)^8(M)^7$	$H : (K)^1$ $O : (K)^2(L)^6$	$H : (K)^1$ $C : (K)^2(L)^4$	$H : (K)^1$ $C : (K)^2(L)^4$ $O : (K)^2(L)^6$
$n_t$	$5 + 3 \times 7 = 26$	$2 \times 1 + 6 = 8$	$4 + 4 \times 1 = 8$	$4 \times 1 + 2 \times 4 + 2 \times 6 = 24$
$n_d = \frac{n_t}{2}$	$\frac{26}{2} = 13$	$\frac{8}{2} = 4$	$\frac{8}{2} = 4$	$\frac{24}{2} = 12$
$n_L$	$P : 8 - 5 = 3$ $Cl : 8 - 7 = 1$	$H : 2 - 1 = 1$ $O : 8 - 6 = 2$	$H : 2 - 1 = 1$ $C : 8 - 4 = 4$	$H : 2 - 1 = 1$ $C : 8 - 4 = 4$ $O : 8 - 6 = 2$
$n'_d$	$P : \frac{5-3}{2} = 1$ $Cl : \frac{7-1}{2} = 3$	$H : \frac{1-1}{2} = 0$ $O : \frac{6-2}{2} = 2$	$H : \frac{1-1}{2} = 0$ $C : \frac{4-4}{2} = 0$	$H : \frac{1-1}{2} = 0$ $C : \frac{4-4}{2} = 0$ $O : \frac{6-2}{2} = 2$
Représentation de Lewis	$\begin{array}{c} \overline{Cl} - \overline{P} - \overline{Cl} \\   \\ \overline{Cl} \end{array}$	$H - \overline{O} - H$	$\begin{array}{c} H \\   \\ H - C - H \\   \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & \overline{O} \\   & // \\ H - C & - C - \overline{O} - H \\   \\ H \end{array}$

### 3-Isomères التماكبات

#### 3.1-Les formules des molécules :

Formules brute الصيغة الإجمالية	Formule semi-développée الصيغة النصف المنشورة	Formule développée الصيغة المنشورة
Indique le symbole et le nombre des atomes présents. <u>Exemple</u> : $C_2H_6O$	Indique les types de liaison entre les atomes principaux. <u>Exemple</u> : $CH_3 - CH_2 - OH$	Elle fait apparaître toutes les atomes et toutes les liaisons entre les atomes de la molécule. <u>Exemple</u> : 

#### 3.2-Isomère :

Des isomères sont des composés مركبات qui ont mêmes formules brutes mais des formules développées différentes مختلفة (qui ont des propriétés physiques et chimiques différentes)

##### □ Exemple :

La formule brute  $C_2H_6O$  donne deux isomères :

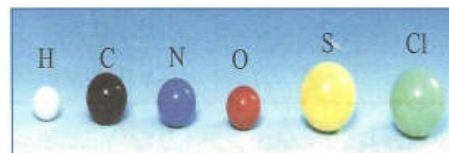
L'éthanol :  $CH_3 - CH_2 - OH$  et

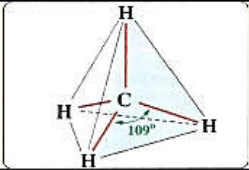

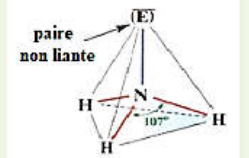
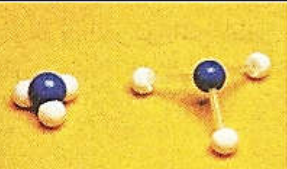
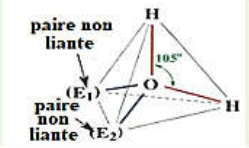


l'oxyde de diméthyle :  $CH_3 - O - CH_3$

### 4-Géométrie des molécules هندسة بعض الجزيئات :

#### 4.1-Géométrie spatiale الفضائية des molécules :

Dans la molécule, Les doublets liants et non liants (qui sont chargés négativement) se repoussent تدافع (c'est-à-dire ils exercent les uns sur les autres des forces de répulsion تنافر). Donc la disposition spatiale d'une molécule est liée à cette répulsion



La molécule	Géométrie	Forme	Modèle moléculaire
$CH_4$		tétraédrique	
$NH_3$		Pyramide	
$H_2O$		Plane coudée V	
$CO_2$	$O = C = O$	Linéaire	

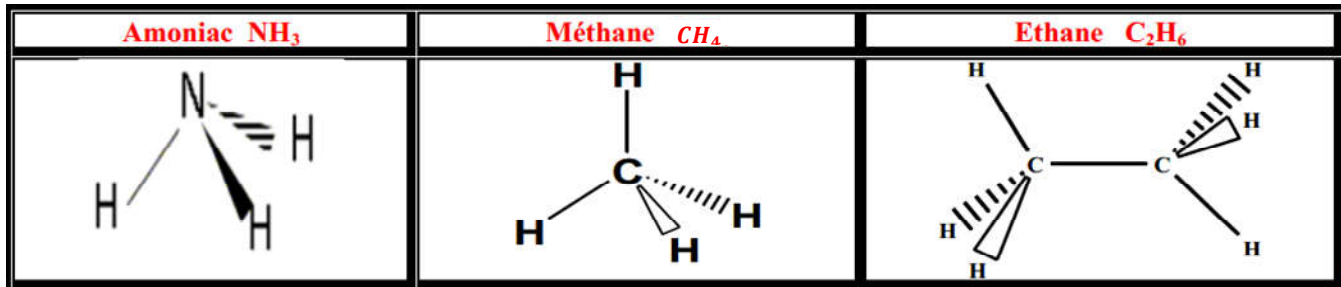
## 4.2. Représentation de Cram :

Modèle de Cram نموذج كرام permet de représenter les molécules et leurs liaisons sur une feuille à deux dimensions (elle fait apparaître يظهر les liaisons en perspective)

	Liaison située <b>dans le plan</b> de la feuille
	Liaison située <b>en avant du plan</b> de la feuille
	Liaison située <b>en arrière du plan</b> de la feuille

### □ Exemple :

Molécule de méthane, Amoniac, Ethane :



# Chapitre 6 : Classification périodique des éléments chimiques

## Situation problème

Dès le début du 19<sup>ème</sup> siècle, les éléments chimiques deviennent de plus en plus nombreux, ce qui a poussé les scientifiques à essayer de les classer, et de les regrouper.

- ☞ Comment les éléments chimiques sont-ils regroupés ?
- ☞ Quelle est l'utilité de la classification périodique des éléments chimiques ?

## I- Classification périodique des éléments chimiques

### 1) Classification périodique selon MENDELEÏEV:

#### 1-1) Activité Documentaire:

##### La découverte des éléments chimiques:

Depuis l'antiquité, on connaît quelques corps simples comme le cuivre (Cu), l'or (Au), le fer (Fe), l'argent (Ag) et le soufre (S).

Et avec la croissance du nombre d'éléments chimiques découverts et artificiels au cours des 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècles, leur ordre et leur organisation selon des critères spécifiques sont devenus une nécessité urgente.

La naissance officielle de tableau périodique des éléments chimiques était en 1869 par le scientifique russe Dimitri Mendeleïev.

##### Le premier tableau de Mendeleïev:

Dans l'année 1860, un jeune chimiste russe Dimitri Ivanovitch MENDELEÏEV (1834-1907), dans une lointaine université à Saint Pétersbourg, propose une première classification périodique des éléments chimiques qui contenait 63 éléments qui étaient connus à l'époque, en les rangeant par deux critères principaux ;

- Classer les éléments chimiques par ordre de masses atomiques croissantes
- Les éléments chimiques figurant dans une même colonne présentent des propriétés chimiques semblables (similaires).

Mendeleïev prévoyait l'existence d'éléments chimiques inconnus à l'époque, où il plaçait à ses places un point d'interrogation (?). Ils ont été découverts plus tard et leurs propriétés étaient identiques à celles déjà prévues par Mendeleïev. Comme le Germanium, découvert en 1886.

##### Question :

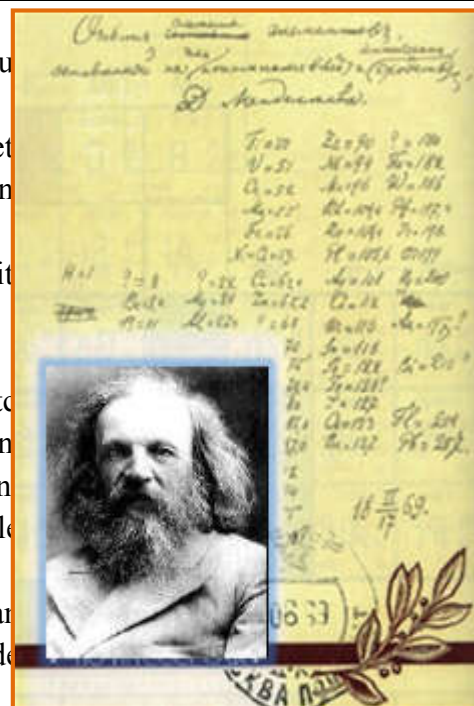
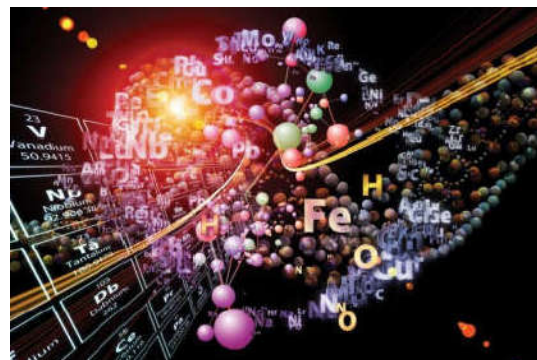
- 1) Combien des éléments chimiques appartenant à la classification de Mendeleïev ? et pourquoi
- 2) Quels critères Mendeleïev a-t-il adoptés dans cette classification ?
- 3) Quel est la signification des points d'interrogation (?) que Mendeleïev a mis dans certaines cases ?

#### 1-2) Interprétation :

- 1) La classification des éléments chimiques de Mendeleïev contient 63 éléments chimiques car ils étaient les seuls connus à l'époque.
- 2) La classification de Mendeleïev était basée sur deux critères principaux :
  - ☞ Les éléments chimiques sont classés par **masses atomiques croissantes**.
  - ☞ Les éléments chimiques **ayant des propriétés similaires (ou voisines)** sont regroupés dans **la même colonne**.
- 3) Les points d'interrogation (?) que Mendeleïev a mis dans certaines cases indiquent que les éléments chimiques qui n'ont pas encore été découverts ont **des propriétés chimiques semblables à celles des éléments chimiques de la même colonne**.

##### Conclusion:

Mendeleïev (1834-1907) eut l'idée de classer les éléments, connus à son époque, (63 éléments) en colonnes et en lignes par ordre de masses molaires atomiques croissantes, de telle manière que les éléments figurant dans une même colonne présentent des propriétés chimiques similaires.



## 2) La classification périodique actuel (moderne).

- ☞ La classification actuelle regroupe près de 118 éléments connus jusqu'au novembre 2014, dont 90 naturels (que l'on peut trouver sous forme d'oxyde dans les minerais...).
- ☞ Le tableau périodique est divisé en **7 lignes**, appelées **périodes**, et **18 colonnes** appelées **Groupe** ou **familles**.
- ☞ Le tableau périodique actuel est basé sur les critères suivants
  - ✓ Les éléments chimiques sont classés par **numéro atomique Z croissant**.
  - ✓ Chaque **période (ligne)** comporte les atomes qui ont **le même nombre de couches électroniques**
  - ✓ Chaque **groupe (colonne)** comporte les atomes qui ont **le même nombre d'électrons sur leur couche externe**.

## Le tableau périodique des éléments chimique

numéro atomique 9 19

masse atomique

symbole atomique

FLUOR

TABLEAU PERIODIQUE DES ELEMENTS

	I	II															XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	
1	H																						He
2	Li	Be															B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII					Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr					
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe					
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn					
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub		Uuq		Uuh		Uuo					
			6	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
			7	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw					

## 3) Présentation du tableau périodique (réduit aux 18 premiers éléments)

En se basant sur la configuration électronique des atomes suivants :  ${}^1_1\text{H}$  ;  ${}^4_2\text{He}$  ;  ${}^3_3\text{Li}$  ;  ${}^4_4\text{Be}$  ;  ${}^{11}_5\text{B}$  ;  ${}^{12}_6\text{C}$  ;  ${}^{14}_7\text{N}$  ;  ${}^{16}_8\text{O}$  ;  ${}^{19}_9\text{F}$  ;  ${}^{20}_{10}\text{Ne}$  ;  ${}^{23}_{11}\text{Na}$  ;  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  ;  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  ;  ${}^{28}_{14}\text{Si}$  ;  ${}^{31}_{15}\text{P}$  ;  ${}^{32}_{16}\text{S}$  ;  ${}^{35}_{17}\text{Cl}$  ;  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ .

Compléter le tableau ci-dessous :

		TABLEAU PÉRIODIQUE DES 18 ÉLÉMENTS												
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII					
		H	Colonnes (Groupes)							He				
		Z = 1	Z = 2	Z = 3	Z = 4	Z = 5	Z = 6	Z = 7	Z = 8	Z = 9	Z = 10			
		$K^1$	$K^2$	$K^2L^1$	$K^2L^2$	$K^2L^3$	$K^2L^4$	$K^2L^5$	$K^2L^6$	$K^2L^7$	$K^2L^8$			
Périodes (lignes)	1													
	2	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne					
	3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar					
		Z = 11	Z = 12	Z = 13	Z = 14	Z = 15	Z = 16	Z = 17	Z = 18					
		$K^2L^8M^1$	$K^2L^8M^2$	$K^2L^8M^3$	$K^2L^8M^4$	$K^2L^8M^5$	$K^2L^8M^6$	$K^2L^8M^7$	$K^2L^8M^8$					

### Exemple :

Où se situe, dans la classification périodique simplifiée, l'élément de numéro atomique  $Z=8$  ?  
Il faut répondre sans regarder la classification.

### Solution:

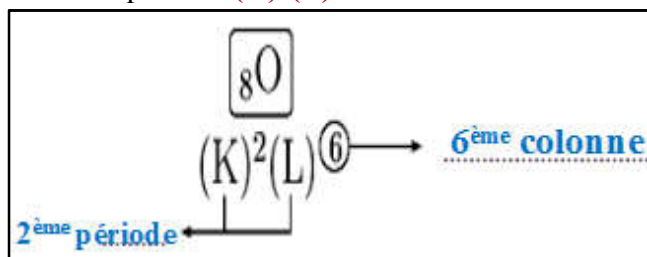
L'atome correspondant à cet élément a 9 électrons. Sa répartition électronique est :  $(K)^2(L)^6$

L'élément considéré est donc :

- Dans la **2<sup>ème</sup> période** puisque on a deux couches (K, L).
- Dans la **6<sup>ème</sup> colonne** puisque la dernière couche (L) contient 6 électrons.

A partir de la classification simplifiée l'élément considéré est :

**L'oxygène (O).**



## II-Les familles chimiques.

- ☞ Une famille chimique est constituée de l'ensemble des éléments chimiques appartenant à une **même colonne** de la classification périodique.
- ☞ Les éléments appartenant à une même famille chimique possèdent des propriétés chimiques similaires.

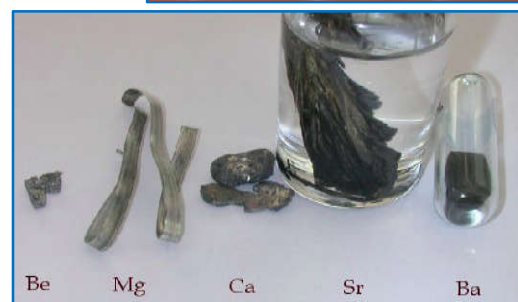
### 1- La famille des métaux alcalins.

- Ce sont les éléments de la première colonne (à l'exception de l'hydrogène).
- Exp:** lithium (Li), Sodium (Na) et Potassium (K).
- Ils ont la même structure électronique externe (1 électron dans la couche externe).
- Ce sont des **métaux mous** (فلزات لينية) qui réagissent très forte avec l'eau et le dioxygène.



### 2- La famille des alcalino-terreux.

- Ce sont les éléments de la deuxième colonne.
- Exp:** béryllium (Be), Magnésium (Mg) et Calcium (Ca).
- Ils possèdent tous 2 électrons sur leur couche externe.
- Ce sont des métaux qui réagissent de manière violente avec l'eau et le dioxygène.
- Comme les métaux du groupe des alcalins, ils sont très électropositifs.
- Ce sont des métaux légers, mous, très réactifs.



### 3- La famille des Halogènes

- Ce sont Les éléments de la 7<sup>ème</sup> colonne.
- Exp:** Fluor (F), Chlore (Cl), Iode (I), Brome (Br).
- Ces éléments possèdent la même structure électronique externe à 7 électrons.
- Ils ne conduisent pas le courant électrique, ils ont un aspect inerte.
- C'est la seule famille du tableau périodique où l'on retrouve des éléments à l'état liquide, gazeux et solide.
- Ces éléments ont une très grande réactivité aux métaux. Parfois, cette réaction peut être très violente, elle peut même aller jusqu'à une explosion, dépendamment des conditions.



### 4- La famille des gaz nobles (rares).

- Ce sont les éléments de la dernière colonne.
- Exp:** Hélium (He), Néon (Ne), Argon (Ar), Kr, Xe.
- Ils possèdent une structure externe à 8 électrons (à l'exception de l'Hélium).
- Ils possèdent une grande stabilité chimique et ils sont inertes d'un point de vue chimique.



➤ Ce sont des gaz monoatomiques par contre tous les autres gaz ont des molécules diatomiques.

### III-Quelles informations nous apportent la classification périodique :

#### 1- Formation d'un ion monoatomique:

Tous les atomes des éléments chimiques d'une **même groupe (famille)** vont former des **ions monoatomiques de même charge** afin d'obéir à la règle de duet et de l'octet.

Exemples :

Famille	Alcalins	Alcalino-terreux	Famille du Bore	Famille de l'azote	Famille de l'Oxygène	Halogène
Ions formés	Li <sup>+</sup> Na <sup>+</sup> K <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup>	B <sup>3+</sup> Al <sup>3+</sup>	N <sup>3-</sup> P <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup> S <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup> Cl <sup>-</sup> Br <sup>-</sup> I <sup>-</sup>

#### 2-Formation de molécules et de liaisons covalents:

Tous les atomes des éléments chimiques d'une **même groupe (famille)** formant **le même nombre de liaisons covalentes** (même molécule) car leurs couches externes contiennent le même nombre d'électrons.

Exemples :

Famille	Famille de C	Famille de N	Famille de O	Halogènes
Nombre de liaisons	4	3	2	1
Exemple de molécules	CH <sub>4</sub> , SiH <sub>4</sub> , SiCl <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub> , PH <sub>3</sub> , PCl <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> S	HF, HCl, HBr, HI

#### Exercice d'application

La couche électronique externe d'un atome est la couche (L). Elle comporte 7 électrons.

- 1) Dans quelle période et quel groupe de la classification périodique appartient l'élément chimique correspondant ?
- 2) Donner son numéro atomique et l'identifier.
- 3) Quel ion monoatomique est susceptible de se former à partir de cet atome ?
- 4) Nommer la famille à laquelle cet élément chimique appartient. Citer deux éléments appartenant à la même famille ?

#### Réponse :

- 1) Cet élément chimique appartient à la période : 3 et au groupe : VII
- 2) Son numéro atomique  $Z=17$  c'est le chlore (Cl)
- 3) l'ion susceptible de se former est : l'ion chlorure (Cl<sup>-</sup>)
- 4) la famille à laquelle cet élément chimique appartient est la famille des halogènes.  
Les deux autres éléments appartenant à la même famille : Fluor (F), Iode (I), Brome (Br).

## Situation problème

**Les images :** Les échantillons représentent une mole de différents produits chimiques gazeux, liquides et solides. Chaque échantillon contient un grand nombre de molécules, comment reconnaît-on ce nombre?

- Qu'est-ce qu'une mole ?
- Quelle est la masse molaire?
- Quel est le volume molaire, comment évolue-t-il en termes de pression et de température, et comment est-il lié à la quantité de gaz?

## THE MOLE: $6.022 \times 10^{23}$



### What is a Mole?

One mole is the amount of a substance that contains  $6.022 \times 10^{23}$  atoms or molecules. It is specifically defined as the number of atoms contained in 12 grams of carbon-12. This is also known as Avogadro's Number ( $N_A$ ). It is named after the Italian scientist Amedeo Avogadro (left), a suggestion put forward by French scientist Jean Perrin to recognize Avogadro's work.



One mole is essentially

602,214,179,000,000,000,000

of something - in chemistry, atoms or molecules



## I. La mole

### 1. Activité

On mesure la masse d'un clou de fer par une balance électronique. On obtient :  $m = 112 \text{ g}$ .

On considère que le clou ne contient que des atomes de fer  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ .

Données :  $m_p \approx m_n \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

1. Déterminer la composition (nombre de protons, de neutrons et d'électrons) d'atome de fer  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ .

26 protons ; 30 neutrons ; 26 électrons.

2. Calculer la masse d'un atome de fer  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ .

$$m(\text{Fe}) = 26 \cdot m_p + 30 \cdot m_n + 26 \cdot m_e = 9,354 \cdot 10^{-26} \text{ Kg}$$

3. Déduire  $N$  le nombre d'atomes de fer  ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  trouvé dans le clou. Que peut-on déduire ?

$$N = \frac{112 \cdot 10^{-3}}{9,354 \cdot 10^{-26}} \approx 12 \cdot 10^{23} ; \text{ une petite masse de fer contient un nombre très grand des atomes.}$$



### Conclusion :

Le nombre d'atomes contenu dans un échantillon est très grand, pour cela les chimistes ont défini une unité qui permet de manipuler des nombres moins grands. Cette unité s'appelle la mole.

### 2. Constante d'Avogadro $N_A$ :

Le nombre d'Avogadro est le nombre d'atomes contenues dans 12 grammes de carbone 12.

Calculons ce nombre :

$$\text{On a } N_A = \frac{m}{m(c)} = \frac{12}{1,992662 \cdot 10^{-23}} \approx 6,02 \cdot 10^{23}$$

Ce nombre  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  est appelé le nombre d'Avogadro.

### 3. Définition de la mole :

**Une mole de particules** (atomes, molécules, ions) est définie comme un ensemble de  $N_A$  particules identiques.

Avec  $N_A$  : le nombre d'Avogadro. Le symbole de la mole est : **mol**.

### 4. Quantité de matière d'un échantillon

La quantité de matière  $n$  d'un échantillon qui contient  $N$  entités chimiques identiques est donnée par la relation suivante :

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$N$  : Le nombre d'entités chimiques

$N_A$  : La constante d'Avogadro  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

$n$  : La quantité de matière en (**mol**)



**Exemple** : Calculer le nombre des moles trouvés dans le clou de fer (Activité précédent).

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{12 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} \approx 2 \text{ mol}$$

## II. La masse molaire

### 1. La masse molaire atomique

La masse molaire atomique d'un élément chimique X est la masse d'une mole d'atomes de cet élément chimique. Elle est notée  $M(X)$ , et son unité est  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exemple :

$$M(\text{H}) = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad ; \quad M(\text{C}) = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad ; \quad M(\text{O}) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

### 2. La masse molaire moléculaire

La masse molaire moléculaire est la masse correspondante à une mole de molécules

 Remarque :

La masse molaire moléculaire est égale à la somme des masses molaires atomiques des atomes constituant la molécule, son unité est toujours  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice d'application 1 : calculer la masse molaire des molécules suivantes

- La molécule d'eau :  $M(\text{H}_2\text{O}) = 2M(\text{H}) + M(\text{O})$
- Le dioxyde de carbone :  $M(\text{CO}_2) = M(\text{C}) + 2M(\text{O})$
- Le butane :  $M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 4M(\text{C}) + 10M(\text{H})$
- Le saccharose :  $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12M(\text{C}) + 22M(\text{H}) + 11M(\text{O})$
- L'ammoniac :  $M(\text{NH}_3) = M(\text{N}) + 3M(\text{H})$

### 3. La relation entre la quantité de matière n d'un échantillon et sa masse m

La quantité de matière  $n(X)$  d'un échantillon de masse  $m(X)$  constitué d'un élément chimique (X) est donnée par la relation :

$$n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}$$

$m(X)$  : La masse de l'échantillon en (g)

$M(X)$  : La masse molaire de l'élément (X) en ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$n(X)$  : La quantité de matière de l'échantillon en (mol)

Exercice d'application 2

On considère un échantillon de chlorure de sodium  $\text{NaCl}$  (le sel) de masse  $m = 10 \text{ g}$

1. Calculer la masse molaire de chlorure de sodium  $\text{NaCl}$ . On donne les masses molaires atomiques :

$$M(\text{Na}) = 23 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ; M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

2. Calculer la quantité de matière  $n$  contenue dans cet échantillon

3. Déduire le nombre  $N$  des molécules  $\text{NaCl}$  présente dans cet échantillon

## III. La quantité de matière d'un gaz

### 1. Volume molaire des gaz

Le volume molaire d'un gaz est le volume occupé par une mole de ce gaz dans des conditions de pression  $P$  et de température  $T$  données, il est noté  $V_m$ , et il s'exprime en  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$

 Remarque :

Le volume molaire  $V_m$  dépend de la pression  $P$  et de la température  $T$

☑ Dans les conditions ordinaires de la température et de la pression ( $P = 1 \text{ atm}$  ;  $T = 20 \text{ °C}$ )

$$V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

☑ Dans les conditions normales de température et de pression ( $P = 1 \text{ atm}$  ;  $\theta = 0 \text{ °C}$ ) : le volume molaire est

$$V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## 2. La relation entre la quantité de matière $n$ d'un gaz et son volume $V$

La quantité de matière d'un gaz ( $X$ ) de volume  $V(X)$  est donnée par la relation :

$$n(X) = \frac{V(X)}{V_m}$$

$V(X)$  : Le volume du gaz en ( $L$ )

$V_m$  : Le volume molaire en ( $L \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$n(X)$  : La quantité de matière du gaz en ( $\text{mol}$ )

## 3. La densité d'un gaz par rapport à l'air

On définit la densité  $d$  d'un gaz comme étant le rapport entre la masse volumique du gaz  $\rho_{\text{gaz}}$  et la masse volumique de l'air  $\rho_{\text{air}}$  ( $\rho_{\text{air}} = 1,293 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ), et on écrit :

$$d = \frac{\rho_{\text{gaz}}}{\rho_{\text{air}}}$$

⚠ Remarque :

- ❖ La densité  $d$  est une grandeur sans unité
- ❖ On peut définir une *formule approchée* pour calculer rapidement la densité  $d$  d'un gaz par rapport à l'air, cette formule est :

$$d \approx \frac{M_{\text{gaz}}}{29}$$

$M_{\text{gaz}}$  : La masse molaire du gaz en ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

### Exercice d'application 3

On considère une bouteille de volume  $V = 500 \text{ mL}$  remplie avec le dioxygène  $O_2$  dans les conditions ordinaires de la température et de la pression

1. Calculer la quantité de matière  $n$  contenue dans cette bouteille. On donne  $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$
2. Déduire le nombre  $N$  des molécules  $O_2$  présente dans cette bouteille
3. Calculer la densité  $d$  du gaz dioxygène  $O_2$

# Chapitre 8 : La concentration molaire des espèces moléculaires dans une solution

## Situation problème

Lors de la préparation du café, nous y dissolvons des morceaux de sucre pour le rendre sucré selon nos besoins

- Quelle est la grandeur qui caractérise la douceur du café préparé, et comment on détermine cette grandeur ?
- Comment procéder expérimentalement pour préparer une solution contenant une quantité de matière donnée d'une espèce chimique ?



---

## I. Solution aqueuse

### 1. Définition d'une solution

Une solution est un mélange homogène obtenue par *dissolution* d'une espèce chimique appelée **soluté** dans un liquide appelé **solvant**



Remarque :

Le soluté peut être un solide, un liquide, ou un gaz

### 2. La solution aqueuse

Si le solvant est *l'eau*, la solution est appelée *solution aqueuse*



## II. La concentration molaire

La *concentration molaire*  $C$  d'une solution est *la quantité de matière du soluté*  $X$  présente dans *un litre* de cette solution, elle est définie par la relation suivante :

$$C = \frac{n(X)}{V}$$

$n(X)$  : La quantité de matière du soluté en (mol)

$V$  : Le volume de la solution en (L)

$C$  : La concentration molaire de la solution en (mol.L<sup>-1</sup>)

### Exercice d'application 1

On considère un échantillon de chlorure de sodium  $NaCl$  (le sel) de masse  $m = 10g$

1. Calculer la masse molaire de chlorure de sodium  $NaCl$ . On donne les masses molaires atomiques :  
 $M(Na) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(Cl) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$
2. Calculer la quantité de matière  $n$  contenue dans cet échantillon
3. On dissout cet échantillon dans un volume  $V = 100mL$  de l'eau
  - a. Déterminer le soluté et le solvant
  - b. Calculer la concentration molaire  $C$  de la solution obtenue

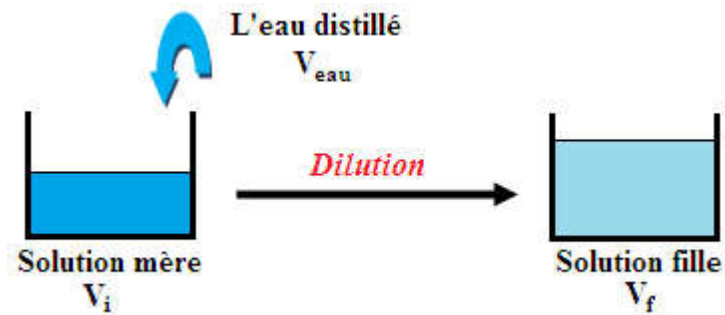
## III. Dilution d'une solution aqueuse

### 1. Définition de la dilution

*Diluer une solution aqueuse*, c'est l'ajoute de l'eau distillée afin de diminuer sa concentration molaire  $C$

- La **solution de départ** est appelée solution **mère** de concentration molaire initiale  $C_i$  et de volume initiale  $V_i$
- La **solution diluée** est appelée solution **filie** de concentration molaire finale  $C_f$  et de volume final  $V_f$

avec  $V_f = V_i + V_{eau}$ .  $V_{eau}$  est le volume de l'eau ajoutée



## 2. Relation de dilution – Facteur de dilution

✚ Lors d'une dilution, il y a **conservation de la quantité de matière dissoute**

$$n_i(X) = n_f(X)$$

$$C_i = \frac{n_i(X)}{V_i} \Leftrightarrow n_i(X) = C_i \cdot V_i \quad \text{et} \quad C_f = \frac{n_f(X)}{V_f} \Leftrightarrow n_f(X) = C_f \cdot V_f$$

alors, on déduit que :

$$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$$

Cette relation est appelée *relation de la dilution*

✚ On définit *le facteur de la dilution F* par la relation :

$$F = \frac{C_i}{C_f} = \frac{V_f}{V_i}$$

Par exemple : si  $F = 10$  on dit que la solution est *dix fois diluée*

## 3. Protocole de la préparation d'une solution aqueuse par dilution

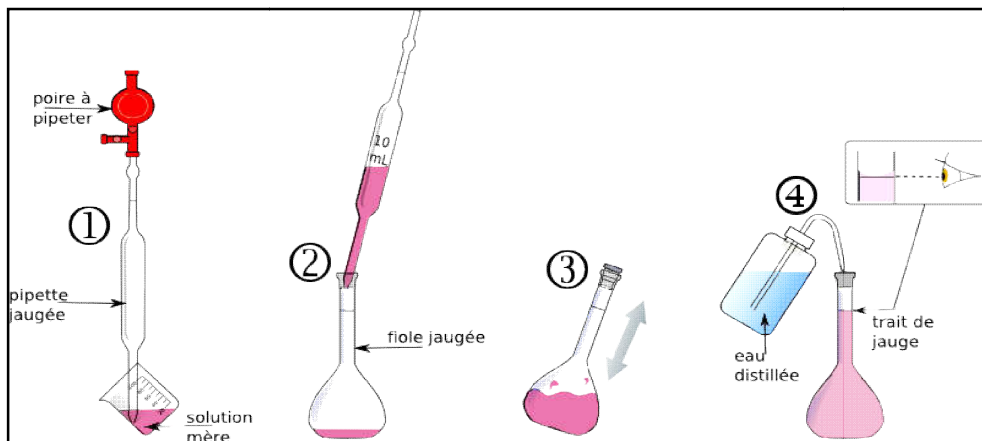
Pour préparer une **solution fille** de concentration bien déterminée à partir d'une **solution mère** de concentration initiale connue, on suit les étapes suivantes :

**Etape 1** : On verse un peu de la **solution mère** dans *un bécher* et à l'aide d'une *pipette jaugée* de **10,0 mL** on prélève le volume  $V_i$  de cette solution

**Etape 2** : On met le volume prélevé dans une *fiolle jaugée* de **100,0 mL**

**Etape 3** : on ajoute un peu de l'eau distillée dans la fiolle jaugée et on fait l'agiter

**Etape 4** : On complète avec l'eau jusqu'au *trait de jauge*, et agiter en retournant complètement la fiolle jaugée pour homogénéiser la solution



## Exercice d'application 2

On prélève un volume  $V_i = 20,0\text{mL}$  d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre II de concentration  $C_i = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Ce volume est introduit dans une fiole jaugée de  $500\text{mL}$ , on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on homogénéise

1. Calculer la concentration  $C_f$  de la solution fille obtenue
2. Calculer le facteur de dilution  $F$

## **Bilan :**

### **1. Solutions aqueuse**

Une solution est un mélange homogène obtenue par dissolution d'une espèce chimique dans un solvant. Une fois dissoute, l'espèce chimique s'appelle soluté.

- ❖ Le solvant est toute substance liquide qui a le pouvoir de dissoudre d'autres substances.
- ❖ Le soluté est une espèce chimique dissoute dans un solvant.
- ❖ Avant dissolution, l'espèce chimique peut être un solide, un liquide ou un gaz. Elle peut être constituée d'ions ou de molécules.
- ❖ Après dissolution, une solution peut donc contenir des ions (l'eau salée par exemple) ou des molécules (l'eau sucrée par exemple) dispersés parmi les molécules d'eau.
- ❖ Lorsque le solvant est l'eau, la solution est dite aqueuse (l'eau salée est, par exemple, une solution aqueuse de chlorure de sodium).

### **2. Concentration d'une espèce dissoute**

La concentration molaire d'une espèce A dissoute dans un volume V de solution est notée : C  
Elle est égale au quotient de la quantité de matière de A dissous par le volume V de solution

Si une solution contient une espèce chimique de la concentration C, un volume V de cette solution contient une quantité de matière n égale à :

$$n = C \times V$$

Avec n en mol, V en L et C en  $\text{mol.L}^{-1}$

#### **Remarque :**

On peut déterminer la concentration d'une espèce chimique x dissoute dans un volume V à partir de sa masse m(x) :

$$n(x) = \frac{m(x)}{M(x)} \quad \text{et} \quad c = \frac{n(x)}{V}$$

$$C = \frac{m(x)}{M(x) \cdot V}$$

### **3. dilution d'une solution existante**

#### **3.1. Principe d'une dilution**

Diluer une solution aqueuse consiste, en lui ajoutant de l'eau distillée, à obtenir une solution moins concentrée.

La solution que l'on dilue est appelée la solution initiale ou solution mère ; la solution obtenue est appelée solution finale ou solution fille.

### 3.2. Conservation de la quantité de matière

Lors d'une dilution, le volume augmente, mais la quantité de matière de soluté n est toujours la même (on n'a pas ajouté de soluté, juste du solvant).

Dans une opération de dilution, la quantité de matière ne change pas. Si l'on appelle  $C_i$  et  $V_i$  la concentration molaire et le volume de la solution mère et  $C_f$  et  $V_f$  la concentration molaire et le volume de la solution fille, on peut écrire la relation :  $n_i = n_f$

Donc :  $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$  S'appelle relation de dilution.

### 3.3. Obtention d'une solution de concentration donnée

Pour obtenir une solution de concentration donnée par dilution, il faut que la concentration molaire  $C_i$  de la solution mère soit supérieure à la concentration désirée  $C_f$ .

On prélève un volume  $V_i$  de la solution mère et on ajoute un volume  $V$  de solvant (eau) de façon à obtenir un volume  $V_f$  de solution tel que  $V_f = V_i + V$

$V_i$  et  $V_f$  doivent être tels que  $C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$

Donc :  $V_i = \frac{C_f \cdot V_f}{C_i}$

## Exercice d'application

### Exercice 1 :

On dissout 17,1 g de glucose dans de l'eau de façon à obtenir 50,0 mL de solution d'eau sucrée.

Quelle est la concentration (molaire) du glucose ( $C_6H_{12}O_6$ ) dans cette solution?

- 1) On désire fabriquer 100 mL de solution d'eau salée à  $0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ .
- 2) Quelle masse de cristaux de sel (chlorure de sodium NaCl) doit-on dissoudre ?
- 3) Donner les compositions microscopiques dans chaque solution.

### Exercice 2 :

On dissout 1,08 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 100 mL d'eau distillée, on obtient une solution  $S_1$ .

- 1) Dire quelles substances représentent le soluté et le solvant.
- 2) Calculer la concentration massique en chlorure de sodium de la solution ( $S_1$ ).
- 3) Déduire la concentration molaire de la même solution.

On ajoute à la solution ( $S_1$ ) un volume  $V$  d'eau distillée, on obtient une solution ( $S_2$ ) de concentration molaire  $C_2 = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 4) Calculer le volume d'eau ajoutée  $V_e$ .
- 5) Déterminer le facteur de dilution

### Exercice 3:

Dans une solution, la concentration du diiode  $I_2$  est égale à  $0,050 \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 1) Exprimer cette donnée sous forme d'une égalité et expliquer sa signification
- 2) Calculer la quantité de diiode (en moles) dans un prélèvement de 150 mL de cette solution.

#### Exercice 4:

Un lycée achète pour ses travaux pratiques un colorant bleu, le bleu patenté E131.

La concentration  $C_0 = 6,0 \text{ mol.L}^{-1}$  de la solution achetée est bien trop forte pour les expériences à réaliser. On réalise alors au laboratoire une dilution pour obtenir un volume  $V = 100 \text{ mL}$  d'une solution de bleu patenté de concentration  $C = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

- 1) Quel volume de solution mère faut-il prélever pour préparer la solution nécessaire aux TP ?
- 2) Détailler le protocole expérimental à suivre en précisant le matériel utilisé.
- 3) Définir le facteur de dilution et le calculer.
- 4) On prélève  $v' = 50 \text{ mL}$  de la solution préparée. Calculer la quantité de matière de colorant prélevé

# Chapitre 9 : Modélisation de la transformation chimique

## Situation problème

Lorsqu'on place un comprimé d'aspirine dans un verre d'eau, on remarque l'apparition de bulles de gaz à l'intérieur de l'eau. On dit qu'une transformation chimique s'est produite entre l'aspirine et l'eau.

- ➔ Qu'est ce qu'une transformation chimique ?
- ➔ Comment est-elle modélisée ?
- ➔ Comment son évolution est-elle étudiée ?



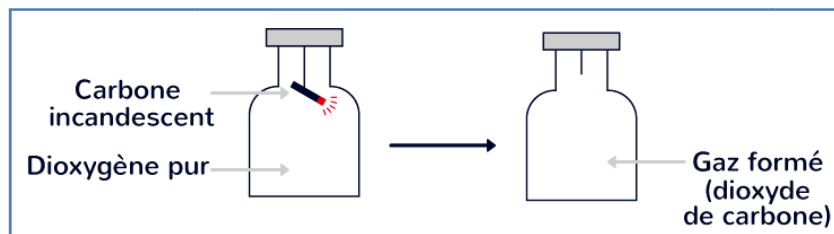
## IV. Transformation chimique d'un système

### 3. Définitions

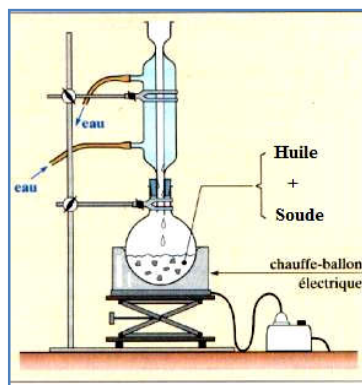
- 1 La transformation chimique est une **transformation de la matière** au cours de laquelle des espèces chimiques **disparaissent** et des nouvelles espèces chimiques **apparaissent**.
  - Les espèces chimiques qui **disparaissent** (complètement ou partiellement) au cours de la transformation chimique sont appelées : **réactifs**
  - Les espèces chimiques qui **apparaissent** au cours de la transformation chimique sont appelées : **produits**
- 2 On appelle **système chimique** l'ensemble de **réactifs**, **produits**, et des autres **espèces chimiques** qui **ne participent pas** à la transformation chimique.

Exemples de transformations chimiques :

#### ▪ Combustion de carbone



#### ▪ Synthèse de savon



#### ▪ Précipitation de l'hydroxyde de cuivre (II)



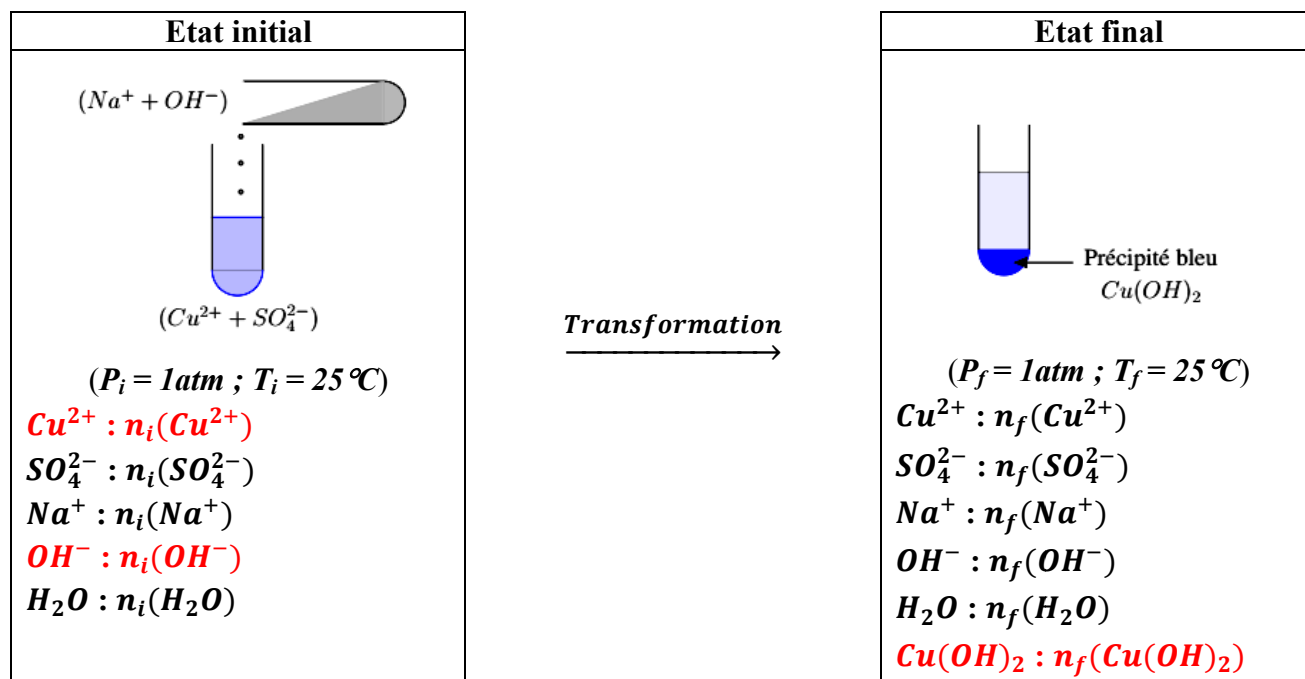
**Sulfate de cuivre (II) + Hydroxyde de sodium**  $\xrightarrow{\text{Transformation chimique}}$  **Hydroxyde de cuivre (II)**

#### 4. Etat initial et état final d'un système

Toute transformation chimique évolue d'un **état initial** à un **état final** tout en se déroulant sous une pression et une température donnée.

- ☑ On appelle **état initial** l'état sous lequel se trouve le système chimique **au début** de la transformation chimique.
- ☑ On appelle **état final** l'état sous lequel se trouve le système chimique **à la fin** de la transformation chimique.

Exemple :



## V. Réaction chimique

### 1) Définition

La **réaction chimique** est une transformation chimique dans laquelle nous nous limitons **uniquement** à suivre l'évolution des **réactifs** et des **produits**. Donc, la réaction chimique est une modélisation simple de la transformation chimique.

Exemple :

Les ions **cuivre (II)  $Cu^{2+}$**  réagissent avec les ions **hydroxyde  $OH^-$**  pour donner **l'hydroxyde de cuivre (II)  $Cu(OH)_2$**

### 2) Equation de la réaction chimique

On représente la réaction chimique par une équation appelée **équation chimique** dans laquelle les réactifs et les produits sont représentés par leurs formules :

- Les réactifs sont placés à *gauches* d'une flèche qui désigne le sens de la réaction.
- Les produits sont placés à sa droite.

Exemple : Combustion de carbone



### 3) Equilibrer une équation chimique – les coefficients stœchiométriques

Au cours d'une réaction chimique, il y'a :

- **Conservation des éléments chimiques** : Les éléments chimiques présents dans les réactifs sont identiques en genre et en nombre aux éléments chimiques présents dans les produits.
- **Conservation de la charge électrique** : La somme des charges électriques présentes dans les réactifs est égale à la somme charges électriques présentes dans les produits.

Exemple :

	Réactifs		Produits
Equation chimique	$1 \text{ Cu}^{2+} + 2 \text{ OH}^-$	→	$1 \text{ Cu(OH)}_2$
Conservation des éléments chimiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuivre : <math>1 \times 1 = 1</math></li> <li>▪ Oxygène : <math>1 \times 2 = 2</math></li> <li>▪ Hydrogène : <math>1 \times 2 = 2</math></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuivre : <math>1 \times 1 = 1</math></li> <li>▪ Oxygène : <math>1 \times 2 = 2</math></li> <li>▪ Hydrogène : <math>1 \times 2 = 2</math></li> </ul>
Conservation de la charge électrique	$1 \times (+2. e) + 2 \times (-1. e) = 0$		$1 \times (0. e) = 0$

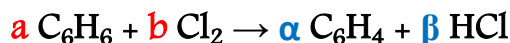
Remarque :

Les nombres (en rouge) utilisés pour équilibrer l'équation chimiques sont appelés : **coefficients stœchiométriques**

#### Méthode générale pour équilibrer une équation chimique :

Soit l'équation chimique suivante :  $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4 + \text{HCl}$

Afin que cette équation soit équilibrée, on utilise des coefficients stœchiométriques tels que, par exemple, **a** et **b** pour les réactifs et **α** et **β** pour les produits. L'équation devient alors :



- ✓ Pour que l'élément carbone « C » soit équilibré de part et d'autre de l'équation il faut que :

$$6 a = 6 \alpha$$

- ✓ Ainsi, pour l'élément Hydrogène « H » :  $6 a = 4 \alpha + \beta$

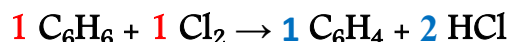
- ✓ Pour l'élément Chlore « Cl » :

$$2 b = \beta$$

Après on donne à l'un des coefficients stœchiométriques une valeur quelconque :

Par exemple on donne **a = 1**. Comme ca, On aura **α = 1** ; **β = 2** ; et finalement **b = 1**.

Notre équation devient alors :

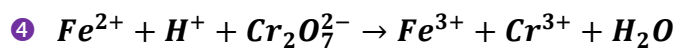


**N.B** : Dans le cas des équations chimiques dont les réactifs et/ou les produits sont des ions, il faut équilibrer la charge électrique de l'équation afin que la charge totale des réactifs soit égale à la charge totale des produits.

#### Exercice d'application 1

Equilibrer les équations chimiques suivantes :

- 1  $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2  $\text{Mg} + \text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
- 3  $\text{Zn} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2$



## Chapitre 10 : bilan de la matière

Activité 1 : Transformation et réaction chimique – Bilan de la matière

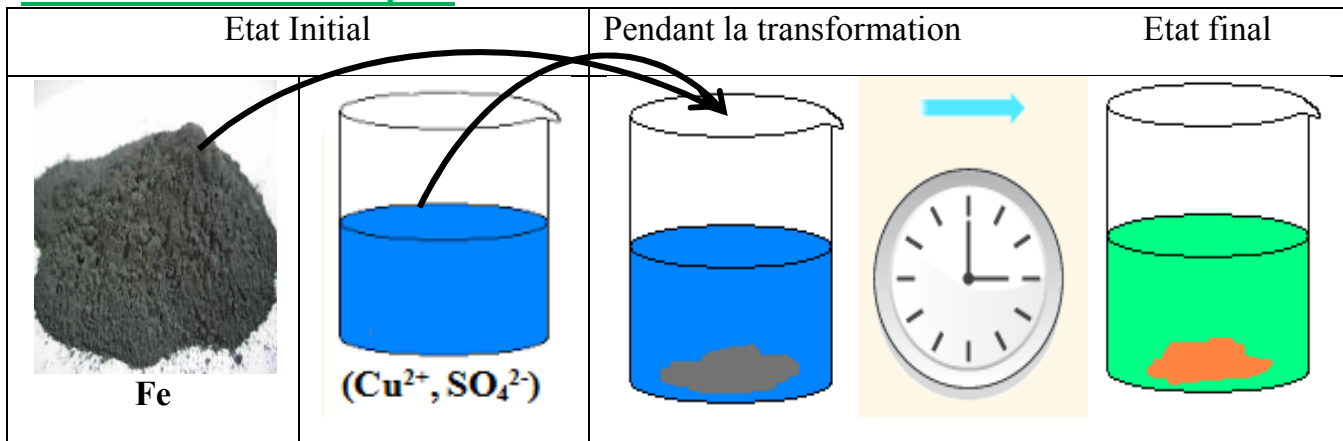
On met dans un verre :

-Le volume  $V=50\text{ml}$  de sulfate de cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) de concentration  $c=1\text{mol/l}$

- Une quantité  $m=3\text{g}$  de fer (poudre)

-On donne :  $M(\text{CuSO}_4)=160\text{g/mol}$  ;  $M(\text{Fe})=55,8\text{g/mol}$

**Transformation chimique :**



**Réaction chimique :**

1. Quelles sont les espèces chimiques présentes dans l'état initial ? préciser l'état physique de chaque élément?

.....  
 .....  
 .....

- Qu'appelle t on ces espèces chimiques ?.....

2. Quelle sont les espèces formées pendant la transformation chimique ? Préciser l'état physique de chaque élément ?

.....  
 .....

- Qu'appelle t on ces espèces chimiques ?.....

3. Quelle sont les espèces chimiques qui ne participent pas à la transformation chimique ? Préciser l'état physique de chaque élément ?

.....  
 .....

-Qu'appelle t on ces espèces ?.....

4. Calculer les quantités de matières des réactifs ?

.....  
 .....

**Equation de la transformation :**

5. Ecrire l'équation chimique de la transformation chimique ?

.....  
 .....

**Conclure ?**

.....  
 .....

**Tableau d'avancement d'une réaction chimique :**

1) Compléter le tableau ?

Equation de la réaction :		.....			
Etat	Avancement	<i>Quantités de matières (mol)</i>			
<b>Etat initial</b>	<b>0</b>	.....	.....	.....	.....



## 2. La transformation chimique

Le passage d'un système chimique d'un **état initial** à un **état final** est appelé transformation chimique.

## 3. La réaction chimique

Une réaction chimique est une transformation chimique modélisée par une équation chimique dont nous écrivons l'écriture symbolique.

## 4. Exemple

- On fait réagir une masse  $m_1 = 0,6$  g de carbone(C) et une masse  $m_2 = 1,6$  g d'oxyde de cuivre.(CuO).

- On pourra décrire l'**état initial** à partir des quantités de matières suivantes :

$$n_1(C) = \frac{m_1}{M(C)} = \frac{0,6}{12} = 0,05 \text{ mol}$$

$$n_2(CuO) = \frac{m_2}{M(CuO)} = \frac{1,6}{79,5} = 0,020 \text{ mol}$$

-Pour modéliser la transformation chimique entre l'oxyde de cuivre (CuO) et le carbone (C) , on écrit l'équation de la réaction chimique :  $2 \text{CuO}(s) + \text{C}(s) \rightarrow \text{CO}_2(g) + 2 \text{Cu}(s)$

## II. Tableau d'avancement d'une transformation chimique et bilan de la matière

-Faire un bilan de matière consiste à décrire l'état du système chimique au cours de la transformation chimique, en donnant les quantités de matière de chacune des espèces chimiques concernées.

-Pour cela nous allons construire un tableau d'avancement et introduire une grandeur décrivant l'évolution du système chimique.

-Pour décrire l'évolution d'un système chimique au cours d'une transformation chimique nous allons construire un tableau d'avancement et introduire une grandeur X décrivant l'évolution du système chimique.

### a) Avancement d'une réaction

-L'avancement d'une réaction chimique est une variable notée **x**, qui permet de déterminer les quantités de matière des réactifs transformés et des produits formés à un instant donné.

-L'avancement **X** est une quantité de matière qui s'exprime donc en **mol**.

-A l'état initial, l'avancement **x** est nul ( $x=0$ mol)

-Au cours de la transformation  $0 < x < x_{\max}$ .

-A l'état final l'avancement est maximal noté  $x_{\max}$  ( $x=x_{\max}$ )

### b) Tableau d'avancement

Soit la réaction chimique suivante :  $a \text{ A} + b \text{ B} \rightarrow c \text{ C} + d \text{ D}$

Tel que :

- A et B sont les réactifs.

-C et D les sont les produits de la transformation chimique.

-a, b, c et d représentent les coefficients stœchiométriques.

**Le tableau descriptif de l'évolution de la transformation :**

Equation de réaction		$a \text{ A} + b \text{ B} \rightarrow c \text{ C} + d \text{ D}$			
	Avancement	quantité de matière en mol			
Etat initial	0	$n_i(\text{A})$	$n_i(\text{B})$	0	0

<b>En cours de transformation</b>	$x$	$n_i(A) - a x$	$n_i(B) - b x$	$0 + c x$	$0 + d x$
<b>Etat final</b>	$x_m$	$n_i(A) - a \cdot x_m$	$n_i(B) - b \cdot x_m$	$c \cdot x_m$	$d \cdot x_m$

### Exemple

-Pour continuer l'exemple précédent de la réaction entre l'oxyde de cuivre(CuO) et le carbone(C)

-Voici le tableau d'avancement :

<b>Equation de la réaction</b>		<b>2 CuO + C → CO<sub>2</sub> + 2 Cu</b>			
<b>Etat de la réaction</b>	<b>Avancement</b>	<b>quantité de matière en mol</b>			
<b>Etat initial</b>	<b>0</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>En cours de transformation</b>	$x$	$0,02 - 2 \cdot x$	$0,05 - x$	$x$	$2 \cdot x$
<b>Etat final</b>	$x_m$	$0,02 - 2 \cdot x_m$	$0,05 - x_m$	$x_m$	$2 \cdot x_m$

### c) Avancement maximal

-L'état final d'un système chimique en évolution est atteint lorsque les quantités de matières des réactifs n'évoluent plus et l'avancement vaut alors  $x_{max}$ .

**-L'avancement maximal  $x_m$  est la plus petite valeur de l'avancement pour laquelle la quantité de matière d'un des réactifs est nulle.**

-Le réactif qui a été entièrement consommé lors de la transformation chimique est appelé **réactif limitant**.

### Exemple

Pour notre exemple, nous avons **deux hypothèses** à faire :

- **Soit l'Oxyde de cuivre (CuO) est le réactif limitant.**

Dans ce cas, à l'état final, nous avons :

$$0,02 - 2 \cdot x_{max} = 0$$

$$\text{donc } x_{max} = 0,01 \text{ mol}$$

- **Soit le carbone (C) est le réactif limitant.**

Dans ce cas, nous avons :

$$0,05 - x_{max} = 0$$

$$\text{donc } x_{max} = 0,05 \text{ mol}$$

-Puisque ( $0,01 \text{ mol} < 0,05 \text{ mol}$ ) donc :

- L'avancement est  $x_{max} = 0,01 \text{ mol}$

-Et le **réactif limitant** est l'oxyde de cuivre(**CuO**)

### Remarques :

- Si nous avions pris la plus grande valeur, cela nous aurait amené à une quantité négative d'oxyde de cuivre à l'état final. Ce qui n'a pas de sens.

- Le réactif qui n'est pas limitant est dit **en excès**.
- Il peut arriver que les deux réactifs soient limitants. On est alors dans les proportions stœchiométriques et il ne reste aucun réactif à l'état final.

### III. Bilan de la matière

Le bilan de matière c'est le calcul des quantités de matière dans l'état final.

Dans notre exemple précédent :

Etat final	$x_m=0,01\text{ mol}$	$0,02-2.x_m$	$0,05 - x_m$	$x_m$	$2.x_m$
------------	-----------------------	--------------	--------------	-------	---------

$$n_f(\text{CuO}) = 0,02 - 2.x_m = 0,02 - 2.0,01 = 0\text{ mol} \quad (\text{Réactif limitant})$$

$$n_f(\text{C}) = 0,05 - x_m = 0,05 - 0,01 = 0,04\text{ mol} \quad (\text{Réactif en excès})$$

$$n_f(\text{CO}_2) = x_m = 0,01\text{ mol}$$

$$n_f(\text{Cu}) = 2.x_m = 2.0,01 = 0,02\text{ mol}$$

#### Exercice d'application :

On réalise la combustion du méthane  $\text{CH}_4$  avec le dioxygène  $\text{O}_2$  en introduisant **1 mol** de méthane et **4 moles** de  $\text{O}_2$ .

Sachant que les produits de la réaction sont le **dioxyde de carbone** et l'**eau**.

- Ecrire l'équation de la transformation chimique en déterminant les coefficients stœchiométriques ?
- Compléter le tableau d'avancement de la réaction ?

Equation de la réaction :					
Etat	Avancement	Quantités de matières (mol)			
Etat initial	0				
Pendant la réaction	X				
Etat final	$X_{\text{max}}$				

- Déterminer l'avancement maximal  $X_m$  de la réaction et en déduire le réactif limitant ?
- Donner le bilan de la réaction ?
- Calculer  $V(\text{CO}_2)$  le volume du dioxyde de Carbone ?
- Calculer  $m(\text{CO}_2)$  la masse du dioxyde de Carbone ?

On donne :

$$M(\text{C}) = 12\text{ g/mol}$$

$$M(\text{H}) = 1\text{ g/mol}$$

$$M(\text{O}) = 16\text{ g/mol}$$

$$V_m = 24\text{ L/mol}$$