



FOMESOUTRA

ÇA SOUTRA !!!

COURS DE
PC
SECONDE C

2nde C

*1^{ière}
édition*

BY TEHUA

2025

PROGRESSION DE PHYSIQUE-CHIMIE SECONDE C (2^{nde} C) 2024-2025


Mois	Semaine	Thème	Physique		Thème	Chimie	
SEPT	1	MÉCANIQUE	Le mouvement	6h	LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS	L'élément chimique	2h
	2						
	3						
OCT	4		Actions mécaniques ou forces	11h		Structure de l'atome	3,5h
	5						
	6						
	7						
NOV	8		Congés de Toussaint			Congés de la Toussaint	
	9		Évaluation/Remédiation	3h		Évaluation/Remédiation	2h
	10		Équilibre d'un solide soumis à deux (02) forces, puis à trois (03) forces	6h		Classification périodique des éléments chimiques	1h
DEC	11	Équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe	5h	Ions et molécules	5h		
	12						
	13						
JAN	14	Congés de Noël		Congés de Noël			
	15	Principe de l'inertie (suite et fin)	1h	Mole et grandeurs molaires	2h		
	16	Quantité de mouvement	4h	Equation – bilan d'une réaction chimique	4h		
	17	Évaluation/Remédiation	3h	Le chlorure de sodium solide	1h		
FEV	18	ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE	Le courant électrique	1h	Congés de Février		
	19		Intensité d'un courant continu	3h	Évaluation/Remédiation	2h	
	20		Congés de Février		Solutions aqueuses ioniques		4,5h
MARS	21		Tension électrique	6,5h	Tests d'identification de quelques ions	2h	
	22		Étude expérimentale de quelques dipôles passifs	10h	Solutions acides et basiques. Mesures de pH	6h	
	23						
24							
AVRIL	25		Étude expérimentale d'un dipôle actif. Point de fonctionnement	5h	Congés de Pâques		
	26		Le transistor : un amplificateur de courant. La chaîne électronique	3h	Réaction acido-basique. Dosage	4h	
	27		Congés de Pâques		Évaluation/Remédiation		2h
MAI	28	Le transistor : un amplificateur de courant. La chaîne électronique (Suite et fin)	1,5h	Remédiation		2h	
	29	Évaluation/Remédiation	3h	Remédiation		2h	
	30	Remédiation	3h	Révision		2h	
		Révision	3h	Révision		2h	

Le Coordonnateur National Disciplinaire



AMANI KOUAKOU

Physique

 Fomesoutra.com
ça soutra !

Leçon 01 : LE MOUVEMENT

Situation d'apprentissage

De retour des grandes vacances, Mory, élève en classe de seconde C voyage à bord d'un mini car avec son grand frère. Les deux sont assis juste à côté du conducteur. Mory constate que l'aiguille d'un des compteurs du tableau de bord du véhicule se déplace quand le véhicule est en mouvement et s'arrête quand il stationne. Curieux, il interroge son grand frère. Celui-ci lui explique que cette aiguille indique la vitesse instantanée du véhicule.

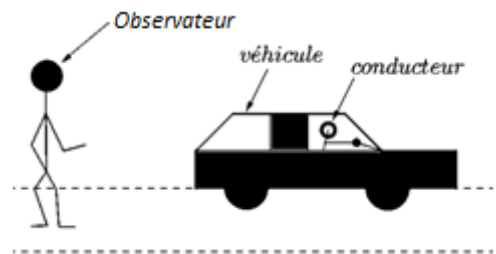
Arrivé à l'école, Mory décide avec ses camarades, sous la conduite de leur professeur, de définir la vitesse moyenne et la vitesse instantanée en vue de déterminer la nature d'un mouvement.

1. CARACTERE RELATIF DU MOUVEMENT

On considère la figure suivante (l'observateur est immobile) :

- Par rapport au véhicule, le conducteur est au repos.
- Par rapport à l'observateur, le conducteur est en mouvement.

Le mouvement est donc relatif à l'objet de référence choisi.



2. REFERENTIEL

Le référentiel est un solide indéformable par rapport auquel l'on décrit le mouvement d'un mobile.

Exemples de référentiels :

- Le *référentiel de Copernic* (ou référentiel héliocentrique) : utilisé pour l'étude des mouvements des astres du système solaire.
- Le *référentiel géocentrique* : utilisé pour l'étude des mouvements des satellites de la terre.
- Le *référentiel terrestre* : utilisé pour l'étude des mouvements des objets sur la terre.

3. REPERAGE D'UN POINT MOBILE

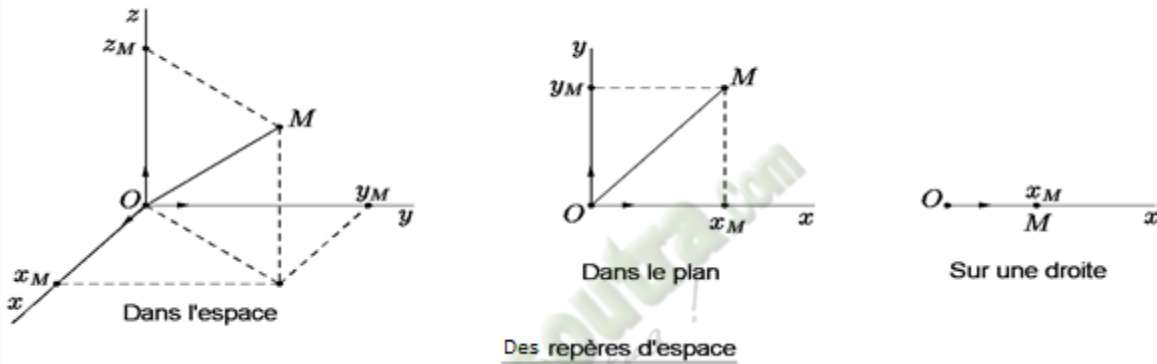
3.1. Point mobile

Tout objet en mouvement est dit objet mobile et peut, en fonction de ses dimensions, être assimilé à un point appelé point mobile.

3.2 Repères

3.2.1 Repère d'espace

C'est un repère lié au référentiel et qui permet de définir la position du mobile par ses coordonnées. Il est en général orthonormé.



3.2.2 Repère de temps

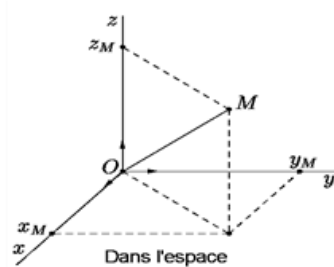
Ce repère permet d'associer à chaque position une date. Il est défini par :

- un instant initial, choisi arbitrairement, comme origine des dates ($t = 0$),
- une unité de date. L'unité légale est la seconde (s).

3.3 Vecteur-position d'un point mobile

Soit M la position d'un point mobile à une date t.

Le vecteur \overrightarrow{OM} est appelé vecteur-position du point mobile à la date t.



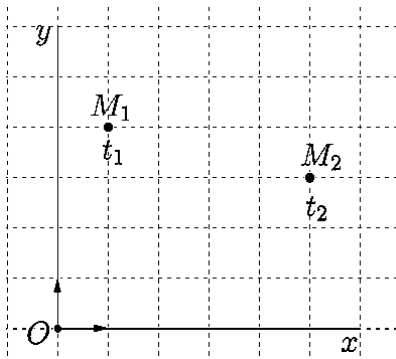
On a : $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

Soit \overrightarrow{OM}_1 et \overrightarrow{OM}_2 les vecteur-

positions d'un point mobile respectivement aux dates t_1 et t_2 . On appelle vecteur déplacement du mobile le vecteur : $\overrightarrow{M_1M_2} = \overrightarrow{OM}_2 - \overrightarrow{OM}_1$

positions d'un point mobile respectivement

Activité d'application 1



- 1- Donne les coordonnées du point mobile aux différentes dates.
- 2- Exprime, à chaque instant son vecteur-position.

Solution

1- Coordonnées du point mobile aux différentes dates.

- A la date t_1 : $x = 1$ et $y = 4$.
- A la date t_2 : $x = 5$ et $y = 3$.

2- Vecteur-position du point mobile à chaque instant.

- A la date t_1 : $\overrightarrow{OM} = \vec{i} + 4\vec{j}$.
- A la date t_2 : $\overrightarrow{OM} = 5\vec{i} + 3\vec{j}$.

4 TRAJECTOIRE D'UN POINT MOBILE

La trajectoire est l'ensemble des positions successivement prises par le point mobile au cours de son mouvement. Elle dépend du référentiel.

La trajectoire d'un mobile peut être :

- rectiligne (une droite)
- circulaire (un cercle)
- curviligne (une courbe quelconque).

5 VITESSE D'UN POINT MOBILE

5.1. Vitesse moyenne

La vitesse moyenne est le quotient de la distance parcourue par la durée mise pour la parcourir.

$$V_m = \frac{d}{\Delta t} \left| \begin{array}{l} d(m) \\ \Delta t(s) \\ V_m(m \cdot s^{-1}) \end{array} \right.$$

NB : On note : $m \cdot s^{-1}$ ou m/s et $1 m \cdot s^{-1} = 3,6 km \cdot h^{-1}$.

Activité d'application 2

Un automobiliste effectue le trajet Bouaflé-Yamoussoukro, long de $d = 60 \text{ km}$ en $\Delta t = 55 \text{ min}$. Calcule sa vitesse moyenne V_m .

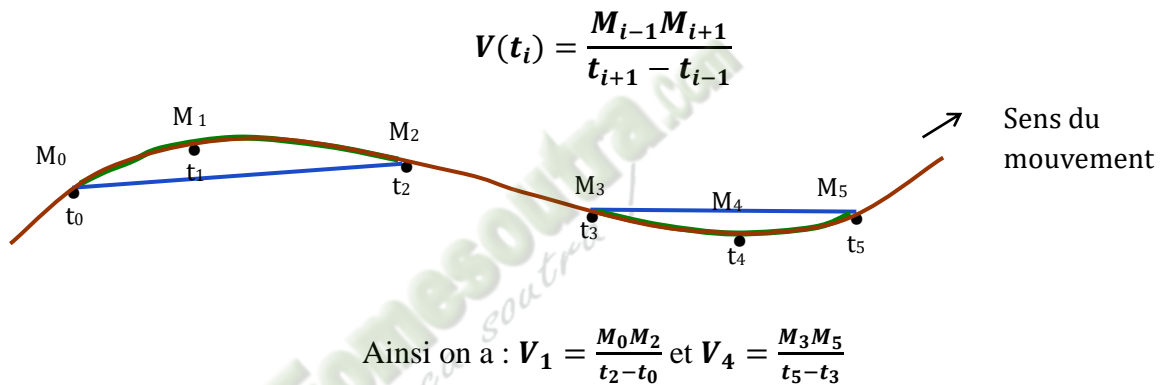
Solution

$$V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{60\,000}{55 \times 60} = 18,18 : m \cdot s^{-1}.$$

5.2. Vitesse instantanée

La vitesse instantanée est la vitesse à un instant précis (t). On la note $\mathbf{V}(t)$. Elle se lit sur les compteurs des véhicules.

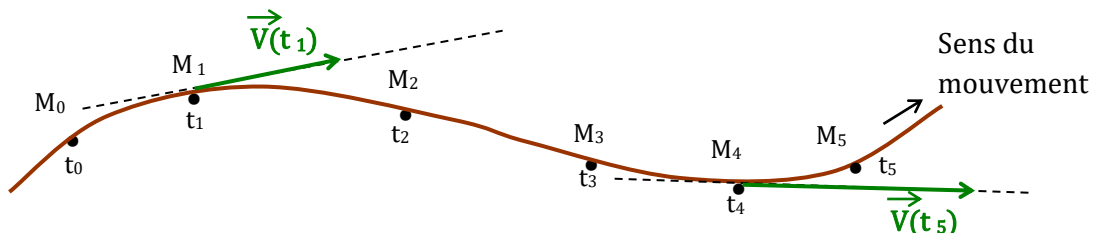
On évalue (on calcule) cette vitesse comme étant la vitesse moyenne entre deux instants très proches encadrant l'instant (t_i) :



5.3. Vecteur-vitesse

A chaque vitesse $V(t)$, on associe un vecteur appelé **vecteur vitesse** $\vec{V}(t)$ dont les caractéristiques sont :

- le point d'application : la position où on a calculé la vitesse.
- la direction : la tangente à la trajectoire au point considéré ;
- le sens : celui du mouvement.
- la valeur : $V(t) = \|\vec{V}(t)\|$



Remarque

Sur un enregistrement, les différentes positions du point mobile sont indiquées à intervalles de temps réguliers égaux à τ . On obtient alors :

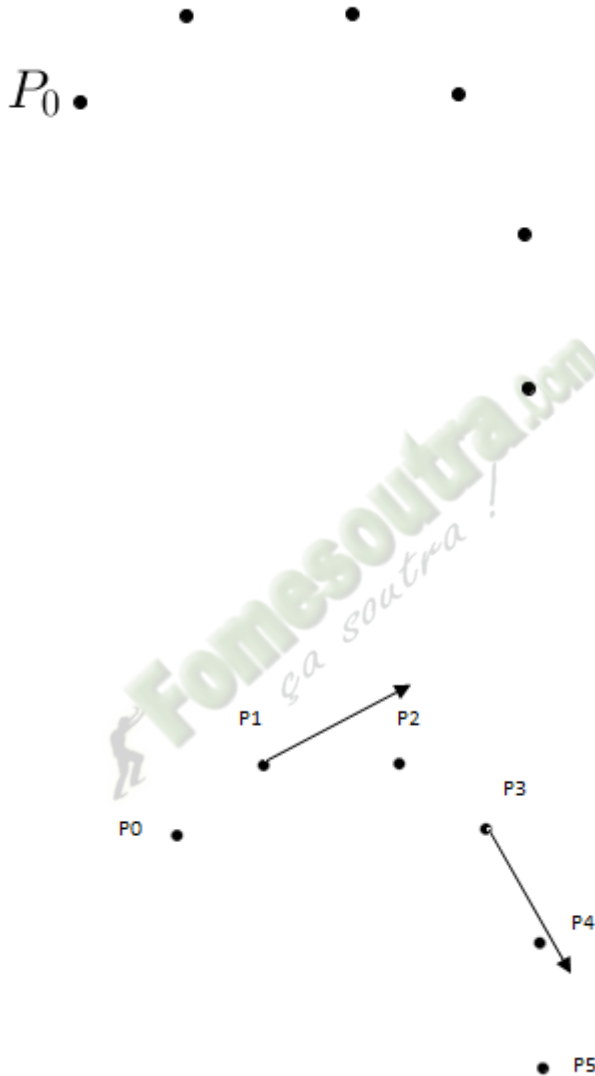
$$\text{Vecteur vitesse : } \vec{V}(t_1) = \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\tau}$$

$$\text{Valeur du vecteur vitesse : } V(t_i) = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$$

Activité d'application 3

Le document ci-dessous indique les différentes positions d'un point mobile P à intervalles de temps réguliers égaux à $\tau = 20$ ms.

- 1- Numérote les différentes positions du mobile.
- 2- Détermine les valeurs des vecteurs vitesses du mobile aux dates : t_1 et t_3 .
- 3- Représenter ces vecteurs vitesses à l'échelle : 1cm pour 0,5 m/s



Solution

1.

2. Valeurs des vecteurs vitesses du mobile aux dates : t_1 et t_3

$$V(t_1) = \frac{M_0 M_2}{2\tau} = \frac{3,8 \cdot 10^{-2}}{2 \times 20 \cdot 10^{-3}} = 0,95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$V(t_3) = \frac{M_1 M_4}{2\tau} = \frac{3,8 \cdot 10^{-2}}{2 \times 20 \cdot 10^{-3}} = 0,95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

3. Voir schéma pour la représentation.

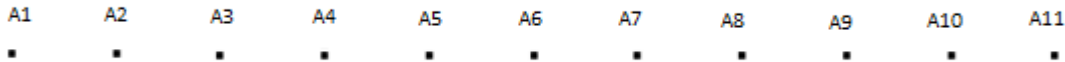
6. QUELQUES TYPES DE MOUVEMENT

6.1. Dispositif expérimental

Les documents sont obtenus sur une table à coussin d'air.

Les différentes positions de la trajectoire du mobile A sont relevées à intervalles réguliers de temps

$$\tau = 30 \text{ ms.}$$



6.2. Etude du document n°1

6.2.1. Nature du mouvement à partir de la trajectoire

Les points sont alignés et équidistants : le mouvement du mobile A est **rectiligne et uniforme**.

6.2.2. Nature du mouvement à partir du vecteur vitesse

➤ Calculons les vitesses instantanées aux dates t_2 , t_6 et t_{10} .

$$V_2 = \frac{A_1 A_3}{t_3 - t_1} = \frac{A_1 A_3}{2\tau} = \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,46 \text{ ms}^{-1}$$

$$V_6 = \frac{A_5 A_7}{t_7 - t_5} = \frac{A_5 A_7}{2\tau} = \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,46 \text{ ms}^{-1}$$

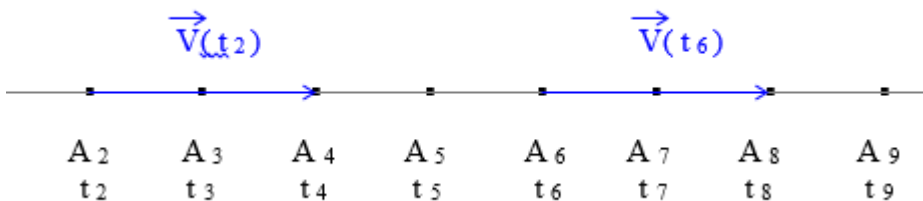
$$V_{10} = \frac{A_9 A_{11}}{t_{11} - t_9} = \frac{A_9 A_{11}}{2\tau} = \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,46 \text{ ms}^{-1}$$

Remarque :

$$V_2 = V_6 = V_{10}$$

La vitesse instantanée est constante dans le temps.

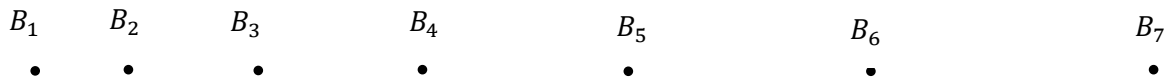
➤ Représentons les vecteurs-vitesse à l'échelle : 1 cm pour $0,25 \text{ m.s}^{-1}$



On constate que : $\vec{V}_2 = \vec{V}_6 = \vec{V}_{10}$.

Au cours d'un mouvement rectiligne et uniforme, **le vecteur-vitesse est constant** ; il conserve sa direction, son sens et sa valeur.

6.3. Etude du document n° 6 (voir document en annexe)



6.3.1. Nature du mouvement à partir de la trajectoire

Les points sont alignés et la distance entre deux points varie (augmente) progressivement : le mouvement du mobile B est **rectiligne** et **varié**.

6.3.2. Nature du mouvement à partir du vecteur vitesse

➤ Calculons les vitesses instantanées aux dates t_2 , t_5 , t_8 et t_{11} .

$$V_2 = \frac{B_1B_3}{t_3 - t_1} = \frac{B_1B_3}{2\tau} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_4 = \frac{B_3B_5}{t_5 - t_3} = \frac{B_3B_5}{2\tau} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,83 \text{ m.s}^{-1}$$

$$V_6 = \frac{B_5B_7}{t_7 - t_5} = \frac{B_5B_7}{2\tau} = \frac{7 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 1,16 \text{ m.s}^{-1}$$

Remarque :

$$\checkmark V_2 < V_4 < V_6$$

La vitesse instantanée n'est pas constante : On dit que **le mouvement est varié (accélééré dans le cas présent)**.

$$\checkmark V_4 - V_2 = V_6 - V_4 = 0,33 \text{ m.s}^{-1}$$

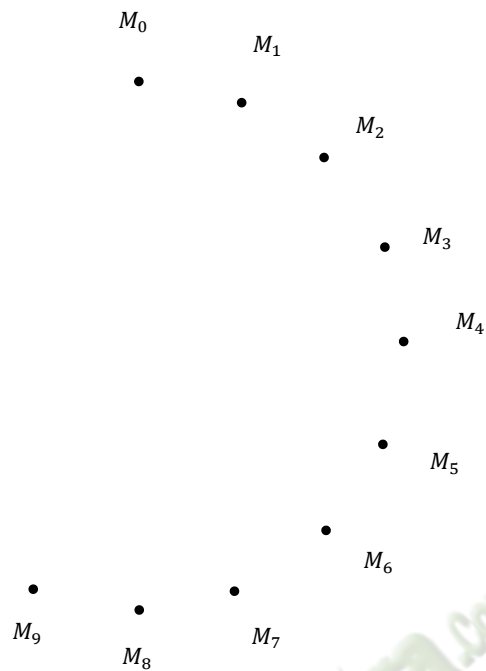
La vitesse **augmente uniformément**. Le mouvement est **rectiligne et uniformément varié**.

➤ Représentons les vecteurs-vitesses à l'Echelle : 1 cm pour $0,5 \text{ m.s}^{-1}$



Au cours d'un mouvement rectiligne uniformément varié, le vecteur-vitesse n'est pas constant. Il conserve au cours du temps, **sa direction et son sens** mais sa valeur varie.

6.4. Etude du document n° 4



Document N° 04
 $\tau = 60 \text{ ms}$

6.4.1. Nature du mouvement à partir de la trajectoire

Les points forment un cercle et sont équidistants : le mouvement du mobile M est **circulaire et uniforme**.

6.4.2. Nature du mouvement à partir du vecteur vitesse

- Calculons les vitesses instantanées aux dates t_1 , t_3 , t_5 et t_7 .

$$V_1 = \frac{M_0M_2}{t_2 - t_0} = \frac{M_0M_2}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ ms}^{-1}$$

$$V_3 = \frac{M_2M_4}{t_4 - t_2} = \frac{M_2M_4}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ ms}^{-1}$$

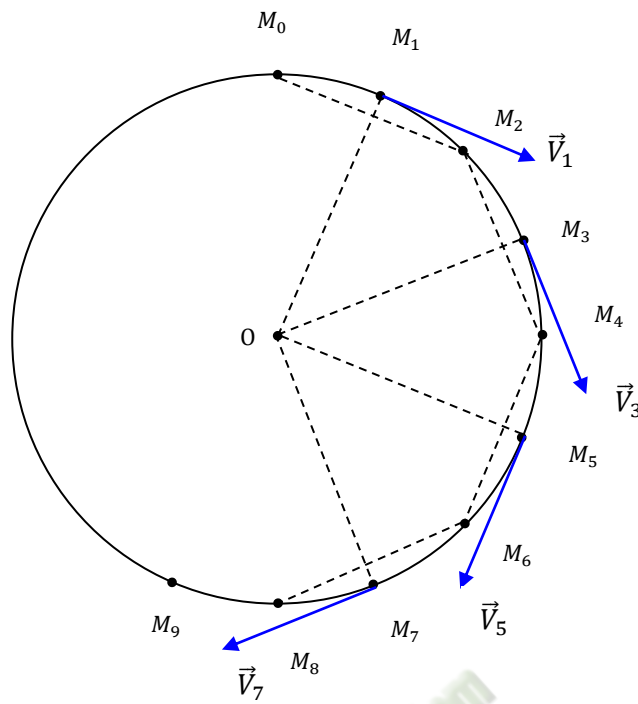
$$V_5 = \frac{M_6M_7}{t_7 - t_6} = \frac{M_6M_7}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ ms}^{-1}$$

$$V_7 = \frac{M_6M_8}{t_8 - t_6} = \frac{M_6M_8}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ ms}^{-1}$$

Remarque :

$V_1 = V_3 = V_5 = V_7$. La vitesse instantanée est constante.

- Représentons les vecteurs-vitesses à l'échelle : 1 cm pour $0,2 \text{ m.s}^{-1}$



Au cours d'un mouvement circulaire et uniforme, **le vecteur-vitesse n'est pas constant** ; sa direction change.

Activité d'application 2

Associe le type de mouvement aux caractéristiques de son vecteur-vitesse en mettant une croix dans la case qui convient.

caractéristique de la vitesse	Direction du Vecteur-vitesse \vec{V} constante	Norme du vecteur-vitesse \vec{V} constante	Vecteur-vitesse \vec{V} constant
Mouvement			
Rectiligne uniforme			
Rectiligne varié			
Circulaire uniforme			

Solution

Caractéristiques de la vitesse	Direction du Vecteur-vitesse \vec{V} constante	Norme du vecteur-vitesse \vec{V} constante	Vecteur-vitesse \vec{V} constant
Mouvement			
Rectiligne uniforme	X	X	X
Rectiligne et varié	X		
Circulaire uniforme		X	X

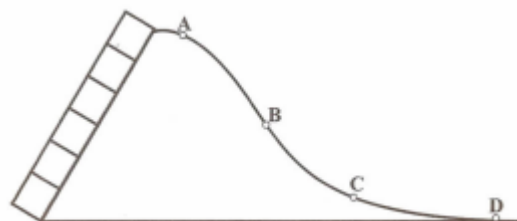
SITUATION D'ÉVALUATION

Bouabré glisse sur le toboggan de son école maternelle. Aux points A, B, C et D les valeurs de sa vitesse sont respectivement :

$$V_A = 0,25 \text{ m/s}, V_B = 0,75 \text{ m/s},$$

$$V_C = 1,25 \text{ m/s} \text{ et } V_D = 1,50 \text{ m/s}.$$

Représentes-en chacun des points A, B, C et D, le vecteur vitesse de Bouabré. Echelle : 1 cm pour 0,25 m/s



EXERCICE

- 6 Une personne part de Treichville pour Bouaké distant de 340 km par le train. Le départ du train s'effectue à 8 h 46 min. Le train arrive à Dimbokro à 11h 50 min où il s'arrête pendant 20 min. Le train poursuit ensuite le parcours sans arrêt et arrive à Bouaké 2h 35 min après.

Détermine en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, la vitesse moyenne du train sur ce parcours.

- 7 Pour le retour, la personne prend le train de nuit à 20 h 45 min. La vitesse moyenne de ce train est de 80 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.

Détermine l'heure d'arrivée à Treichville.

Leçon 02 : ACTIONS MECANIKES OU FORCES

Situation d'apprentissage

Lors de la finale d'interclasses du Lycée Moderne de Bonon qui opposait la classe de 2nde A à celle de la 2nde C, l'arbitre a accordé un coup franc à la 2nde C. Avant le tir, le joueur pose son pied sur le ballon et constate que celui-ci se déforme légèrement. Il donne par la suite un coup de pied au ballon. Le ballon heurte un joueur de la 2nde A avant de se loger au fond des filets. Les élèves s'interrogent sur l'auteur du but. Pour cela ils décident avec le professeur, d'identifier les actions mécaniques qui se sont exercées sur le ballon à partir de leurs effets, de définir et de modéliser une action mécanique.

1. LES MANIFESTATIONS D'UNE ACTION MECANIQUE

1.1. Expériences

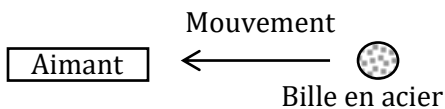
➤ Expériences 1

La bille est mise en mouvement sous l'action de l'aimant.

L'aimant exerce une action mécanique sur la bille.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **l'aimant**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **la bille**



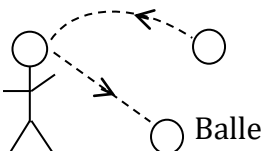
➤ Expériences 2

La bille est déviée sous l'action mécanique de la tête.

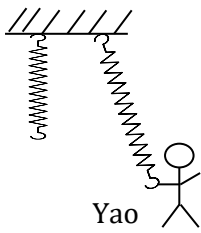
Le mouvement de la bille a été modifié.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **la tête**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **la bille**



➤ Expériences 3



Le ressort s'allonge (se déforme) sous l'action mécanique exercée par Ali.

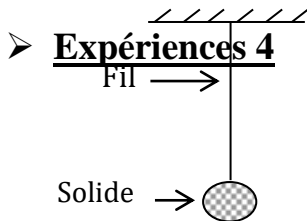
L'**auteur** de l'action mécanique est : **Ali**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **Le ressort**

Le solide est en équilibre. Il ne tombe pas à cause de l'action mécanique exercée par le fil.

L'**auteur** de l'action mécanique est : **le fil**

Le **receveur** de l'action mécanique est : **Le solide**



1.2. Conclusion

Une action mécanique est capable de mettre en mouvement un corps, de modifier le mouvement d'un corps, de déformer un corps et de maintenir en équilibre un corps.

1.3. Notion de forces

Les manifestations d'une action mécanique d'un corps A sur un corps B, sont dues à la force exercée par A sur B.

La force est une grandeur vectorielle caractérisée par :

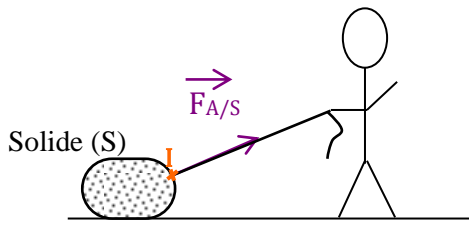
- **un point d'application** : c'est le point où la force agit.
- **une direction** : la droite suivant laquelle la force agit.
- **un sens** : celui du mouvement qu'elle est susceptible de créer.
- **une intensité (norme ou valeur)** qui s'exprime en **newton** (symbole **N**).

La force exercée par un corps A sur un corps B est notée $\vec{F}_{A/B}$ et représentée par un vecteur force.

On mesure l'intensité d'une force avec **un dynamomètre**.

2. ACTION MECANIQUE LOCALISEE

2.1. Action d'un fil sur un solide



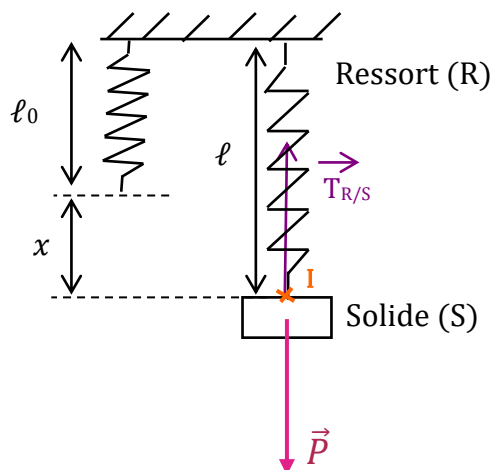
Ali (A) exerce sur le solide (S), par l'intermédiaire du fil, une force $\vec{F}_{A/S}$. Cette force s'applique en un point bien déterminé du solide : c'est le point I (point d'attache du fil). La force $\vec{F}_{A/S}$ est dite **force localisée**.

Les caractéristiques de $\vec{F}_{A/S}$:

- le point d'application : le point I.
- la direction : c'est la direction du fil.
- le sens : orienté de S vers A.
- l'intensité : notée $F_{A/S}$

2.2. Action mécanique localisée : la tension du ressort

2.2.1. Dispositif expérimental



l_0 : longueur à vide

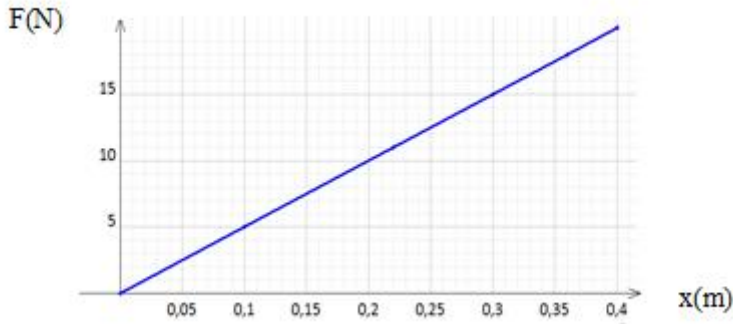
l : longueur à charge

$x = l - l_0$: allongement du ressort

2.2.2. Résultats

T(N)= P	0	5	11	15	18	20
$x = l - l_0$ (m)	0	0,1	0,22	0,3	0,36	0,4

2.2.3. Exploitation des résultats



Le graphe $T = f(x)$ est une droite d'équation : $T = kx$ avec $k = \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{(20-0)}{(0,4-0)} = 50 \text{ N.m}^{-1}$.

La tension d'un ressort est proportionnelle à son allongement.

Le coefficient de proportionnalité noté k est appelé constante de raideur du ressort.

2.2.4. Conclusion

Les caractéristiques de la tension du ressort sont :

Direction : l'axe du ressort

Sens : du solide vers le ressort

Intensité : $T = kx$ avec

T (en N)
$x = l - l_0$ (en m)
k (en N.m^{-1})

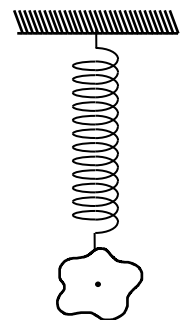
Point d'application : la tension du ressort s'applique au point de contact entre le ressort et le solide : c'est donc **une force localisée**.

Activité d'application

La constante de raideur du ressort est $k = 25 \text{ N.m}^{-1}$.

Représente la tension du ressort sachant que sa longueur augmente de 5 cm.

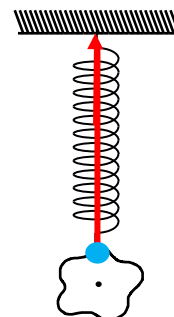
Echelle : 1 cm pour 0,5 N



Solution

Dans chaque cas : $T = kx = 25 \times 0,05 = 1,25 \text{ N}$

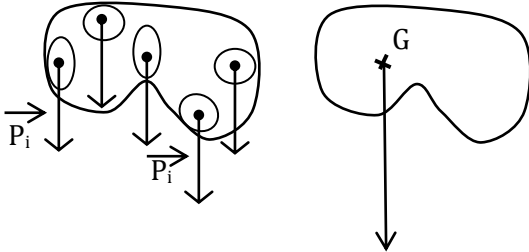
	intensité	Longueur du représentant
\vec{T}	1,25 N	2,5 cm



3. ACTION MECANIQUE REPARTIE

3.1. En volume : Le poids d'un corps

Le poids \vec{P} , est l'action mécanique (attraction) que la terre exerce sur un corps.



Chaque portion du solide subit une attraction de la terre, donc un poids \vec{P}_i .

Le poids \vec{P} est la somme des poids \vec{P}_i .

On dit que le poids est **une action mécanique répartie dans le volume** du corps.

Les caractéristiques du poids \vec{P} :

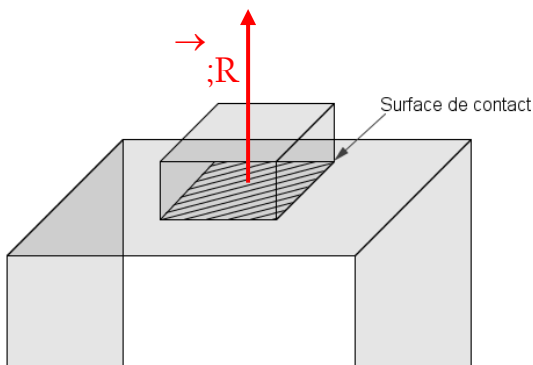
- le point d'application : le centre de gravité G.
- la direction : la verticale.
- le sens : du haut vers le bas
- l'intensité : $P = mg$ avec P (en N) ; m (kg) et g (N/kg)

Remarque :

- g est l'intensité (valeur) du vecteur champ de pesanteur \vec{g} .

3.2. En surface : la réaction d'un support

La
su
co



surface de contact, c'est donc une force répartie en unique \vec{R} appliquée au centre de la surface de

4. Catégories de forces

Il existe deux catégories de forces :

- **Les forces de contact** : elles s'exercent entre des corps en contact
 - **Forces musculaires** ; Ex : force exercée par un pousseur sur sa brouette.
 - **Forces de réaction** ; Ex : réaction de la table sur le livre.
 - **Forces de frottement** ; elles existent aux surfaces de contact rugueuses et s'opposent toujours au déplacement.
 - **Forces pressantes** ; forces exercées par les solides, les liquides et les gaz.
- **Les forces à distance** : elles s'exercent à distances
 - **Les forces électrostatiques** ; Ex : les grains de poussière capturés par l'écran d'un PC.
 - **Forces électromagnétiques** ; Ex : attraction d'objets en fer par un aimant.
 - **Forces de gravitation** (Ex : entre les astres).

Activité d'application

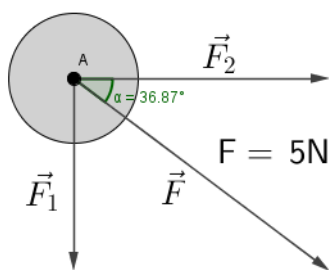
En un point A d'un solide, sont appliquées :

- Une force \vec{F}_1 verticale, dirigée vers le bas d'intensité 3 N.
- Une force \vec{F}_2 horizontale, orientée vers la droite d'intensité 4 N.

Détermine les caractéristiques de la résultante \vec{F} de ces forces.

Echelle : 1 cm pour 1 N.

Solution



Méthode graphique

	\vec{F}_1	\vec{F}_2	\vec{F}
Force	3 N	4 N	5 N
Représentant	3 cm	4 cm	5 cm

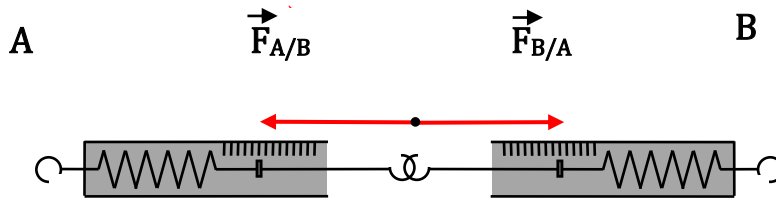
$$\text{Mes}(\vec{F}, \vec{F}_2) \cong 37^\circ$$

Méthode algébrique

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ N} \quad \alpha = \arctan\left(\frac{F_1}{F_2}\right) = \arctan\left(\frac{3}{4}\right) = 36,8 \cong 37^\circ$$

5. PRINCIPE DES ACTIONS RECIPROQUES

5.1. Expérience et observations



5.2. Interprétation

Les dynamomètres A et B exercent simultanément, l'un sur l'autre, une force : on dit qu'ils sont en interaction.

Les deux forces ont la même direction, la même valeur et des sens opposés :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

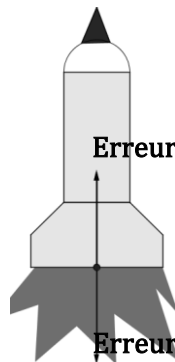
5.3. Conclusion

Lorsque deux corps A et B sont en interaction (de contact ou à distance), le corps A exerce une force $\vec{F}_{A/B}$ sur le corps B et en retour, le corps B exerce une force $\vec{F}_{B/A}$ sur le corps A telle que :

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

5.4. Application : Principe de la fusée

La fusée propulse les gaz brûlés avec une force $\vec{F}_{f/g}$ et en retour les gaz exercent une force $\vec{F}_{g/f}$ sur la fusée.



6. SYSTEME MECANIQUE

6.1. Définition

Un système est le corps ou l'ensemble de corps que l'on désire étudier.

Remarque : Tout ce qui n'appartient pas au système constitue le **milieu extérieur**.

6.2. Système indéformable, système déformable

- Un système est dit **indéformable** lorsque la distance entre deux de ses points quelconques reste invariable au cours du temps. *Ex : une bille, deux solides rigidement liés.*
- Un système est **déformable** lorsque la distance entre deux ou plusieurs parties de ce système varie au cours du temps. *Ex : deux solides liés par un fil élastique, système Terre/Objet en chute.*

6.3. Inventaire de forces extérieures appliquées à un système

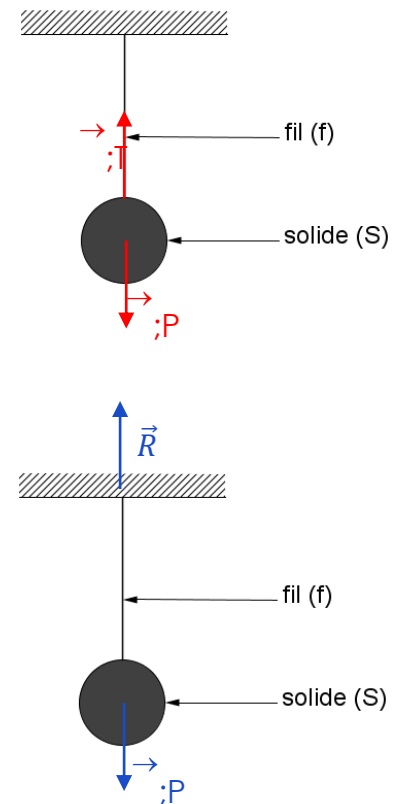
6.3.1. Définition

On appelle force extérieure, une force exercée par le milieu extérieur sur le système défini.

6.3.2. Inventaire de forces extérieures

Exemple :

- Pour le système $\{\text{solide}(S)\}$ les forces extérieures sont :
 - Le poids \vec{P} du solide (S)
 - La tension \vec{T} du fil.
- Pour le système $\{\text{solide}(S) + \text{fil}(f)\}$ les forces extérieures sont :
 - Le poids \vec{P} du solide
 - La réaction \vec{R} du support

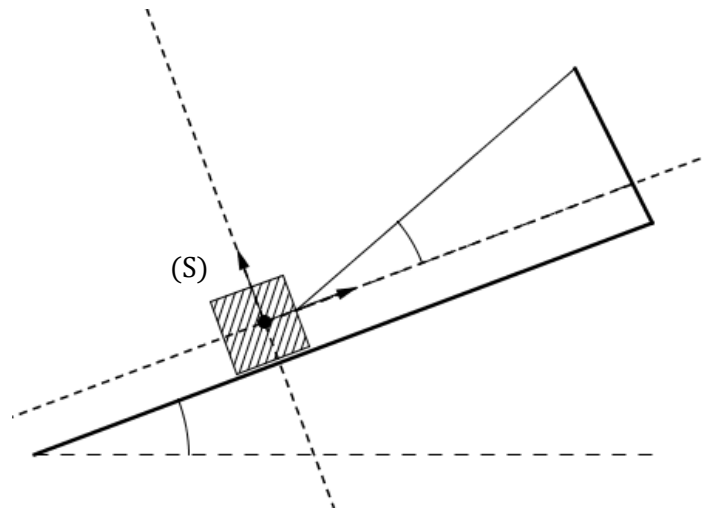


Remarque : L'inventaire des forces dépend du système choisi.

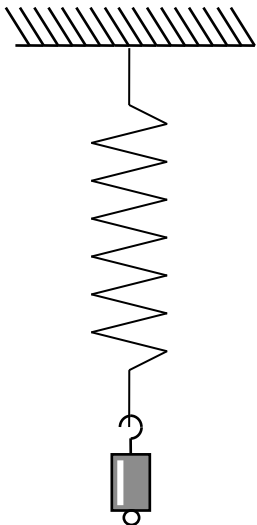
Activité d'application

On considère la figure suivante :

- 1- Identifie et représente les actions mécaniques qui s'exercent sur le solide (S).
- 2- Détermine les composantes de chaque force dans le repère indiqué.



SITUATION D'EVALUATION



Au cours d'une séance de travaux pratiques au lycée moderne de Bonon, un groupe d'élèves de la 2^{nde} C₂ accroche différentes masses marquées à l'extrémité libre d'un ressort comme l'indique la figure ci-contre.

Pour chacune de ces masses, ils mesurent la longueur prise par le ressort et obtiennent les résultats suivants.

m (g)	300	500	800	1000	1200
ℓ (cm)	11,2	12	13,2	14	14,8

Données : $g = 10$ N/kg ; Echelle : 1cm pour 3N et 1cm pour 2cm de longueur du ressort.

Tu es désigné pour exploiter les résultats de ce groupe en vue de déterminer les caractéristiques de ce ressort.

- 1- Représente les forces qui s'exercent sur la masse.
- 2- Identifie parmi ces forces, celles qui sont localisées, réparties.
- 3- Représente graphiquement, la valeur P poids de la masse marquée en fonction de la longueur l du ressort.
- 4- Déduis-en la constante de raideur k et la longueur à vide ℓ_0 du ressort.

EXERCICE 1

Voici une liste de forces :

- Tension \vec{T} d'un ressort ;
- Réaction \vec{R} d'un support ;
- Poids \vec{P} d'un corps ;
- Poussée d'Archimède \vec{P}_a ;
- Force magnétique \vec{F}
- Tension d'un fil \vec{T}_f

Classe-les dans les catégories de force ci-dessous :

Forces de contact localisées	Forces de contact réparties en surface	Forces à distance réparties en volume

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous par les mots suivants : **interaction, direction, opposée, vecteur, proportionnelle, flèche.**

Une force est une action mécanique exercée sur un corps. Elle est caractérisée par sa, son sens et sa valeur. Un appelé vecteur-force, lui est associé. Il a pour direction et sens ceux de la force, et une longueur à la valeur de la force. On le représente par une

Lorsque deux objets M et N agissent l'un sur l'autre, ils sont en et

$\vec{f}_{(M/N)} = -\vec{f}_{(N/M)}$. La force $\vec{f}_{(M/N)}$ est à $\vec{f}_{(N/M)}$

EXERCICE 3

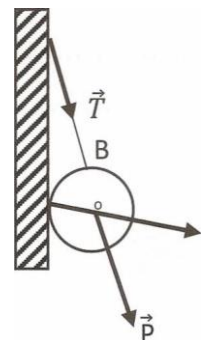
Une boule, de centre O, maintenue par un fil en B, repose contre un mur vertical. Un élève a représenté les forces qui s'exercent sur la boule.

- \vec{P} le poids de la boule.
- \vec{T} la tension du fil ;
- \vec{R} la réaction normale du plan sur la boule.

Le contact de la boule avec le support se fait sans frottement.

1. Dis si ces représentations de forces sont correctes.

2. Reproduis le schéma puis représente correctement les forces si nécessaires.



Leçon 03 : EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DEUX PUIS A TROIS FORCES

Situation d'apprentissage

Pour le bal de fin d'année du lycée moderne de Bonon, un groupe d'élève du comité d'organisation décide d'installer un projecteur pour les jeux de lumière. Pour maintenir le projecteur juste au-dessus de la piste de danse, certains voudraient qu'il soit accroché à l'aide de trois fils tandis que d'autres souhaitent le maintenir à l'aide de deux fils.

Pour s'accorder, ils décident d'informer leur professeur qui les aide à identifier les forces extérieures agissant sur le projecteur et de déterminer les conditions de son équilibre selon qu'il est soumis à deux forces ou à trois forces.

1. CONDITIONS D'EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DEUX FORCES

1.1. Conditions d'équilibre

Lorsqu'un solide soumis à l'action de deux forces \vec{F}_A et \vec{F}_B est en équilibre, nécessairement :

- \vec{F}_A et \vec{F}_B ont la même droite d'action ;
- $\vec{F}_A + \vec{F}_B = \vec{0}$.

1.2. Etude de quelques exemples

1.2.1. Solide posé sur un plan horizontal

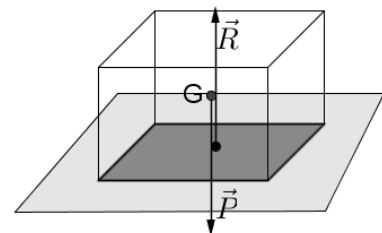
Le solide est en équilibre sous l'action de :

Le poids \vec{P} du solide

La réaction \vec{R} du support.

A l'équilibre on a :

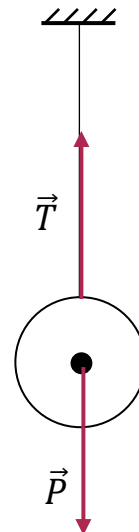
- \vec{P} et \vec{R} ont la même droite d'action
- $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \Rightarrow P = R$



1.2.2. Solide suspendu à l'aide d'un fil

Le solide est en équilibre sous l'action de :

- Le poids \vec{P} du solide
- La tension \vec{T} du fil.
- A l'équilibre on a :
 - \vec{P} et \vec{T} ont la même droite d'action
 - $\vec{P} + \vec{T} = 0 \Rightarrow P = T$

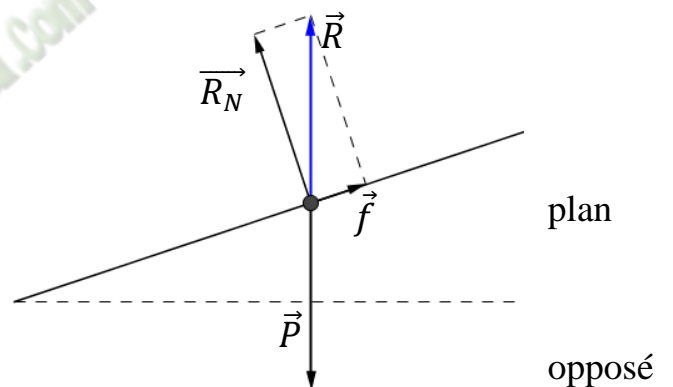


1.2.3. Solide posé sur un plan incliné

L'équilibre n'est possible que sur une surface rugueuse.

Dans ce cas la réaction \vec{R} se décompose en :

- Une réaction normale \vec{R}_N orthogonale au incliné
- Une réaction tangentielle appelée force de frottement \vec{f} tangent au plan incliné et au déplacement probable du solide.



$$\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$$

1.3. Types d'équilibre

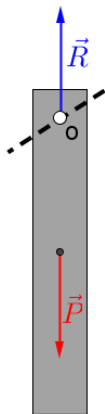


Fig. a

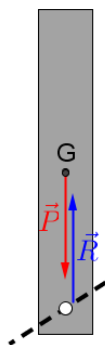


Fig. b

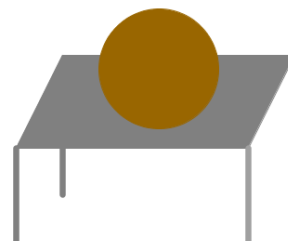


Fig. c

Fig. a : La règle, écartée de cette position d'équilibre, y revient après plusieurs oscillations : l'équilibre est dit **stable**.

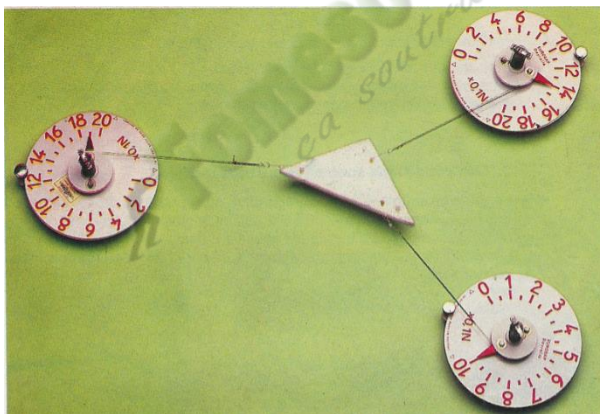
Fig. b : La règle, écartée de cette position d'équilibre, s'en éloigne : l'équilibre est dit **instable**.

Fig. c : La sphère, écartée de cette position d'équilibre, reste toujours en équilibre : l'équilibre est dit **indifférent**.

Remarque : L'équilibre d'un solide soumis à deux forces est stable si les deux forces s'éloignent l'une de l'autre (fig. a).

2. CONDITIONS D'EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A TROIS FORCES NON PARALLELES

2.1. Expérience et observations

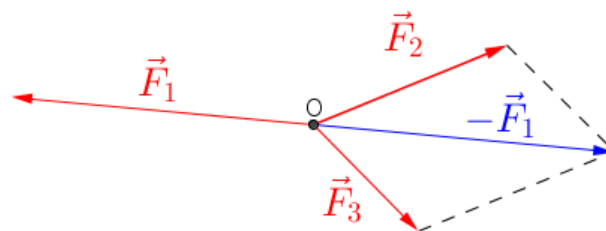


2.2. Interprétation

Le solide est en équilibre sous l'action de trois forces : \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3

- Ces trois forces sont
- Leurs droites concourantes
- On constate que :

$$\Rightarrow \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$



coplanaires
d'action sont

$$\vec{F}_1 = -(\vec{F}_2 + \vec{F}_3)$$

2.3. Conclusion

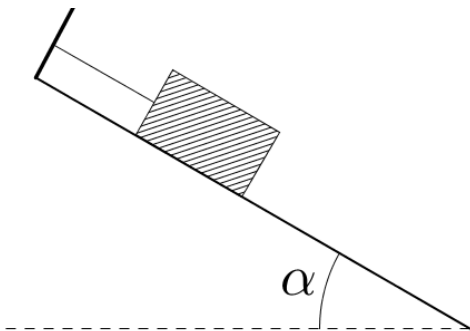
Lorsqu'un solide soumis à l'action de trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 non parallèles, est en équilibre, nécessairement :

- Les droites d'actions de ces trois forces sont concourantes
- La somme vectorielle de ces trois forces est nulle :

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$$

3. Activité d'application : (résolution de problème de statique)

a) Enoncé



Un solide de masse 700 g est maintenu en équilibre sur un plan incliné, dont la surface de contact est lisse, par un fil inextensible (fig. ci-dessous).

Déterminer la tension du fil et la réaction du support, sachant que le plan incliné fait un angle α avec l'horizontale.

b) Méthode graphique

Système : le solide

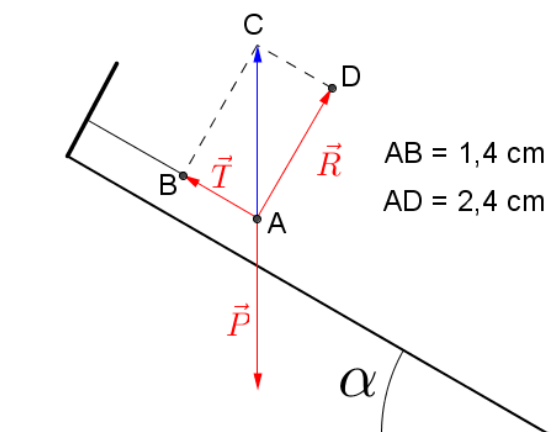
Référentiel : terrestre

Bilan des forces :

- Le poids \vec{P} du solide
- La réaction \vec{R} du plan incliné
- La tension \vec{T} du fil

Tableau des forces : Echelle : 1 cm pour 2,5 N

Force	\vec{P}	\vec{R}	\vec{T}
Longueur du vecteur (cm)	2,8	2,4	1,4
Intensité (N)	7	6	3,5



c) Méthode analytique

Système : le solide

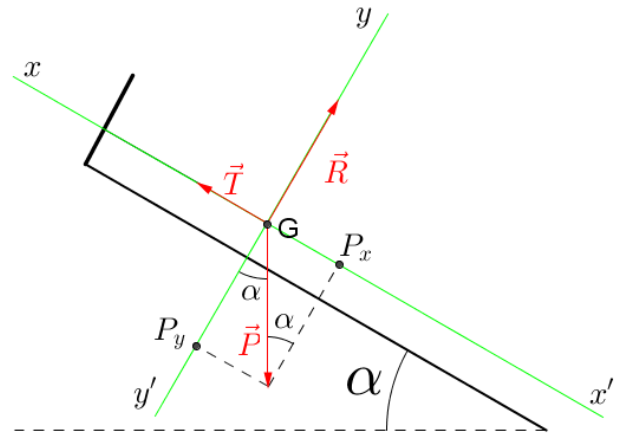
Référentiel : terrestre

Repère : R(G ; x , y)

Bilan des forces :

- Le poids du solide : \vec{P}
- La réaction du plan incliné : \vec{R}
- La tension du fil : \vec{T}

Schéma ci-contre



$$\vec{P} \begin{cases} Px = -P \sin \alpha \\ Py = -P \cos \alpha \end{cases} \quad \vec{T} \begin{cases} Tx = T \\ Ty = 0 \end{cases} \quad \vec{R} \begin{cases} Rx = 0 \\ Ry = R \end{cases}$$

A l'équilibre on a : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} Px + Tx + Rx = 0 \\ Py + Ty + Ry = 0 \end{cases} \Rightarrow$

$$\begin{cases} -P \sin \alpha + T = 0 \\ -P \cos \alpha + R = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = mg \sin \alpha \\ R = mg \cos \alpha \end{cases}$$

SITUATION D'ÉVALUATION

Lors du lancement de la quatrième édition des festivités "Abidjan Perle De Lumières", des élèves de la classe de 2C₅ du lycée classique d'Abidjan observent une boule lumineuse de masse

m, suspendu au-dessus d'une route de 10 m de large, par deux câbles AF et BF comme l'indique le schéma ci-dessous.

La boule est en équilibre.

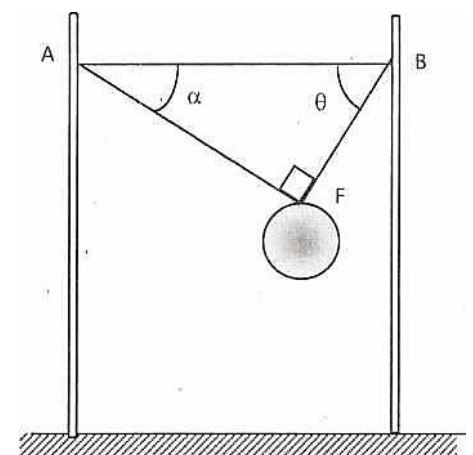
Soucieux de la sécurité des visiteurs, ils décident de déterminer la tension des câbles qui soutiennent la boule.

On appelle :

- \vec{T}_1 : la tension du câble AF
- \vec{T}_2 : la tension du câble FB.

On donne : m = 30 kg ; $\alpha = 30^\circ$; $\theta = 60^\circ$;

g = 10 N/kg.



Tu fais partie du groupe.

1. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la boule.
2. Représente les forces qui s'exercent sur la boule lumineuse.
3. Énonce les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces.
4. Détermine les valeurs de \vec{T}_1 et \vec{T}_2 :
 - 4.1 Par la méthode graphique.
 - 4.2 Par la méthode analytique.

EXERCICE 1

La poutre homogène AB, articulée au point A dans un mur vertical, est maintenue en équilibre par un fil BC (voir figure).

Données : Poids de la poutre : $P = 10 \text{ N}$;

Tension du fil : $T = 4 \text{ N}$; $\alpha = 45^\circ$.

Echelle : 1 cm pour 2 N.

Détermine la réaction \vec{R}_A du mur sur la poutre :

- par la méthode graphique.
- par la méthode analytique.

EXERCICE 2

Un ressort vertical a une longueur à vide $\ell_0 = 15 \text{ cm}$ et sa constante de raideur est $k = 35 \text{ N/m}$. Tu lui accroches un solide S de masse m . À l'équilibre, la longueur du ressort est $\ell = 21 \text{ cm}$.

Donnée : $g = 10 \text{ N/kg}$.

- 1) Représente les forces qui s'exercent sur le solide S.
- 2) Détermine la tension du ressort.
- 3) Détermine la masse du solide S.

Leçon 04 : EQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AROUND D'UN AXE FIXE

Situation d'apprentissage

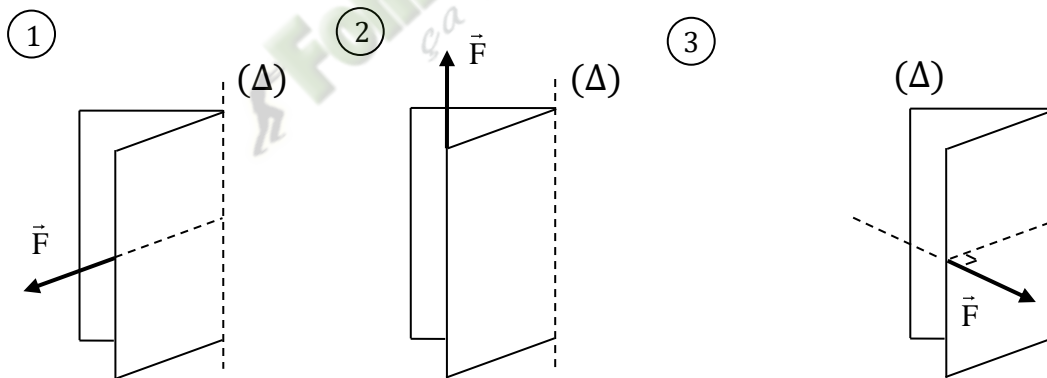
Pour décorer leur salle de classe, les élèves de la 2^{nde} C₂ du lycée moderne de Bonon désirent accrocher un tableau au mur en le maintenant dans une position inclinée grâce à un fil et posé sur un appui.

Pour s'assurer que le tableau ne tombera pas, ils décident sous la conduite de leur professeur, de connaître et de déterminer le moment d'une force puis de connaître et d'appliquer les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

1. Rotation d'un solide autour d'un axe fixe

1.1- Effet de rotation d'une force

1.1.1. Expériences et observations



Il n'y a pas de rotation

Il y a rotation

1.1.2. Conclusion

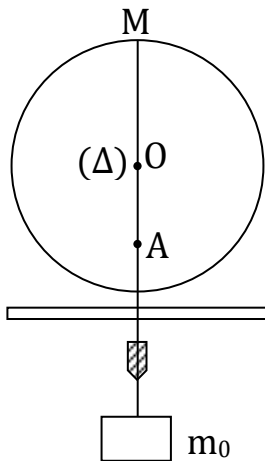
Une force a un effet de rotation sur un solide mobile autour d'un axe fixe si sa droite d'action :

- n'est pas parallèle à l'axe de rotation ;
- ne coupe pas l'axe de rotation.

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

1.2.1. Expériences

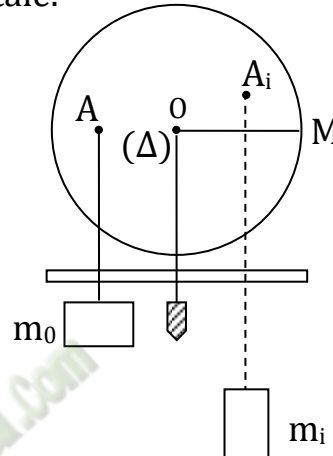
• Dispositif expérimental



$$m_0 = 600 \text{ g}$$

$$OA = d_0 = 15 \text{ cm}$$

Exerçons différentes forces à différentes distances d de l'axe (Δ) , par l'intermédiaire de masses marquées, de sortes à ramener le rayon OM à l'horizontale.



• Tableau de mesure

F (N)	$F_0 = 6$	$F_1 = 4,5$	$F_2 = 6$	$F_3 = 9$
d (m)	$d_0 = 0,15$	$d_1 = 0,20$	$d_2 = 0,15$	$d_3 = 0,10$
F × d	0,90	0,90	0,90	0,90

• Exploitation des résultats

On obtient le même effet de rotation chaque fois que : $F_0 \times d_0 = F_i \times d_i$.

L'effet de rotation dépend donc à la fois de l'intensité F de la force exercée et de la distance d à l'axe de rotation. Cette distance d est appelée **bras de levier**.

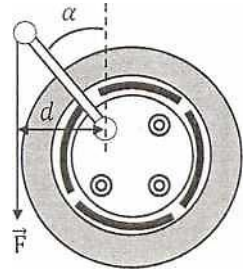
1.2.2. Définition du moment d'une force

Le moment $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F})$ par rapport à un axe fixe (Δ) d'une force \vec{F} orthogonale à cet axe est égal au produit de l'intensité F de la force par la longueur d du bras de levier :

$$\begin{array}{c}
 \text{(N.m)} \leftarrow \boxed{\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \times d} \rightarrow \text{(m)} \\
 \downarrow \\
 \text{(N)}
 \end{array}$$

Activité d'application

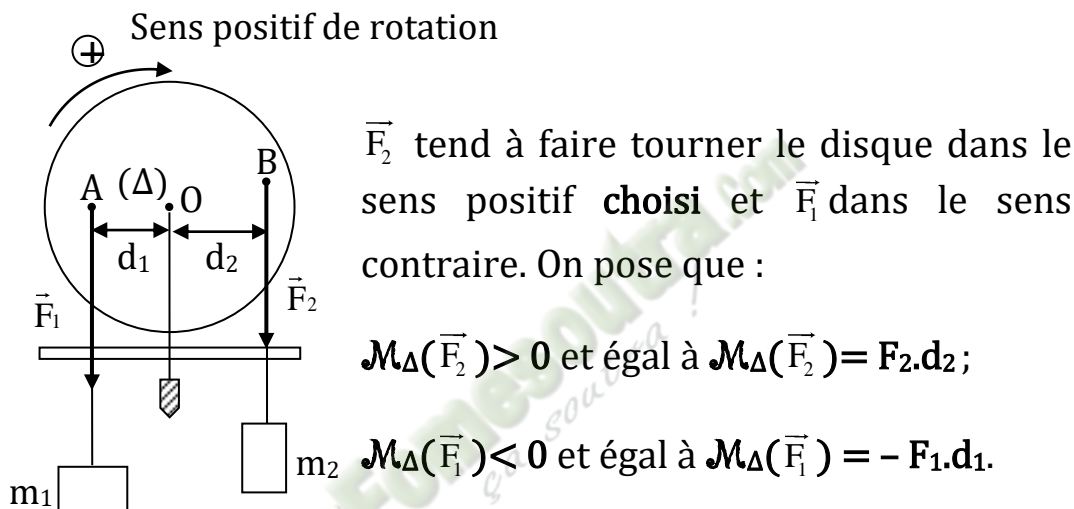
Pour débloquer l'un des écrous qui fixe la roue de sa voiture, ton papa exerce sur une manivelle, une force \vec{F} verticale d'intensité $F = 400 \text{ N}$. La manivelle fait un angle $\alpha = 45^\circ$ avec la verticale.



On t'indique que la longueur de la manivelle est $d = 20 \text{ cm}$.

1. Calcule le moment de la force \vec{F} .
2. Avec cette même force, indique la position de la manivelle pour laquelle le moment est le plus grand.
3. Calcule alors ce moment.

1.2.3. Le moment : grandeur algébrique



Conséquences

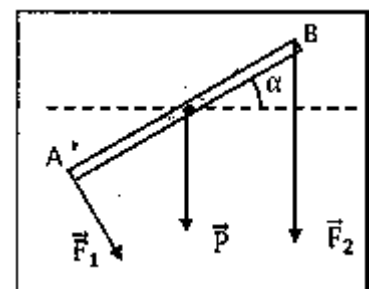
- Deux forces ayant le même moment par rapport à un axe auront le même effet de rotation.
- Si une force n'a aucun effet de rotation sur un solide alors son moment par rapport à l'axe de rotation du solide est nul.

Activité d'application

Une tige homogène de longueur ℓ et de poids \vec{P} est mobile autour d'un axe horizontal perpendiculaire à cette tige en son milieu O. Elle est soumise à des forces comme l'indique la figure.

On donne : $\alpha = 30^\circ$; $\ell = 10 \text{ cm}$; $P = 1 \text{ N}$; $F_1 = 2 \text{ N}$; $F_2 = 3 \text{ N}$

1. Calculer les moments des forces qui s'exercent sur la tige par rapport à A.
2. On considère maintenant la même tige avec les mêmes forces mais l'axe de rotation en B. Calculer les moments des différentes forces par rapport à B.

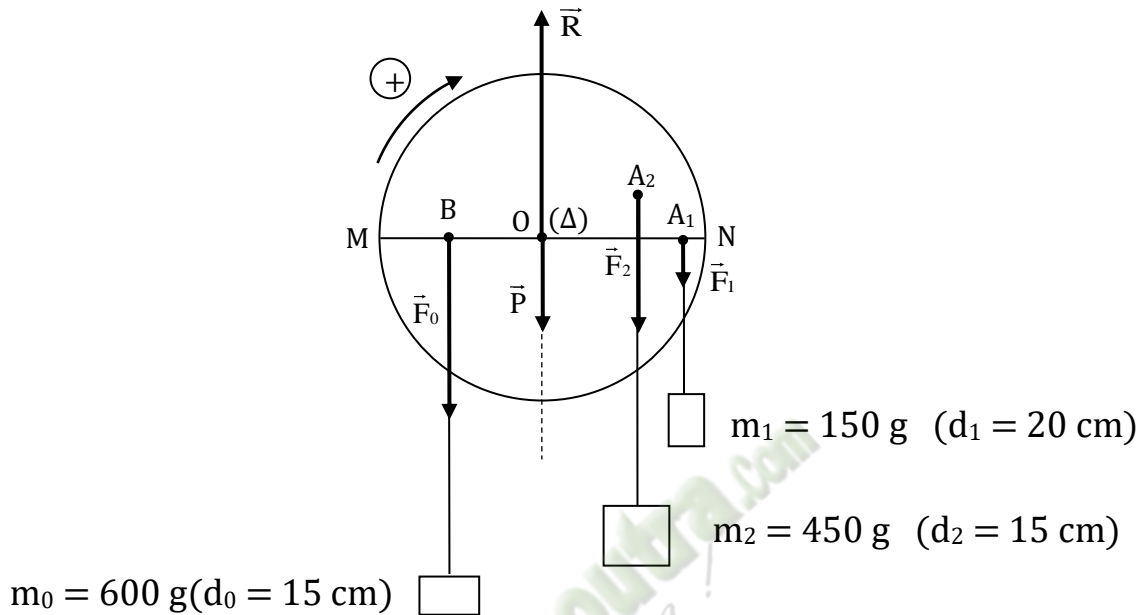


2. Conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

2.1. Théorème des moments

2.1.1. Expérience

Maintenons en équilibre un disque capable de tourner autour d'un axe fixe (Δ) en exerçant des forces à différents endroits.



2.1.2. Résultats

Calculons la somme des différentes forces extérieures appliquées au disque maintenu en équilibre :

F (N)	$F_0 = 6 \text{ N}$	$F_1 = 1,5 \text{ N}$	$F_2 = 4,5 \text{ N}$	$P = 2 \text{ N}$	$R = 14 \text{ N}$
d (m)	$d_0 = 0,15$	$d_1 = 0,20$	$d_2 = 0,15$	$d' = 0$	$d'' = 0$
\mathcal{M}_Δ (N.m)	-0,90	+0,30	+0,60	0	0

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) = \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_0) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R})$$

$$= -0,9 + 0,3 + 0,6 + 0 + 0$$

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) = 0 \text{ N.m.}$$

On constate que cette somme est nulle.

2.1.3. Enoncé du théorème des moments

Lorsqu'un solide mobile autour d'un axe fixe, est en équilibre, la somme algébrique des moments par rapport à cet axe, de toutes les forces extérieures appliquées à ce solide est nécessairement nulle :

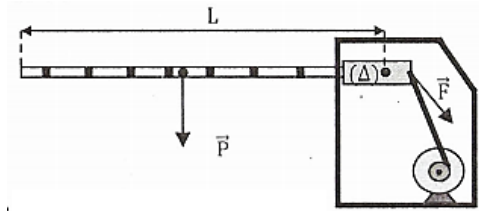
$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) = 0.$$

Activité d'application

Pour ouvrir une barrière d'accès au poste de péage d'Attinguié, une tige exerce à l'extrémité de la barrière une force \vec{F} dont le moment par rapport à l'axe de rotation (Δ) est $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 62,5 \text{ N/m}$ (voir schéma ci-dessous).

Le poids de la barrière est $P = 50 \text{ N}$.

Détermine la longueur de la barrière sachant qu'elle est en équilibre dans la position décrite par le schéma



2.2. Conditions générales d'équilibre

Lorsqu'un solide mobile autour d'un axe fixe (Δ) est en équilibre alors :

- La somme algébrique des moments par rapport à l'axe des forces appliquées est nulle :

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) = 0.$$

C'est la condition nécessaire de **non rotation** autour de l'axe (Δ).

- La somme vectorielle des forces appliquées est nulle :

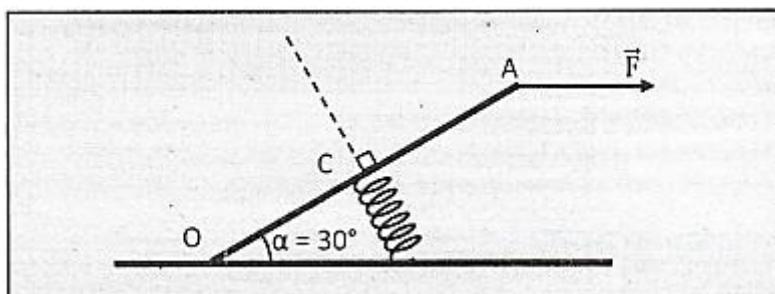
$$\sum (\vec{F}_{\text{ext}}) = \vec{0}.$$

C'est la condition nécessaire d'**immobilité du centre d'inertie** du solide.

SITUATION D'ÉVALUATION

Un groupe d'élèves de 2nd C qui prépare un concours d'excellence découvre le schéma suivant dans leur livre. La pédale OA, de poids négligeable, de longueur L, est mobile autour d'un axe horizontal passant par O.

Une force \vec{F} horizontale d'intensité $F = 20 \text{ N}$ est exercée en A.



La pédale est en équilibre quand le ressort, fixé en son milieu C, prend une direction perpendiculaire à OA ; OA fait alors un angle α avec l'horizontale. Il désire étudier l'équilibre de la pédale.

On donne : $L = 20 \text{ cm}$; $\alpha = 30^\circ$.

Joins-toi à eux pour faire cette étude.

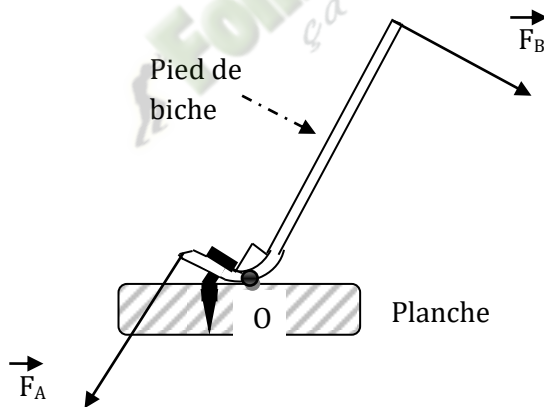
1. Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la pédale.
2. Ecris les conditions d'équilibre de la pédale.
3. Détermine à l'équilibre :
 - 3.1. La force exercée par le ressort sur la pédale.
 - 3.2. La raideur k du ressort, si on veut un raccourcissement de ce dernier de 8 cm.

EXERCICE 1

Le pied de biche est un levier coudé. On appuie sur son extrémité pour arracher un clou avec une force \vec{F}_B d'intensité égale à 200N.

Le pied de biche est long de $OB = 20\text{cm}$. Le clou est pris dans la fourche à 2cm du point d'appui. On néglige le poids du pied de biche.

- 1) Détermine l'intensité de la force \vec{F}_A exercée par le clou sur le pied de biche à la limite de l'arrachage.
- 2) Détermine l'intensité de la réaction de la planche en O.

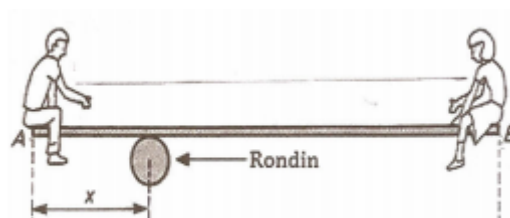


EXERCICE 2

Deux enfants, Akim et Mikan, utilisent une balançoire constituée d'une planche homogène de masse $m = 8 \text{ kg}$ et de longueur $\ell = 2,4 \text{ m}$ et d'un rondin de bois. Akim et Mikan, de masses respectives $m_A = 42 \text{ kg}$ et $m_B = 32 \text{ kg}$ sont assis aux extrémités A et B de la planche.

Donnée : $g = 10 \text{ N/kg}$.

1. Représente les forces appliquées à la planche.
2. Détermine la distance x entre A et le rondin pour que la balançoire soit en équilibre en position horizontale.



Leçon 05 : PRINCIPE DE L'INERTIE

Situation d'apprentissage

Suivant les jeux olympiques de Rio à la télévision avec son grand frère, Kotolaba, élève en classe de seconde, constate que les patineuses se déplacent pendant longtemps en ligne droite sur la glace, sans effort. Il interroge alors son grand frère qui lui explique cette situation en parlant du principe de l'inertie. Emmerveillé, Kotolaba décide en classe avec ses camarades, sous la supervision du professeur, de déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie d'un solide, d'énoncer et d'appliquer le principe de l'inertie.

1. DEFINITIONS

1.1. Systeme

Un système est un solide, un ensemble de solides ou un point matériel qu'on désire étudier.

1.2. Systeme isolé

C'est un système qui n'est soumis à aucune force extérieure.

1.3. Systeme pseudo-isolé

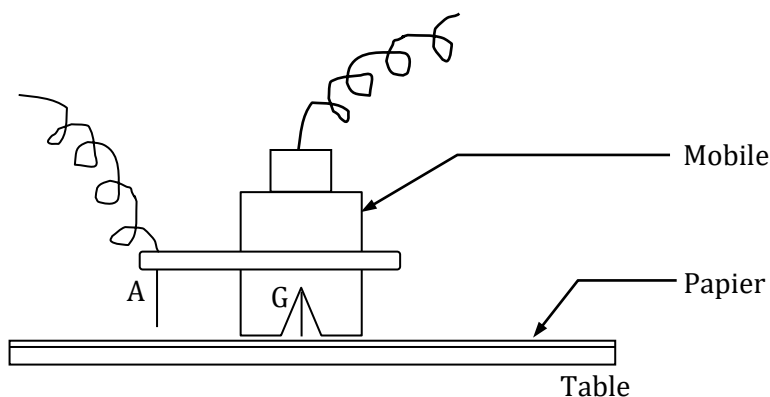
C'est un système qui est soumis à des forces extérieures qui se compensent à chaque instant.

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

Exemple : solide posé sur une table à coussin d'air.

2. CENTRE D'INERTIE D'UN SYSTEME

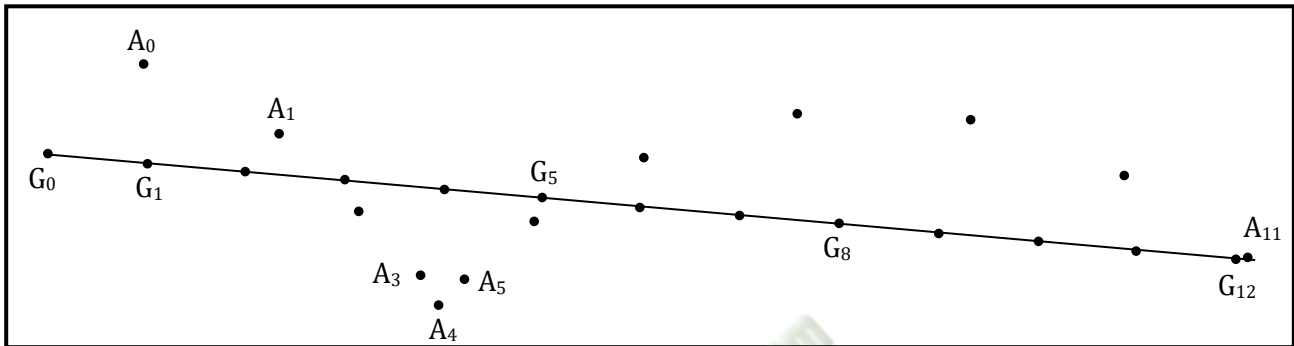
2.1. Expérience



Lançons le mobile sur la table à coussin d'air. A intervalles de temps égaux τ , relevons la position :

- du centre de gravité G de la plaque ;
- d'un point quelconque A de la plaque.

2.2. Résultats



2.3. Exploitations

- Le point G a un mouvement rectiligne et uniforme car sa trajectoire est une droite et il parcourt des distances égales pendant les mêmes durées.
- Le point A a un mouvement curviligne.

2.4. Conclusion

Le centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme.

3. ENONCE DU PRINCIPE DE L'INERTIE

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé :

- reste au repos s'il est initialement au repos.
- a un mouvement rectiligne uniforme s'il est en mouvement

4. MOUVEMENT D'ENSEMBLE ET MOUVEMENT PROPRE D'UN SYSTEME

4.1. Mouvement d'ensemble

Ce mouvement est défini par le mouvement du centre d'inertie.

Dans le référentiel terrestre, il est rectiligne et uniforme pour un système isolé ou pseudo-isolé.

4.2. Mouvement propre d'un système

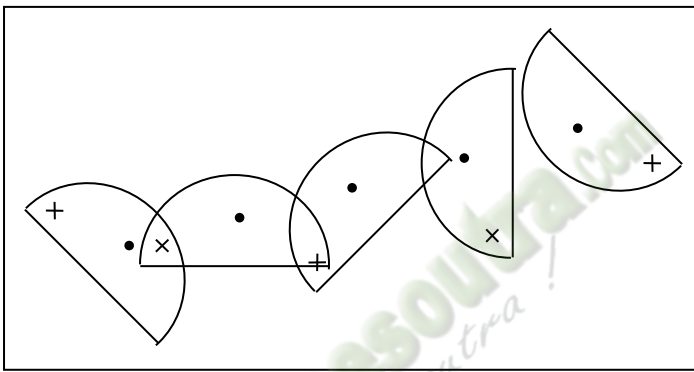
C'est le mouvement d'un point du système autre que le centre d'inertie. Le mouvement propre, dans le référentiel lié au centre d'inertie, est un mouvement circulaire et uniforme autour de l'axe vertical passant par le centre d'inertie et curviligne dans le référentiel terrestre.

Activité d'application 1

La figure ci-dessous représente les positions successives occupées par une plaque hémicylindrique en mouvement sur une table à coussin d'air. Deux points de la plaque sont repérés par les marques + et •.

La figure est à l'échelle : 1 cm pour 7,5 cm.

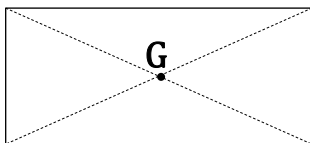
- 1- Lequel de ces deux points correspond au centre d'inertie G de la plaque ? Justifie la réponse.
- 2- La durée entre deux positions successives de la plaque est $\tau = 50$ ms.
Détermine la vitesse du centre d'inertie G.
- 3- Dédus la nature du mouvement de la plaque autour de son centre d'inertie G.



5. DETERMINATION DU CENTRE D'INERTIE

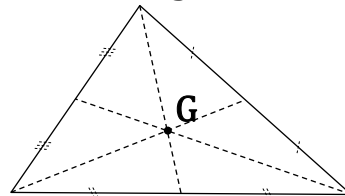
5.1. Cas d'un solide de forme géométrique simple

Carré ou rectangle



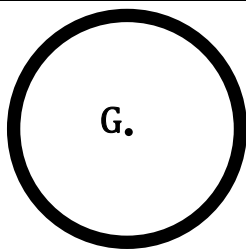
Point de concours des diagonales

Triangle



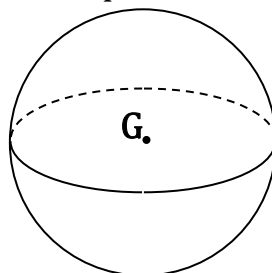
Point de concours des médianes

Cerceau ou cercle



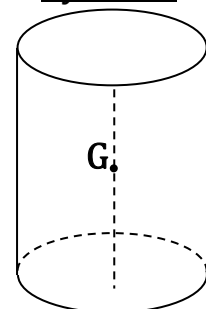
Centre du cerceau ou du cercle

Sphère



Centre de la sphère

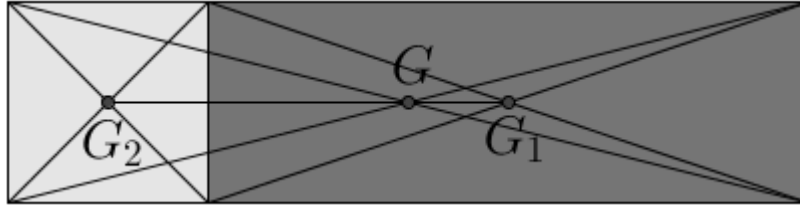
Cylindre



Milieu de la hauteur

5.2. Cas d'un ensemble de solides simples

Considérons un système constitué de deux solides S_1 de masse m_1 et S_2 de masse m_2 tel que : $m_1=3m_2$.



- $-G \in [G_1 G_2]$
- G est plus proche de G_1 (le solide le plus lourd)

$$\left. \begin{array}{l} \frac{m_1}{m_2} = 3 \\ \frac{GG_2}{GG_1} = 3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} m_1 = \frac{GG_2}{GG_1} m_2 \\ m_2 = \frac{GG_1}{GG_2} m_1 \end{array}$$

$$\Rightarrow m_1 GG_1 = m_2 GG_2$$

$$\Rightarrow m_1 \overrightarrow{GG_1} = -m_2 \overrightarrow{GG_2}$$

$$\Rightarrow m_1 \overrightarrow{GG_1} + m_2 \overrightarrow{GG_2} = \vec{0}$$

Soit un point O quelconque :

$$\overrightarrow{OG} = \frac{m_1 \overrightarrow{OG_1} + m_2 \overrightarrow{OG_2}}{m_1 + m_2}$$

G est ainsi le barycentre des points G_1 et G_2 affectés des coefficients m_1 et m_2 .

REMARQUE :

G est également appelé le centre de masse. Il est à la fois le centre d'inertie, centre de gravité et barycentre du système.

-En remplaçant le point O par le point G_1 on obtient :

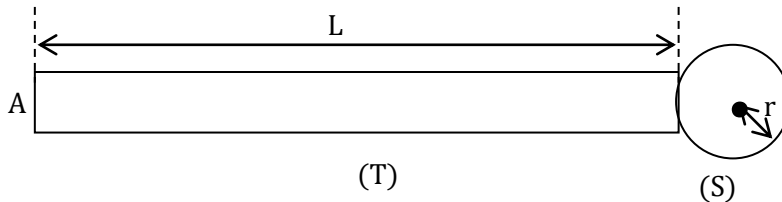
$$\overrightarrow{G_1 G} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \overrightarrow{G_1 G_2}$$

Activité d'application 2

L'objet ci-dessous est formé de deux parties :

- une sphère homogène (S) de masse $m_1 = 100$ g et de rayon $r = 1,2$ cm
- une tige homogène (T) de masse $m_2 = 200$ g et de longueur $L = 60$ cm.

- 1- Place sur la figure les centres d'inertie G_1 et G_2 respectivement de la sphère et de la tige.
- 2- Donne la relation barycentrique entre G_1 , G_2 et G (centre d'inertie de l'objet).
- 3- Détermine la position de G par rapport à l'extrémité A de la tige.



SITUATION D'ÉVALUATION

Aminata, élève en classe de seconde C au Collège les Rochers de Bonon, accompagne son père réparer la roue de sa voiture dans un garage de la place.

Le mécanicien leur dit ceci : « la position du centre d'inertie de la jante de votre voiture a été légèrement déplacée à une autre position G_1 suite à des déformations ; pour la ramener à sa position initiale G , je dois fixer à la périphérie de la jante, une plaquette métallique ».

La plaquette métallique de masse $m_2 = 60$ g est considérée comme un solide ponctuel fixé au point A comme l'indique le schéma ci-dessous.

La jante est un disque supposé parfait et homogène de centre O, de diamètre $AB = 406$ mm et de masse $m_1 = 9,20$ kg.

Tu es invité à apprécier avec ta camarade de classe Aminata le travail du mécanicien.

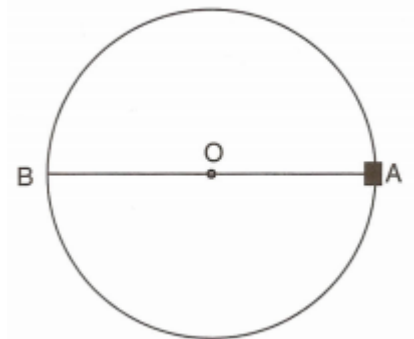
1. Indique la position initiale G du centre d'inertie de la jante, lorsque celle-ci n'avait pas encore été déplacée.

2.

2.1 Applique la relation barycentrique à la jante et à la plaquette affectées de leurs masses respectives.

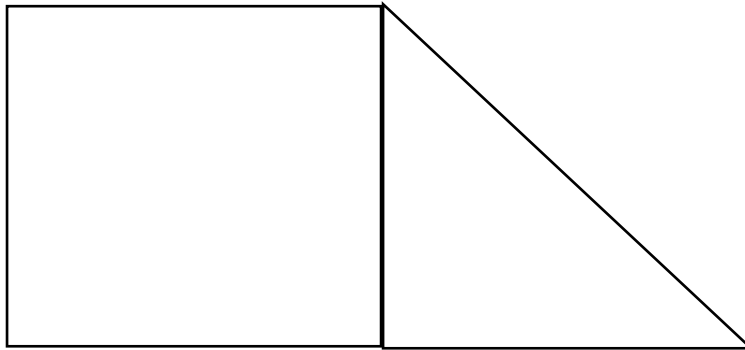
2.2 Reproduis le schéma puis situe sur le rayon AB, de quel côté du point O le centre d'inertie de la jante avait été déplacé.

3. Détermine la position G_1 à laquelle le centre d'inertie de la jante avait été déplacé, par rapport au point O.



Activité d'application 1

La figure ci-dessous représente du papier en carton découpé en dimensions réelles, pour une décoration.



Reproduis-la à l'échelle 1 puis détermine son centre d'inertie.

Activité d'application 2

Une molécule de chlorure d'hydrogène est composée d'un atome d'hydrogène et d'un atome de chlore séparés par une liaison de covalence de longueur 127,4 pm.



Détermine le centre d'inertie de cette molécule à l'échelle 1 cm pour 25 pm.

Les masses molaires atomiques sont : $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M_{Cl} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$.

Leçon 06 : QUANTITE DE MOUVEMENT

Situation d'apprentissage

Une élève en classe de 2nde C au Lycée Moderne de Bonon assiste à une partie de jeu de billes. Elle constate que quand une petite bille frappe de plein fouet une grosse bille immobile, cette dernière reste immobile ou se déplace faiblement, tandis que la petite bille recule nettement. Elle partage ces observations avec ses camarades de classe. L'un d'eux demande ce qui se passerait si ces deux billes étaient lancées l'une vers l'autre. Afin de répondre à cette question et expliquer les observations faites par leur camarade, les élèves décident avec l'aide de leur professeur, de définir le vecteur-quantité de mouvement, de connaître ses caractéristiques et enfin d'appliquer la conservation de la quantité de mouvement.

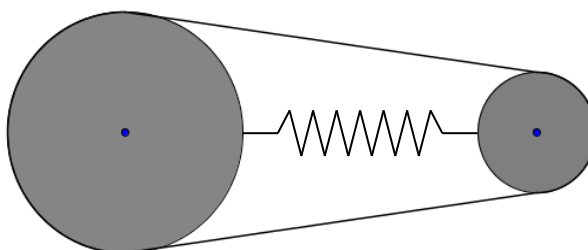
1-LE VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT

1.1-Expérience et observations

Sur une table à coussin d'air horizontal, on dispose de 2 solides autoporteurs

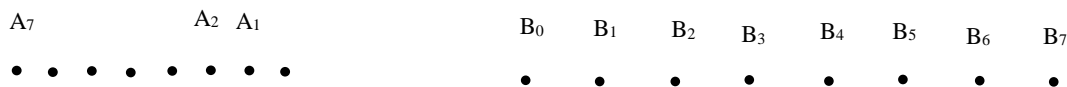
S_1 et S_2 de centres d'inertie respectifs A et B, reliés par 2 fils et un ressort (voir figure).

$$m_2 = 2 m_1$$



Brûlons les 2 fils d'attache. Le ressort se détend en repoussant les 2 solides.

A intervalle de temps régulier τ l'enregistrement des positions des solides (S_1) et (S_2) est réalisé (voir doc).



1.2- Exploitation du document 1

Les deux solides sont **pseudo –isolés**.

Ils sont animés **d'un mouvement rectiligne uniforme** (principe de l'inertie)

$$\vec{V}_{G_1} = \frac{\overline{A_0 A_2}}{2\tau}, \quad \vec{V}_{G_2} = \frac{\overline{B_1 B_3}}{2\tau}$$

$$\frac{V_{G_1}}{V_{G_2}} = \frac{A_0 A_2}{B_1 B_3} = 0,5 \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{1}{2} = 0,5 \Rightarrow \frac{V_{G_1}}{V_{G_2}} = \frac{m_2}{m_1} \Rightarrow m_1 V_{G_1} = m_2 V_{G_2} \Rightarrow m_1 \vec{V}_{G_1} = -m_2 \vec{V}_{G_2}$$

Posons : $\vec{p} = m\vec{V}$

\vec{p} est appelé **vecteur quantité de mouvement**

1.3- Définition

Le vecteur quantité de mouvement \vec{p} d'un solide est égal au produit du vecteur vitesse \vec{V}_G de son centre d'inertie par sa masse m.

$$\vec{p} = m\vec{V}$$

➤ Caractéristiques de \vec{p}

\vec{p} et \vec{V}_G ont le même point d'application, la même direction et le même sens.

Sa norme est :

$$\vec{p} = m\vec{V}_G$$

$m \cdot s^{-1}$

$kg \cdot m \cdot s^{-1}$ kg

Remarque

Le vecteur quantité de mouvement \vec{p} comme le vecteur vitesse \vec{V} , se définit par rapport à un repère d'espace.

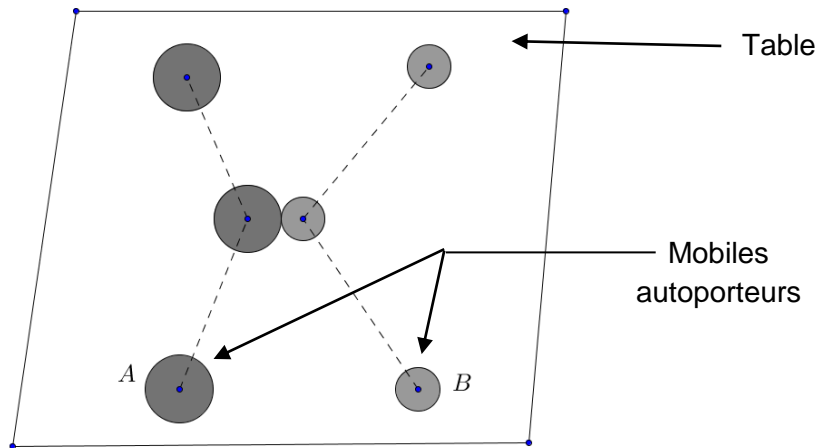
Activité d'application

Calcule la quantité de mouvement.

- d'une automobile de masse $m = 900 \text{ kg}$ lancée à la vitesse $V = 108 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- d'un proton de masse $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ se déplaçant à la vitesse $v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

2 - VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT D'UN SYSTEME DE 2 SOLIDES

2.1- Expérience et observations



Etude d'un choc

On obtient l'enregistrement du document 2

2.2- Exploitation du document 2

Déterminons les positions du centre d'inertie G du système {A + B}

$$\vec{OG} = \frac{m_A \vec{OA} + m_B \vec{OB}}{m_A + m_B}$$

$$O \equiv A \Rightarrow \vec{AG} = \frac{m_B}{m_A + m_B} \vec{AB}$$

$$\frac{m_B}{m_A + m_B} = \frac{1}{3} \Rightarrow \vec{AG} = \frac{1}{3} \vec{AB}$$

D'où les positions du centre d'inertie G (voir doc2)

système	Avant le choc (t_3)			Après le choc (t_9)		
	v	p	L(p)	v'	p'	L(p')
A (100g)	0,312m/s	0,0312 SI	3,12 cm	0,212m/s	0,0212 SI	2,12 cm
B (50g)	0,362m/s	0,0181 SI	1,81 cm	0,275m/s	0,0137 SI	1,37 cm
A+B(150g)	0,237m/s	0,0355 SI	3,55 cm	0,237m/s	0,0355 SI	3,55 cm

On constate que : Avant ou après le choc, on a :

Système	\vec{p} avant le choc	\vec{p} après le choc
Solide A	0,0312 kg.m/s	0,0212 kg.m/s
Solide B	0,0181 kg.m/s	0,0137 kg.m/s
Système (solide A + solide B)	0,0355 kg.m/s	0,0355 kg.m/s

$$\vec{p} = \vec{p}_A + \vec{p}_B \Rightarrow (m_A + m_B)\vec{V}_G = m_A\vec{V}_A + m_B\vec{V}_B$$

2.3- Conclusion

Le vecteur quantité de mouvement \vec{p} d'un système de deux solides est égale à la somme des vecteurs quantité de mouvement de chaque solide

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 \Rightarrow (\mathbf{m}_1 + \mathbf{m}_2)\vec{V}_G = \mathbf{m}_1\vec{V}_{G_1} + \mathbf{m}_2\vec{V}_{G_2}$$

3- CONSERVATION DU VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT

3.1- Exploitation du document 3

Le mouvement du système (A+B) est rectiligne uniforme par conséquent ce système est pseudo-isolé.

En plus on constate que : $\vec{p} = \vec{p}'$: Sa quantité de mouvement se conserve.

3.2- Conclusion

La quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé, déformable ou non se conserve.

NB : la conservation de la quantité de mouvement est une expression du principe d'inertie.

Activité d'application : Recul d'une arme à feu

Un canon de masse $M = 1$ tonne éjecte un boulet de masse $m = 10$ kg à la vitesse

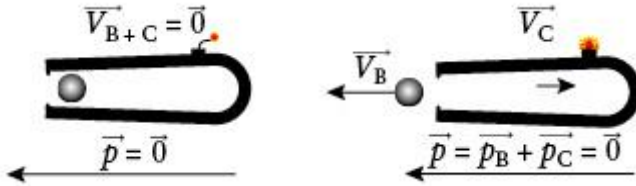
$$V = 1\,000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

1- Qu'observe-t-on ?

2- Calcule la vitesse de recul du canon.

Corrigé

- 1 On observe que le canon recule dans le sens opposé à celui de l'éjection du boulet.
- 2 On peut faire un schéma, avant le tir et après le tir.



Le système $\{\text{boulet} + \text{canon}\}$ est au repos avant le tir, donc la quantité de mouvement du système est nulle : $\vec{p} = (m + M)\vec{0} = \vec{0}$.

La quantité de mouvement est conservée car le système est isolé (le poids est compensé par la réaction du sol) :

$$\vec{p} = (m + M)\vec{0} = m\vec{v}_B + m\vec{v}_C.$$

Après le tir, la quantité de mouvement du système $\{\text{boulet} + \text{canon}\}$ reste nulle. En projetant le vecteur quantité de mouvement sur un axe horizontal orienté vers la gauche du dessin, il vient :

$$(m + M) \times 0 = 0 = mv_B - Mv_C.$$

$$\text{D'où } mv_B = Mv_C \quad v_C = v_B \frac{m}{M}$$

$$v_C = 1\,000 \times \frac{10}{1\,000} = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

SITUATION D'EVALUATION

Lors du lancement des festivités de fin d'année du Collège les Rochers de Bonon, un groupe d'élèves de seconde observe deux patineurs de masses respectives m_1 et m_2 au repos, sur le sol horizontal, venus épater le public avec leurs patins à roulettes. Ils se poussent mutuellement et se séparent. Après la séparation, les vitesses de leur centre d'inertie sont v_1 et v_2 .

Les élèves veulent étudier le mouvement des patineurs On donne : $m_1 = 50 \text{ kg}$; $m_2 = 20 \text{ kg}$; $v_1 = 2 \text{ m.s}^{-1}$.

Il t'est demandé de te joindre à eux pour faire cette étude.

1. Donne la loi de conservation du vecteur quantité de mouvement.
2. Détermine la relation entre v_1 et v_2 .
3. Calcule v_2 .
4. En considérant que les vitesses sont constantes, calcule la distance parcourue par chacun d'eux après 10 s.

EXERCICE 1

Complète le texte ci-dessous par les mots ou expressions qui conviennent : ***une égalité ; avant et après le choc ; la loi de conservation ; sa valeur ; vecteur vitesse de son centre d'inertie ; sa masse ; le vecteur-quantité de mouvement ; les vecteurs-quantité de mouvement.***

La quantité de mouvement est une grandeur physique vectorielle comme la force et la vitesse. Le vecteur-quantité de mouvement d'un solide se détermine en effectuant le produit de par le et exprimée en kg.m.s^{-1} .

Pour un système de deux solides en mouvement, du système constitué par les deux solides se détermine par la somme vectorielle de leurs vecteurs-quantité de mouvement. Ainsi, pour un système isolé constitué de deux solides qui se heurtent au cours du mouvement, il est possible d'établir entre du système Cette relation est connue sous le nom de du vecteur-quantité de mouvement.

EXERCICE 2

Les positions d'un mobile autoporteur G de masse 610 g en mouvement sur une table à coussin d'air, où les forces de frottement sont pratiquement inexistantes, sont repérées toutes les 30 ms puis données par la représentation ci-dessous à l'échelle 1.



1. Détermine les caractéristiques du vecteur-quantité de mouvement du mobile autoporteur.
2. Représente le vecteur-quantité de mouvement du mobile à l'échelle 1 cm pour 1 kg.m.s^{-1} .

Leçon 07 : LE COURANT ELECTRIQUE

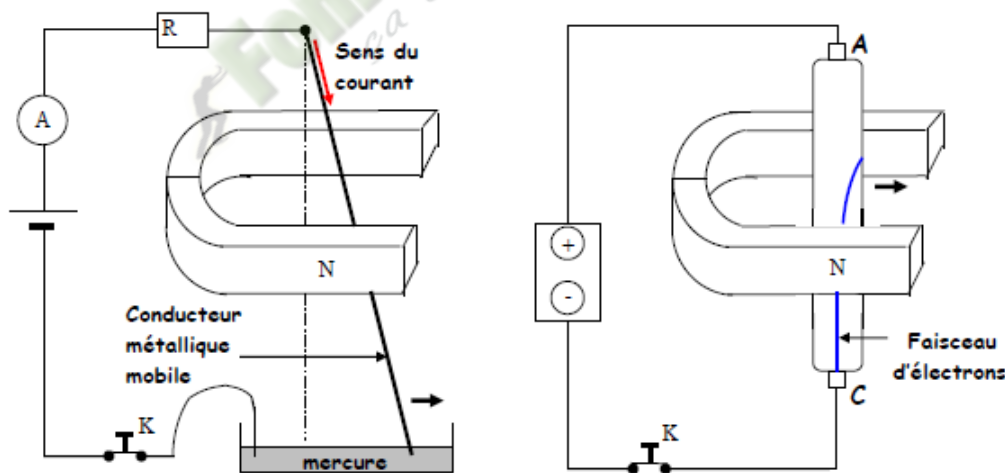
Situation d'apprentissage

Un élève en classe de 2nde C₃ au Lycée Moderne de Bonon a appris à travers un documentaire à la télévision que certains bracelets qu'on croit en or sont en fait plaqués en or par électrolyse d'une solution contenant des ions or. Intrigué par cette information et soucieux de comprendre cette opération, il informe ses camarades de classe. Ensemble avec le professeur, ils cherchent à connaître la nature du courant électrique dans les électrolytes et dans les métaux, à représenter le sens du courant électrique et expliquer la circulation du courant électrique dans les électrolytes et dans les métaux.

1- NATURE DU COURANT ELECTRIQUE

1.1°) Dans un conducteur métallique

1.1.1) Expérience



Action comparée d'un aimant sur un conducteur métallique et sur un faisceau d'e-

1.1.2) Observation et Interprétation

Sous l'action d'un aimant le conducteur métallique et le faisceau d'électrons sont déviés de la même manière.

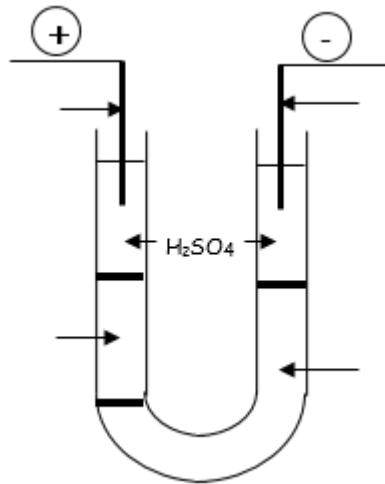
- Dans le tube de Crookes les électrons se déplacent de la cathode vers l'anode.
- Par analogie on déduit que dans le conducteur métallique des électrons sont déviés de la même façon par l'aimant.

1.1.3) Conclusion

Dans un conducteur métallique le passage du courant électrique est assuré par un déplacement d'ensemble des électrons libres.

1.2°) Dans un électrolyte

1.2.1 Expérience



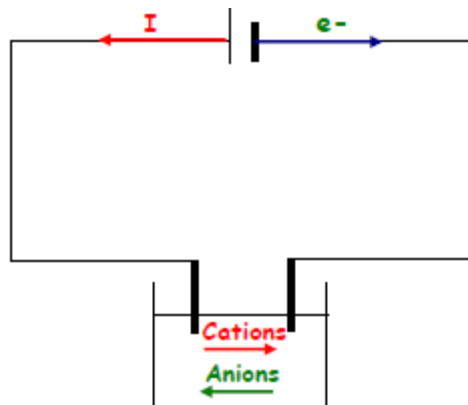
1.2.2. Observation et Interprétation

- Une coloration bleue caractéristiques des ions Cu^{2+} apparaît à la cathode.
- Une coloration orangée caractéristiques des ions $Cr_2O_7^{2-}$ apparaît à l'anode.

1.2.3. Conclusion

Dans un électrolyte le passage du courant électrique est assuré par le déplacement en sens opposé d'ions négatifs (anions) et d'ions positifs (cations)

2. SENS CONVENTIONNEL DU COURANT ELECTRIQUE



- Le courant électrique circule de la borne positive vers la borne négative du générateur.
- Les électrons se déplacent en sens inverse au sens conventionnel.
- Dans un électrolyte le sens conventionnel est le sens de déplacement des cations.

SITUATION D'EVALUATION

Au cours d'une séance de T.P des élèves de 2nd C du Collège les Rochers de Bonon veulent déterminer la nature des porteurs de charge dans un électrolyte. Ils réalisent avec l'aide de leur professeur, l'électrolyse d'une solution de sulfate de cuivre (Cu^{2+} ; SO_4^{2-}) en utilisant le montage schématisé ci-dessous :

Ce montage comporte :

- un petit cristalliseur contenant la solution de sulfate de cuivre ;
- des électrodes (E et F) en graphite qui plongent dans la solution ;
- un générateur relié aux électrodes à l'aide de fils de connexion.

Il t'est demandé de faire le rapport.

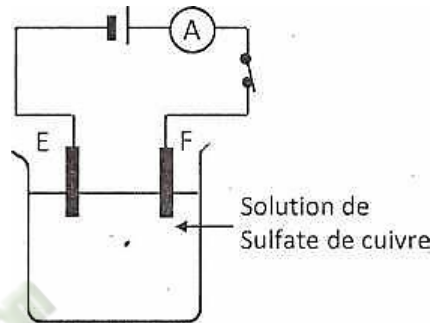
1. Donne les noms des électrodes E et F.

2. Indique sur le schéma avec des flèches :

- 2.1 le sens conventionnel du courant électrique.
- 2.2 le sens de déplacement des électrons.
- 2.3 le sens de déplacement de chaque type d'ions.

3. Explique, en quelques lignes :

- 3.1. la circulation du courant électrique dans la solution.
- 3.2. la circulation du courant électrique dans les fils de connexion.



EXERCICE 1

Complète les phrases suivantes avec les mots ou expressions qui conviennent.

Dans un métal, les porteurs de charges sont

Dans un électrolyte, les porteurs de charges sont L'intensité du courant électrique s'exprime en ampère et se mesure à l'aide d'un

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

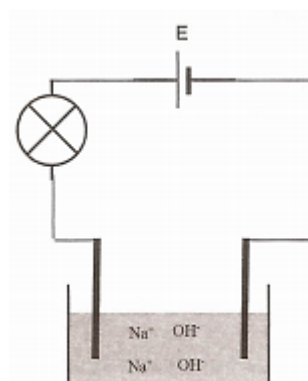
Dans un circuit, la somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en repartent.

EXERCICE 2

Ton ami a schématisé le circuit électrique permettant de réaliser l'électrolyse d'une solution aqueuse de soude (Figure 1). Cette solution contient, les ions Na^+ et OH^- dispersés.

Indique sur le schéma :

1. le sens du courant électrique.
2. le sens de déplacement des porteurs de charges dans :
 - 2.1 les fils de jonction.
 - 2.2 l'électrolyte.



Leçon 08 : INTENSITE D'UN COURANT CONTINU

Situation d'apprentissage

Pendant l'année scolaire, un groupe d'élèves de 2nde C décide d'occuper une maison dans un quartier précaire de Daloa. N'ayant pas d'abonnement électrique, ils se connectent sur l'installation électrique du voisin. La nuit, les lampes de leur maison brillent faiblement et leur ventilateur tourne à peine. Ils en parlent alors à leurs camarades de classe. Ensemble avec leur professeur, ils décident de définir la quantité d'électricité, l'intensité du courant électrique puis d'appliquer les lois du courant continu.

1- MESURE DE L'INTENSITE DU COURANT

1.1. Quantité d'électricité

La quantité d'électricité Q transportée par un ensemble de n porteurs de charge est :

$Q = n |q|$ où q est la charge d'un porteur de charge

Q et q sont en coulomb (C)

REMARQUE

Q est un multiple entier de la charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C

Activité d'application

Détermine la quantité d'électricité transportée par :

- 1 mol d'électrons
- 1 mol d'ions cuivre II

On donne $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C et $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

SOLUTION

Pour 1 mol d'électrons : $Q = N_A e$

Pour 1 mol d'ions Cu^{2+} : $Q = 2N_A e$

1.2. Définition de l'intensité du courant électrique

On appelle intensité d'un courant électrique à travers une section S d'un conducteur, le quotient de la quantité d'électricité Q traversant cette section par la durée Δt de cette traversée.

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

ampère (A) → I ← C
← S

Activité d'application

- 1- Détermine le nombre d'électrons qui traversent la section d'un conducteur métallique pour que la charge transportée par le courant soit $Q = 10 \mu\text{C}$. ($1 \mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}$)
- 2- La durée du transfert est $t = 1\text{ms}$. Calcule l'intensité du courant.
Charge de l'électron : $-e = -1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

SOLUTION

$$Q = ne. \quad n = \frac{Q}{e} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^{19} \text{ électrons.}$$

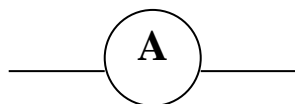
$$I = \frac{Q}{T} = \frac{10 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = 10^{-2} \text{ mA.}$$

1.3. L'instrument de mesure

L'intensité du courant se mesure à l'aide d'un ampèremètre. On utilise aussi le multimètre numérique. Ils se branchent en série dans le circuit.

REMARQUE :

- La représentation normalisée de l'ampèremètre ou du multimètre est :

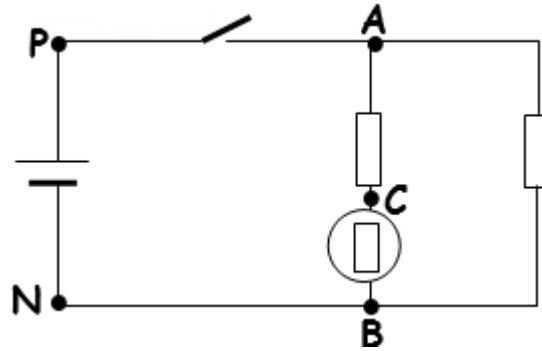


- Calcul de l'intensité I dans le cas d'un ampèremètre à aiguille.

$$I = \frac{\text{Calibre} \times \text{Lecture}}{\text{Echelle}}$$

2- PROPRIETES DU COURANT ELECTRIQUE

2.1. Définitions



- Nœud d'un circuit

On appelle nœud d'un circuit, un point commun à plus de deux fils de connexions

EX : A et B sont des nœuds.

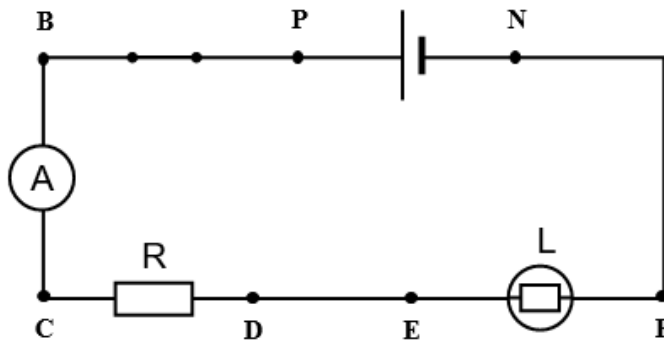
- Branche d'un circuit

Une branche d'un circuit est une association de dipôles en série entre 2 nœuds.

EX : APNB et ACB sont des branches.

2.2. Intensité dans une branche

2.2.1. Montage expérimental



2.2.2. Résultats

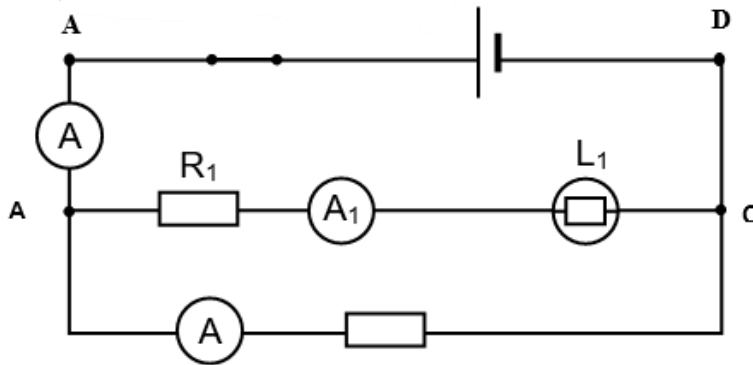
Place de l'ampèremètre	Entre B et C	Entre D et E	Entre F et N
Intensité mesurée	0,12 A	0,12 A	0,12A

2.2.3. Conclusion

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

2.3. Loi des nœuds

2.3.1. Montage expérimental



2.3.2. Résultats et Interprétation

Intensité	I	I ₁	I ₂
valeur	0,23 A	0,11 A	0,12 A

$$I_1 + I_2 = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ A}$$

$$I = 0,23 \text{ A}$$

Donc $I = I_1 + I_2$

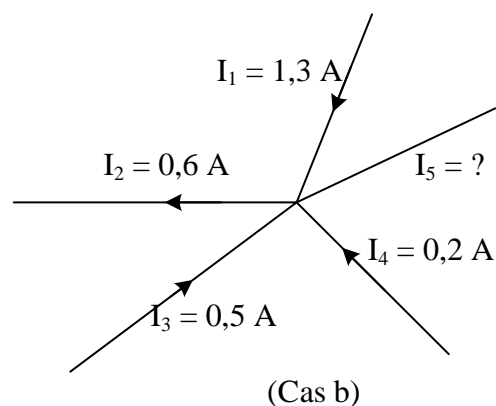
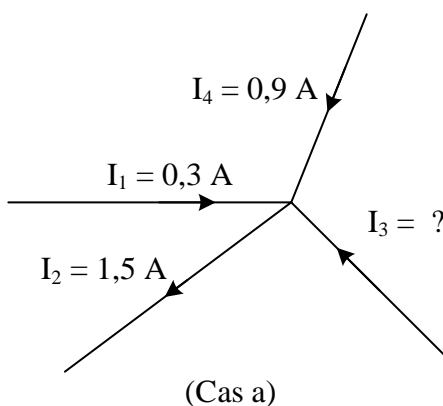
2.3.3. Conclusion

La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants partant de ce nœud. C'est la loi des nœuds.

$$\sum I_{\text{arrivant}} = \sum I_{\text{partant}}$$

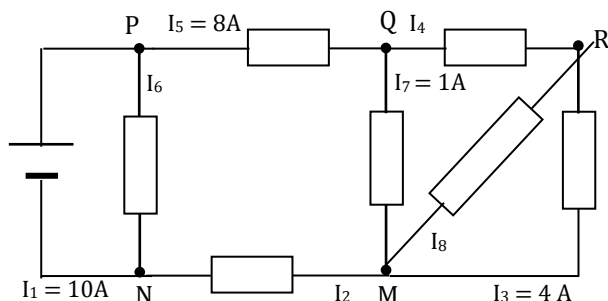
Activité d'application

Calcule l'intensité du courant inconnu dans chaque cas et indique si nécessaire son sens :



Situation d'évaluation 1

Au cours d'un exposé, un groupe d'élèves de seconde C d'un lycée a réalisé le montage schématisé ci-dessous et a mesuré les intensités des courants dans les différentes branches. Mais en rédigeant l'exposé à la maison, ils se sont rendu compte qu'ils ont oublié de mesurer certaines valeurs. Etant de ce groupe, ils te demandent alors pour déterminer les valeurs inconnues des intensités sans reprendre le montage.



Tu décides alors d'appliquer les lois des intensités du courant continu en vue de retrouver ces valeurs.

On donne : $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

- 1- Indique les nœuds et les branches de ce montage.
- 2- Indique le sens du courant électrique dans chaque branche.
- 3- Détermine le nombre d'électrons fournis par le générateur en 5s.
- 4- Détermine les intensités des courants inconnues.

Situation d'évaluation 2

Votre classe de seconde C vient de découvrir avec son professeur de Physique-Chimie les lois du courant électrique. Afin de consolider vos acquis, vous entreprenez de vérifier la loi des nœuds. Chaque groupe d'élèves dispose de 4 ampèremètres identiques ayant les calibres : 5 A ; 1 A ; 0,1 A ; 10 mA ; 5 mA. Les graduations de ces ampèremètres comportent 100 divisions. Il réalise le montage ci-dessous et mesure les intensités du courant dans les trois branches.

Votre groupe trouve :

$I_1 = 0,50 \text{ A}$ traversant L_1 et mesurée par l'ampèremètre A_1 ;

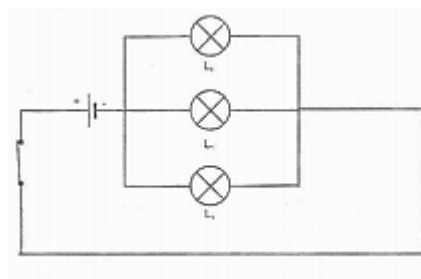
$I_2 = 0,25 \text{ A}$ traversant L_2 et mesurée par l'ampèremètre A_2 ;

Pour I_3 , l'aiguille de l'ampèremètre A_3 s'arrête sur la division $n = 65$ pour le calibre 1 A.

L'intensité du courant principal, mesurée par l'ampèremètre A, est $I = 1,4 \text{ A}$.

Tu es désigné pour exposer le travail de ton groupe.

- 1.1 Reproduis le schéma du montage en plaçant correctement les quatre ampèremètres.
- 1.2 Précise les sens du courant dans chaque branche.



2. Calcule l'intensité I_3 du courant qui traverse l'ampèremètre A_3 .

3.

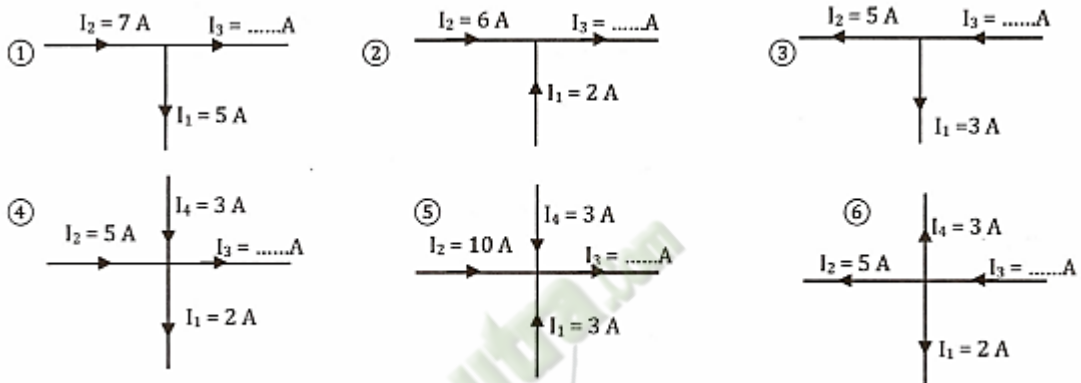
3.1 Dis si le calibre 0,1 mA utilisé pour mesurer chaque intensité est adapté.

3.2 Précise pour chaque ampèremètre le bon calibre.

4. Montre que la loi des nœuds est vérifiée.

EXERCICE

Indique les valeurs des intensités du courant qui manquent dans les schémas suivants.



Fomesoutra
ça soutra

Leçon 09 : TENSION ELECTRIQUE

Situation d'apprentissage

Au cours d'une visite d'une classe de seconde du lycée moderne de Bonon au barrage de Kossou, le technicien en charge de guider les élèves leur explique que la tension électrique qui y est produite est une tension alternative sinusoïdale, différente de la tension continue délivrée par les piles.

De retour en classe, pour mieux différencier ces deux tensions, les élèves et leur professeur décident de définir la tension électrique, de déterminer la tension continue et les caractéristiques d'une tension sinusoïdale.

1- NOTION DE TENSION ELECTRIQUE

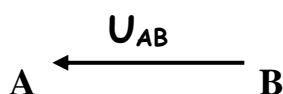
1.1- Mise en évidence de la tension

Le courant électrique circule entre 2 points d'un circuit électrique parce que ces points ne se trouvent pas dans le même état électrique.

La différence d'état électrique entre 2 points est appelée tension électrique ou différence de potentiel.

1.2- Représentation d'une tension

La tension entre deux points A et B notée U_{AB} se représente par une flèche allant de B vers A.



REMARQUE

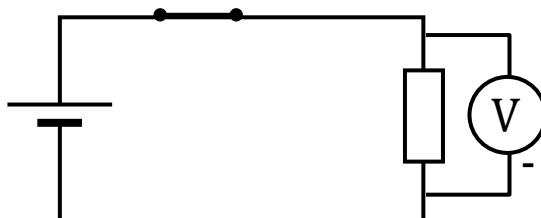
$U_{AB} = V_A - V_B$ (différence de potentiel). V_A est le potentiel du point A et V_B le potentiel du point B.

1.3- Mesure des tensions

La tension électrique est une grandeur mesurable. Elle se mesure à l'aide :

- d'un voltmètre
- d'un oscilloscope
- d'un multimètre utilisé en voltmètre.

Tous ces appareils se branchent en dérivation dans le circuit électrique aux bornes du dipôle où l'on mesure la tension.

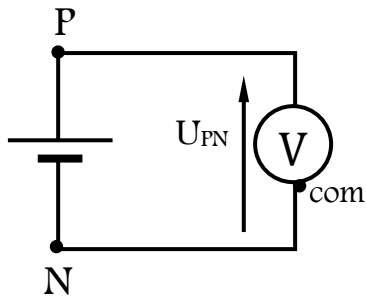


L'unité de la tension est le volt (V).

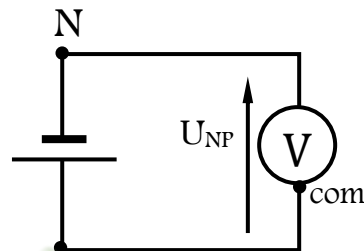
1.4- Ordre de grandeur de quelques tensions

- Eclair : 10^8 V
- Batterie de voiture : 12V ; 24 V
- Pile électrique : 1,5V ; 4,5 V ; 9 V
- Haute tension : 540 kV

1.5- Caractère algébrique de la tension



$$U_{PN} = 4,5 \text{ V}$$



$$U_{NP} = -4,5 \text{ V}$$

$U_{PN} = - U_{NP}$: La tension est **une grandeur algébrique**.

1.6- La masse d'un circuit

La masse d'un circuit est un conducteur de référence dont le potentiel (V) est nul. Son symbole est :

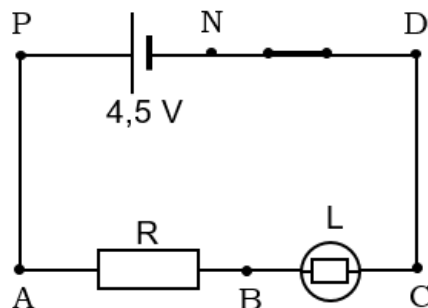


La plupart du temps, la masse est reliée à la carcasse métallique de l'appareil.

2. LOI DES TENSIONS CONTINUES

2.1- Additivité des tensions

2.1.1- Montage expérimental



2.1.2- Tableau de mesure

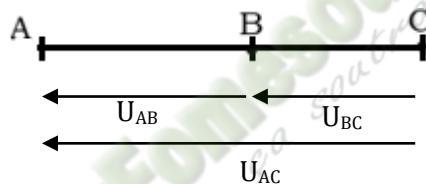
Tension mesurée	U_{PN}	U_{DN}	U_{CD}	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
Circuit ouvert	4,8 V	4,78 V	0 V	0 V	0 V	0 V
Circuit fermé	4,8 V	0 V	0 V	1,65 V	3,12 V	4,78 V

2.1.3- Exploitation des mesures

- La tension aux bornes de l'interrupteur ouvert est égale à celle aux bornes du générateur.
- La tension aux bornes des fils conducteurs est toujours nulle.
- L'interrupteur fermé se comporte comme un fil conducteur
- On constate aussi que : $U_{AC} \approx U_{AB} + U_{BC}$
- On a : $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$

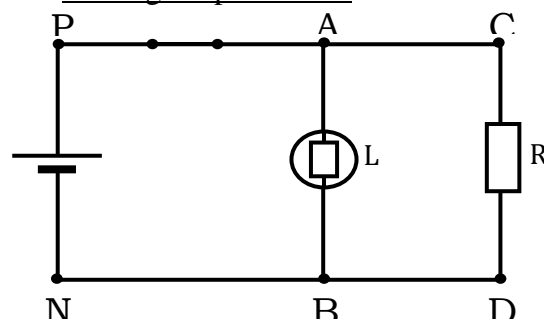
2.1.4- Conclusion

La tension aux bornes de dipôles en série est égale à la somme des tensions des dipôles.



2.2- Cas de dipôles montées en dérivation

2.2.1- Montage expérimental



2.2.2- Résultats

U_{PN}	U_{AB}	U_{CD}
4,8 V	4,76 V	4,78 V

2.2.3- Exploitation des résultats

On constate que : $U_{PN} \approx U_{AB} \approx U_{CD}$

2.2.4- Conclusion

Les tensions aux bornes de dipôles montés en dérivation (ou en parallèles) sont égales.

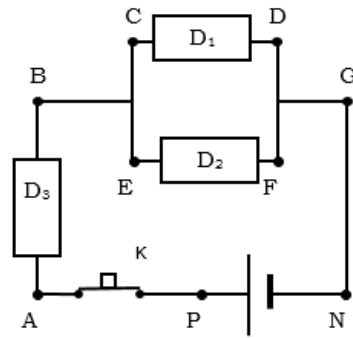
Activité d'application

On considère le montage ci-contre

On a mesuré :

$$U_{PN} = 9,0 \text{ V} ; U_{CD} = 4,3 \text{ V}$$

Calculer U_{EF} et U_{AB} .



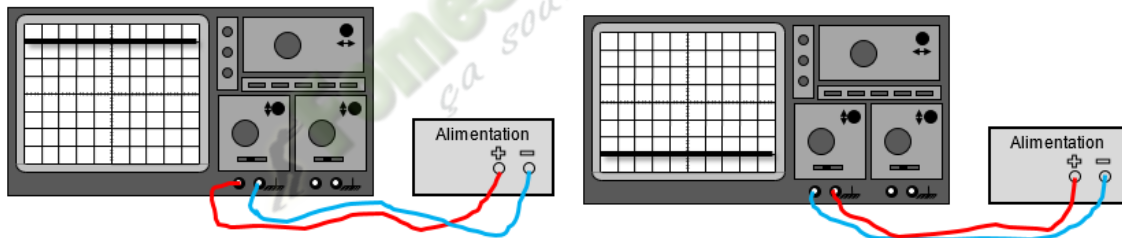
3. VISUALISATION ET MESURE D'UNE TENSION A L'OSCILLOSCOPE

3.1- Description et fonctionnement d'un oscilloscope

(Voir document annexe)

3.2- Mesure d'une tension continue à l'oscilloscope

3.2.1- Expériences et observations



Déviation du spot vers le haut :

Tension positive ($U > 0$)

Déviation du spot vers le bas :

Tension négative ($U < 0$)

3.2.2- Conclusion

La déviation verticale est proportionnelle à la tension mesurée.

La valeur absolue de la tension appliquée à l'entrée de l'oscilloscope est égale au produit de la sensibilité verticale s_v par la déviation.

$$|U| = s_v \times d.$$

d : déviation verticale du spot mesurée en cm ou division

s_v : sensibilité verticale en V/cm ou en V/division

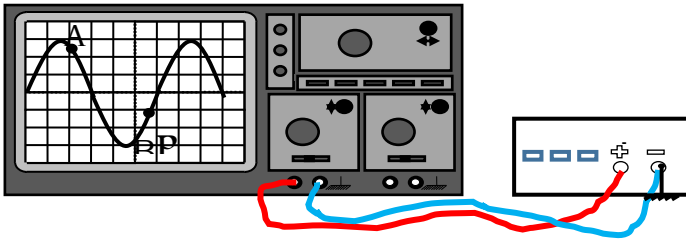
- Si le spot est dévié vers le haut, la tension mesurée est positive.

- Si le spot est dévié vers le bas, la tension mesurée est négative.

En 1 : $U = 6 \text{ V}$ En 2 : $U = -6 \text{ V}$

3.3- Mesure d'une tension variable

3.3.1- Mise en évidence expérimentale d'une tension variable



Les déviations verticales pour les points A et B sont de sens contraires et de grandeurs différentes

3.3.2- Définition

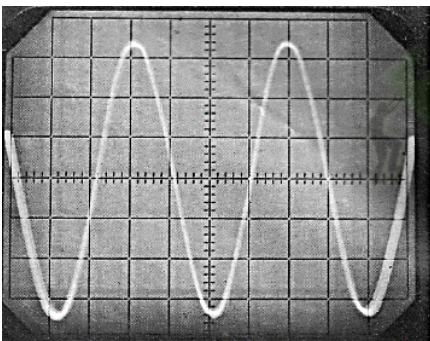
Une tension variable est une tension dont la valeur et le sens changent au cours du temps

Remarque :

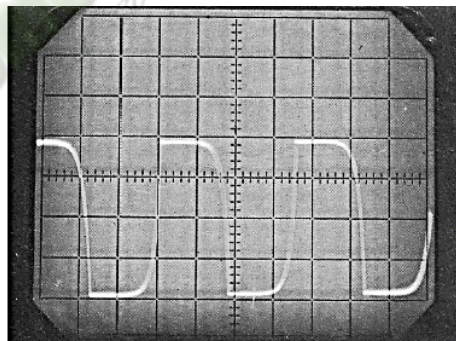
Les tensions variables sont fournies par :

- les générateurs de basses fréquences (GBF)
- les alternateurs
- la génératrice de vélo.

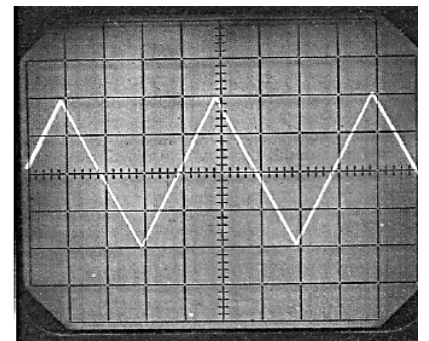
3.3.3- Exemples de tensions variables



Tension sinusoïdale



Tension rectangulaire



Tension triangulaire

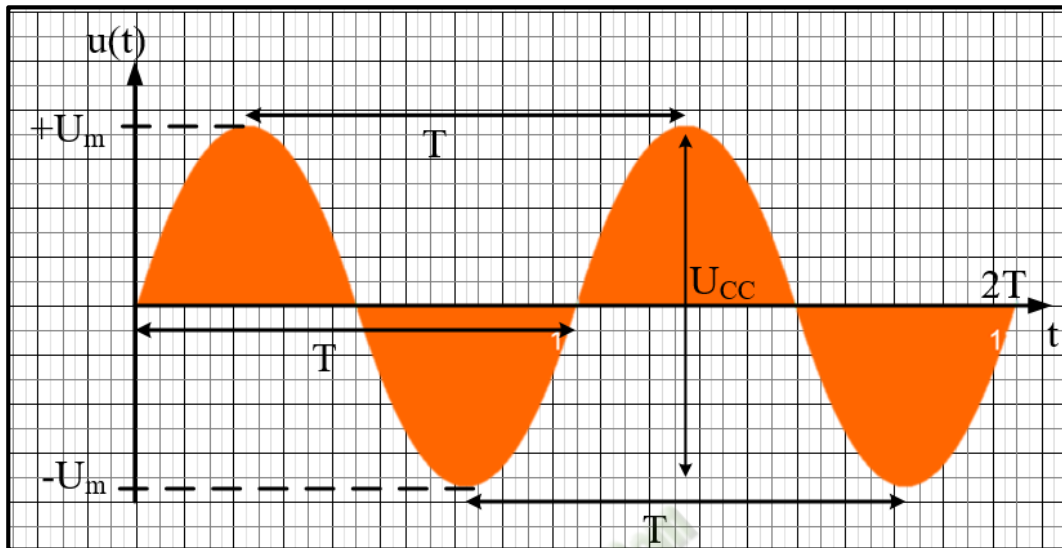
3.4- Caractéristiques d'une tension sinusoïdale

3.4.1- Définition

La tension sinusoïdale est une tension périodique et alternative

3.4.2- Sa période et sa fréquence

- La période notée T est le plus petit intervalle de temps au bout duquel la tension se reproduit identique à elle-même. Son unité est la seconde (s).



$T = b \times d$ avec b la base de temps ou sensibilité verticale et d le nombre de divisions où déviation horizontale en div (ou cm).

- La fréquence est le nombre de période par seconde. C'est donc l'inverse de la période. Son unité est le hertz (Hz).

$$N = \frac{1}{T}$$

3.4.2- Sa valeur maximale et sa valeur efficace

La tension maximale ou amplitude U_{max} est la plus grande valeur que prend la tension. Elle se mesure à l'aide de l'oscilloscope.

La tension efficace U_{eff} (ou U) est la tension mesurée à l'aide d'un voltmètre en mode alternatif.

3.4.3- Relation entre tension maximale et tension efficace

La tension efficace est liée à la tension maximale par la relation :

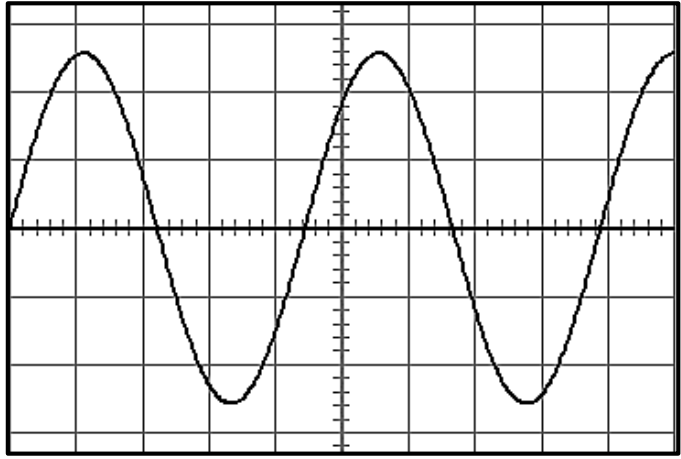
Remarque : la tension utilisée à la maison est une tension variable, alternative sinusoïdale.

$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

Activité d'application

Détermine U_m ; U ; T et N

$s_A : 2V/div$; $b = 1ms/div$



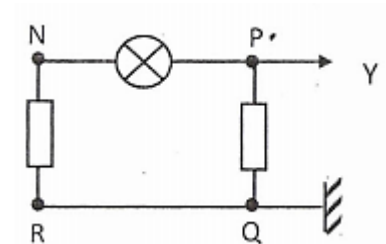
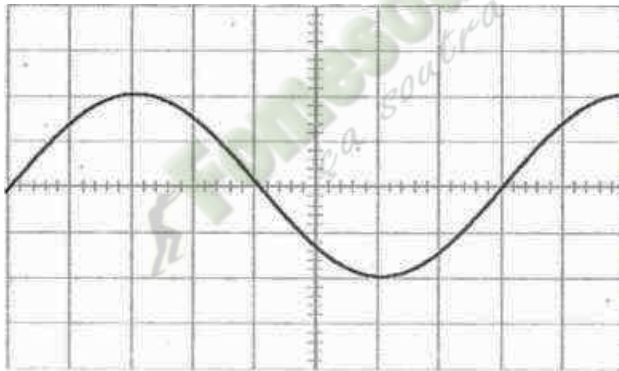
SITUATION D'EVALUATION

Au cours d'une séance de TP, ton groupe réalise le montage ci-contre.

Les réglages de l'oscilloscope sont :

- Base de temps : 2 ms/div
- Sensibilité verticale : 5 V/div

L'oscillogramme obtenu est donné par la figure suivante :



Il t'est demandé de déterminer les caractéristiques de la tension visualisée

1. Indique la tension visualisée sur l'oscilloscope.
2. Détermine
 - 2.1 la valeur maximale de la tension
 - 2.2 la valeur efficace de la tension.
3. Calcule
 - 3.1 la période de cette tension
 - 3.2 la fréquence de cette tension.
4.
 - 4.1 On coupe le balayage. Représente, en vraie grandeur l'aspect de l'écran de l'oscilloscope.
 - 4.2. Représente les branchements à réaliser pour obtenir sur l'écran les deux tensions suivantes : U_{NP} ; U_{RN} (On fera deux schémas différents)

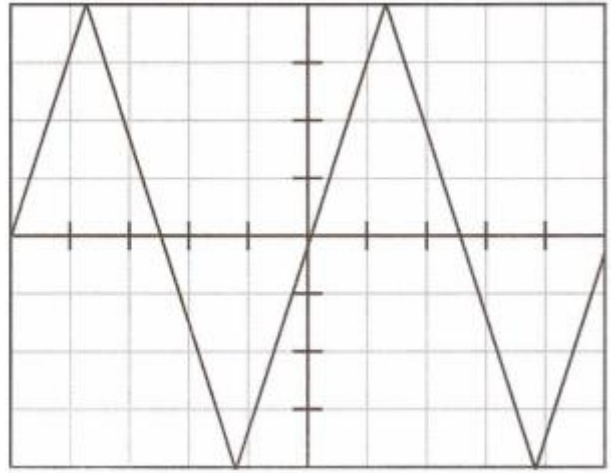
EXERCICE 1

Observe le graphe ci-dessous représentant une tension électrique.

1. Détermine sa période.
2. Calcule sa fréquence.
3. Détermine sa valeur maximale.

Sensibilité verticale de l'oscilloscope : 1 V/div

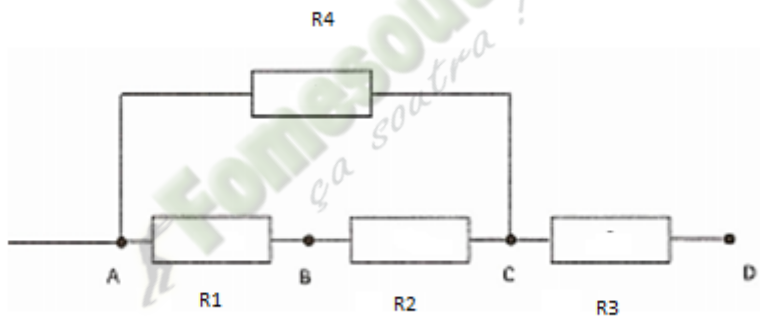
Sensibilité horizontale de l'oscilloscope : 0,05 s/div.



EXERCICE 2

Voici un extrait de schéma d'un circuit électrique.

1. Représente les tensions électriques U_{AB} , U_{BC} et U_{CD} .
2. Détermine les tensions aux bornes des dipôles R_2 et R_4 , sachant que $U_{AD} = 7,5$ V, $U_{AB} = 2,3$ V et $U_{CD} = 2$ V.



Leçon 10 : ETUDE EXPERIMENTALE DE QUELQUES DIPOLES PASSIFS

Situation d'apprentissage

Deux élèves en classe de 2nde C au Lycée Moderne de Zuénoula discutent. L'un soutient que tous les dipôles se comportent de la même façon dans un circuit électrique. L'autre n'est pas de cet avis. Pour s'accorder, ils informent les autres élèves de la classe. Avec leur professeur de Physique-Chimie, ils décident de tracer les caractéristiques d'un conducteur ohmique, d'une lampe à incandescence, d'une diode au silicium et d'une diode Zener, de les exploiter puis d'appliquer la loi d'Ohm.

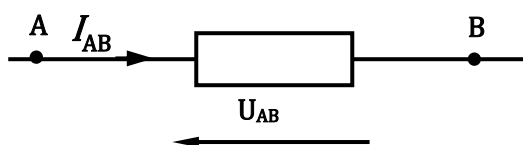
1- GENERALITES

1.1- Définition

- **Un dipôle** est un composant électrique ou une association de composantes électriques possédant deux bornes (ou pôles).
Exemples : le conducteur ohmique, la pile, la lampe...
- **Un dipôle passif** est un dipôle dont la tension à ses bornes hors d'un circuit est nulle.
Exemples : le conducteur ohmique, la lampe, la diode...

1.2- Caractéristique d'un dipôle passif

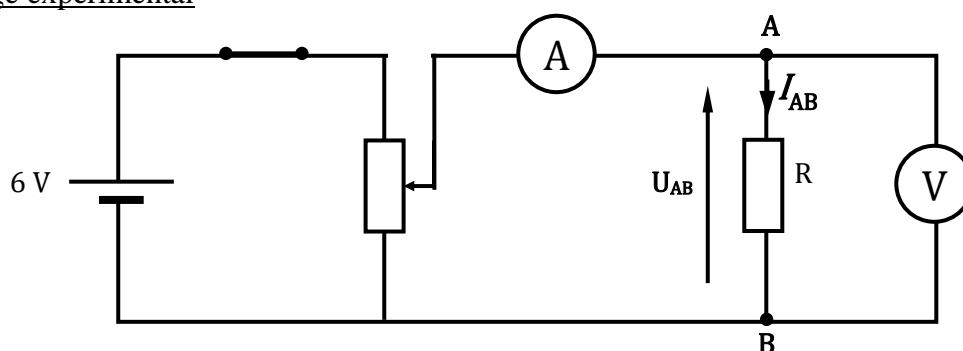
Dans un circuit électrique, la tension U_{AB} aux bornes d'un dipôle passif et l'intensité I_{AB} du courant qui le traverse sont représentées par des flèches de sens contraires



La représentation graphique de la fonction $I_{AB} = f(U_{AB})$ ou $U_{AB} = f(I_{AB})$ est la caractéristique intensité-tension ou tension-intensité du dipôle

2- ETUDE EXPERIMENTALE D'UN CONDUCTEUR OHMIQUE

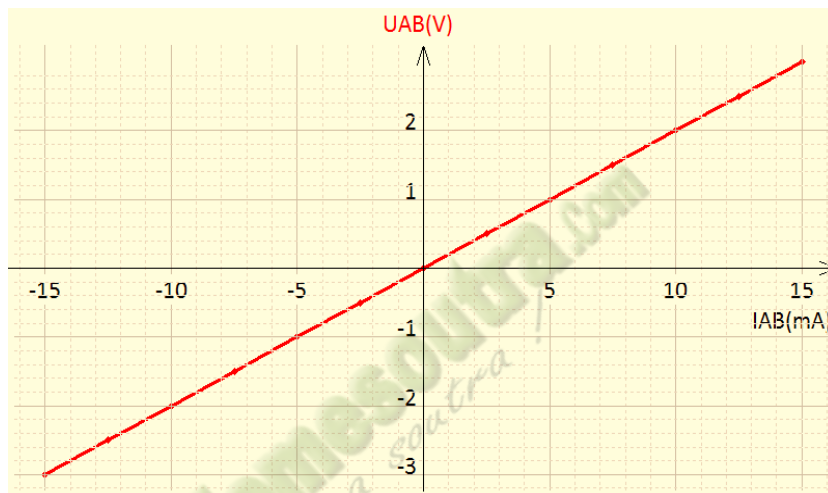
2.1 Montage expérimental



2.2 Résultats

	Courant inverse								Courant direct					
$U_{AB}(V)$	-3	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	
$I_{AB}(mA)$	-15	-12,5	-10	-7,5	-5	-2,5	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15	

2.3 Caractéristique intensité-tension



2.4 Exploitation de la caractéristique

La caractéristique est une droite passant par l'origine ; de plus en inverse comme en direct, le conducteur ohmique a le même comportement : c'est donc un dipôle passif linéaire et symétrique.

La tension est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse le dipôle.

Déterminons la pente de cette droite :

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{3 - (-3)}{0,015 - (-0,015)} = \frac{6}{0,03} = 200 \Omega$$

R est appelé résistance du conducteur ohmique. Elle mesure la capacité du conducteur ohmique à s'opposer au passage du courant. Elle se mesure en ohm (Ω).

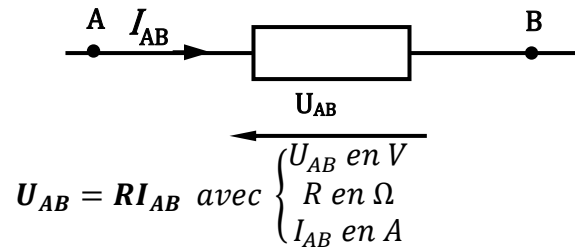
Remarque :

La conductance d'un conducteur ohmique est l'inverse de sa résistance. Elle s'exprime en siemens (S)

$$G = \frac{1}{R} \quad \text{AN : } G = \frac{1}{200} = 0,005 \text{ S}$$

2.5 Loi d'ohm

La tension aux bornes d'un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse :

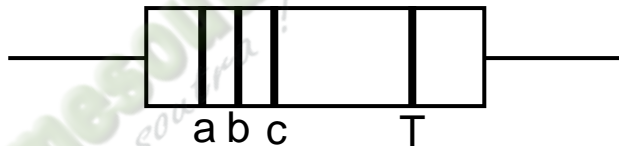


Activité d'application 1

Un conducteur ohmique est traversé par un courant d'intensité 250 mA ; la tension aux bornes de ce dipôle est alors égale à 24 V.

- 1- Détermine sa résistance R.
- 2- Détermine la tension à ses bornes lorsqu'il est traversé par un courant de 0,1 A.

2.6 Détermination de la résistance d'un conducteur ohmique par le code de couleur



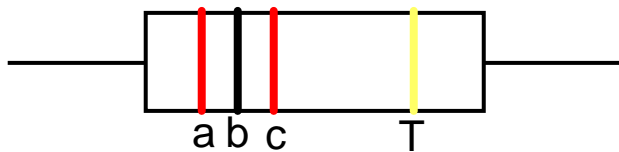
La valeur de la résistance est déterminée en juxtaposant les chiffres correspondant respectivement aux anneaux a et b, le nombre obtenu multiplié par 10 exposant du chiffre correspondant à l'anneau c, plus ou moins la tolérance.

$$R = [(ab) \cdot 10^c \pm T]$$

Tableau de code de couleur :

couleur	Noir	Brun	Rouge	Orange	Jaune	Vert	Bleu	Violet	Gris	Blanc	Or	Argent
a, b, c	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-1	-2
Tolérance (T)	1%	2%				0,5%	0,25%	0,1%			5%	10%

Exemple :

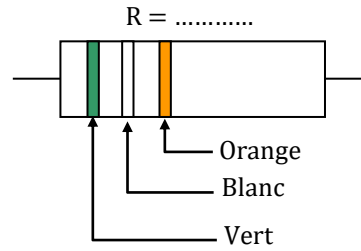
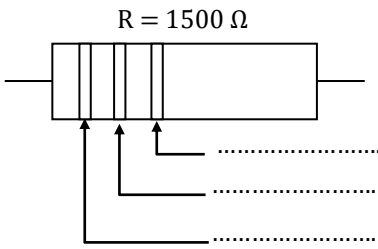


$$R = 20 \cdot 10^2 \pm 5\% \Omega$$

$$R = 200 \pm 10 \Omega \Rightarrow 190 \Omega \leq R \leq 220 \Omega$$

Activité d'application 2

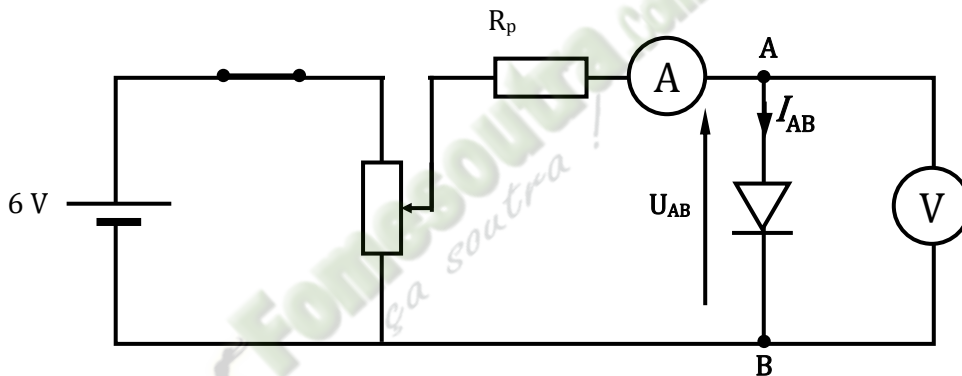
Compléter en indiquant les couleurs des anneaux ou en inscrivant la valeur de la résistance R



3- ETUDE EXPERIMENTALE DES QUELQUES DIPOLES NON LINEAIRES

3.1. La diode à jonction

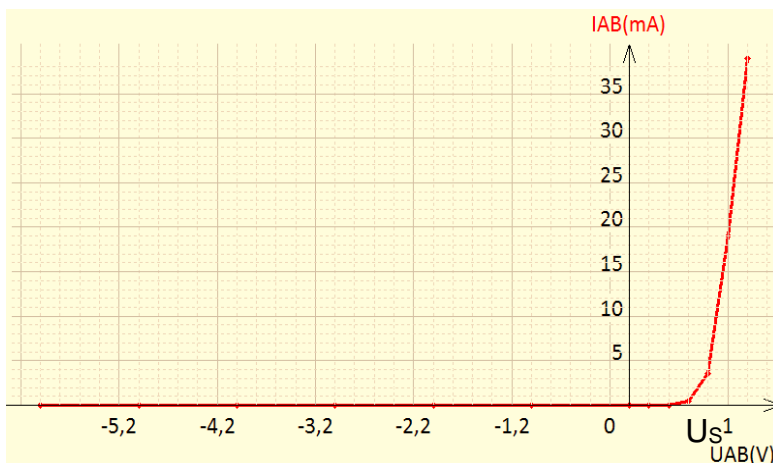
3.1.1- Montage expérimental



3.1.2- Résultats

	Courant inverse							Courant direct					
$U_{AB}(V)$	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2
$I_{AB}(mA)$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	3,5	19	39

3.1.2- Caractéristique tension-intensité



La caractéristique est une courbe non symétrique. La diode est donc un dipôle non linéaire et dissymétrique.

Sens direct ($U_{AB} > 0$) :

- Si $U_{AB} < U_S$, $I = 0$; la diode se comporte comme un isolant. On dit qu'elle est bloquée.
- Si $U_{AB} \geq U_S$, $I \neq 0$; la diode conduit le courant. On dit qu'elle est passante.

Sens inverse ($U_{AB} < 0$) :

L'intensité du courant est quasiment nulle, on considère que la diode est bloquée.

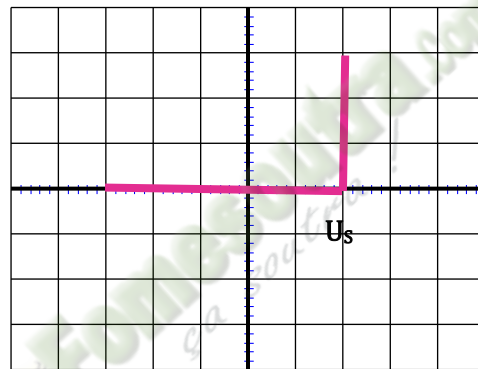
U_S est appelée tension seuil : c'est la valeur minimale de la tension U_{AB} à partir de laquelle la diode devient conductrice : Ici $U_S = 0,6 \text{ V}$.

Remarque :

Une diode parfaite est une diode telle que :

- $U_{AB} < U_S$; $I_{AB} = 0$, elle équivaut à un interrupteur ouvert. Elle est donc bloquée.
- $U_{AB} = U_S$; $I_{AB} \neq 0$, elle équivaut à un interrupteur fermé. Elle est donc passante.

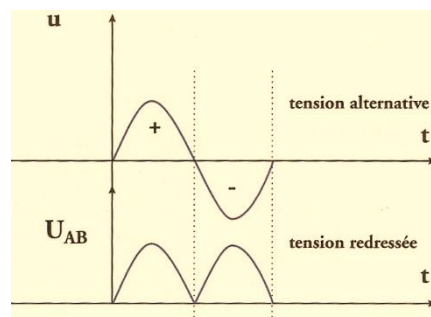
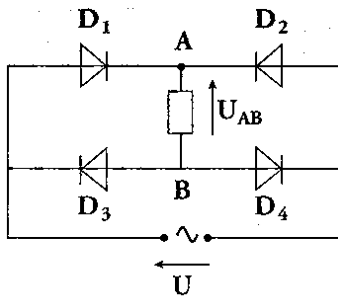
La diode idéale est une diode parfaite sans tension de seuil ($U_S = 0$).



3.1.3- Conclusion

Une diode est un dipôle dissymétrique qui ne conduit pratiquement le courant que dans un seul sens : sens direct ; la tension à ses bornes reste alors quasiment égale à la tension seuil.

3.1.4- Application de la diode : redressement du courant alternatif



Quel que soit le signe de U , $U_{AB} > 0$

La tension est donc redressée et on a une double alternance

Activité d'application 3

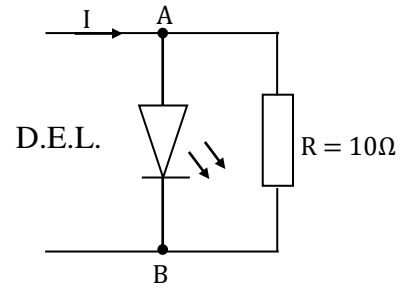
Le montage de la figure ci-contre est réalisé avec une diode électroluminescente (D.E.L.) de tension de seuil $U_s = 2 \text{ V}$. Une DEL émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant électrique.

1- On fixe $I = 90 \text{ mA}$

1-1- Déterminer la tension U_{AB} en considérant que la diode est bloquée.

1-2- L'hypothèse faite à la question précédente est-elle vérifiée ?

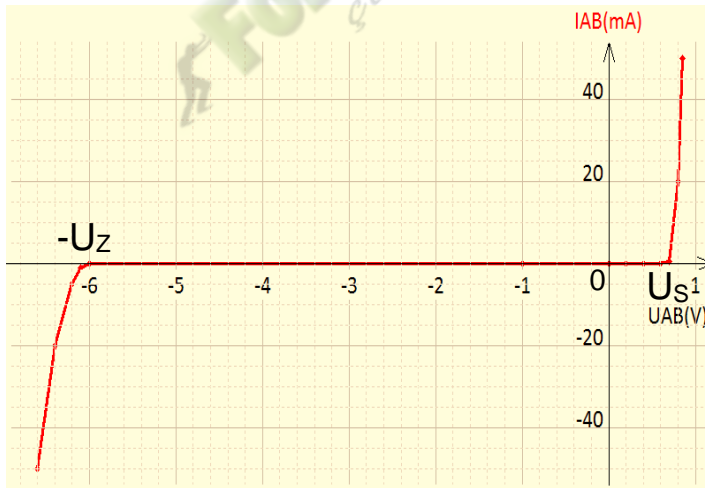
2- On augmente progressivement l'intensité du courant I . A partir de quelle valeur minimale I_m la diode commence-t-elle à émettre de la lumière ?



3.2 La diode Zener



➤ Son symbole est :



➤ Sa caractéristique est :

- Sens direct ($U_{AB} > 0$), la diode Zener se comporte comme une diode à jonction classique.
- Sens inverse ($U_{AB} < 0$) :
 - $-U_Z < U \leq 0$; $I = 0$; la diode Zener est bloquée.
 - $U \leq -U_Z$ la diode Zener est passante.

La tension U_Z est appelée **tension Zener**.

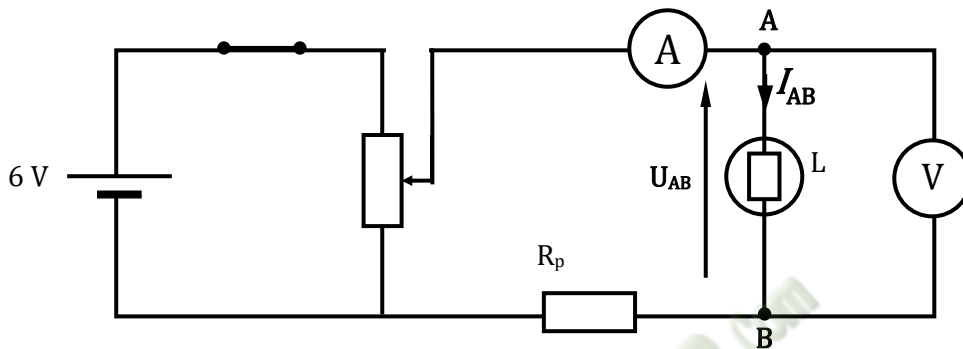
Ici $U_Z = 6 \text{ V}$

Remarque :

Les caractéristiques des diodes (à jonction et Zener) passent par l'origine du repère mais elles ne sont pas linéaires : les diodes sont des dipôles passifs non linéaires.

3.3. La lampe à incandescence

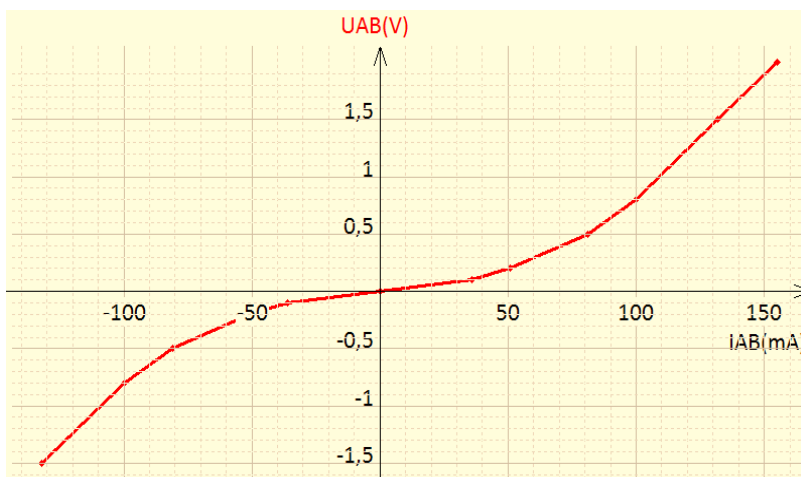
3.3.1- Montage expérimental



3.3.2- Résultats

	Courant inverse						Courant direct					
$U_{AB}(V)$	-1,5	-0,8	-0,5	-0,2	-0,1	0	0,1	0,2	0,5	0,8	1,5	2
$I_{AB}(mA)$	-132	-100	-81	-51	-36	0	36	51	81	100	132	155

3.3.2- Caractéristique intensité-tension



3.3.3- Exploitation de la caractéristique

La caractéristique passe par l'origine du repère et est symétrique par rapport à celle-ci, mais elle n'est pas une droite : c'est un dipôle passif symétrique non linéaire.

Le rapport $\frac{U}{I}$ varie : la résistance du filament d'une lampe à incandescence varie avec la température.

3.3.4- Conclusion

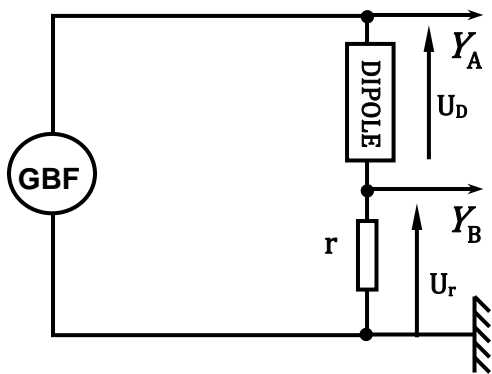
La lampe à incandescence est un dipôle symétrique non linéaire.

Remarque : la résistance d'un conducteur augmente avec la température.

4- VISUALISATION DE LA CARACTERISTIQUE D'UN DIPOLE PASSIF

Pour visualiser la caractéristique d'un dipôle passif à l'oscilloscope, on peut :

- Utiliser la fonction test de l'oscilloscope.
- Réaliser le montage ci-dessous.



Le sélecteur de base temps doit être sur la position XY.

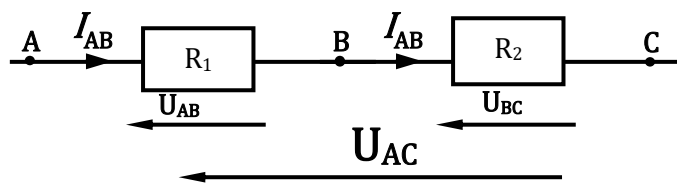
La résistance r doit être faible, de telle sorte que :

$$U_r \ll U_D ; \text{ on a alors : } U_r + U_D \cong U_D$$

5- ASSOCIATION DE DIPOLES PASSIFS

3.4. Associations de conducteurs ohmiques

5.1.1- Association en série



$$\text{On a : } U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \Rightarrow R_e I_{AB} = R_1 I_{AB} + R_2 I_{AB} \Rightarrow R_e = R_1 + R_2$$

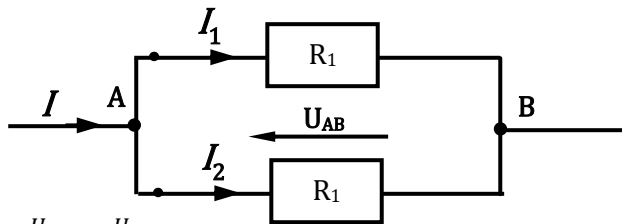
Le dipôle équivalent à l'association en série de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 est un conducteur ohmique de résistance R_e telle que :

$$R_e = R_1 + R_2$$

Pour plusieurs conducteurs ohmiques :

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

5.1.2- Association en parallèle



$$I = I_1 + I_2 \Rightarrow \frac{U_{AB}}{R_e} = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2}$$

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

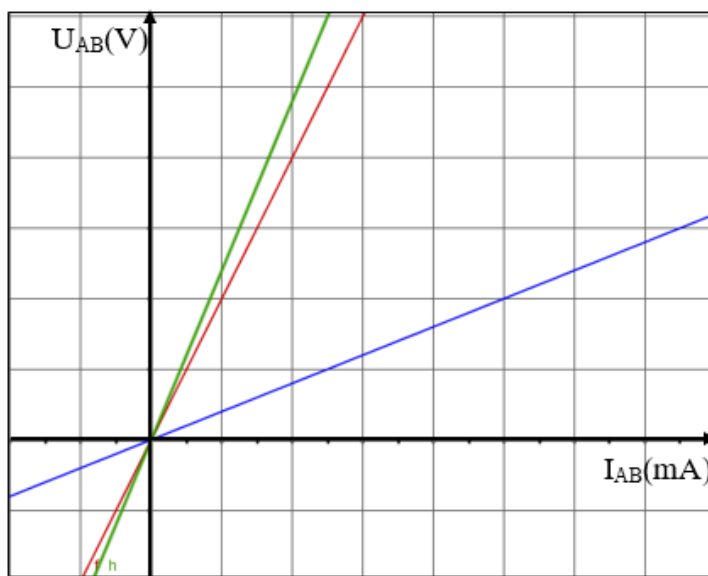
L'inverse de la résistance équivalente de l'association en dérivation de deux conducteurs ohmiques est égal à la somme des inverses de chacun de ces conducteurs ohmiques

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_e = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Pour plusieurs conducteurs ohmiques :

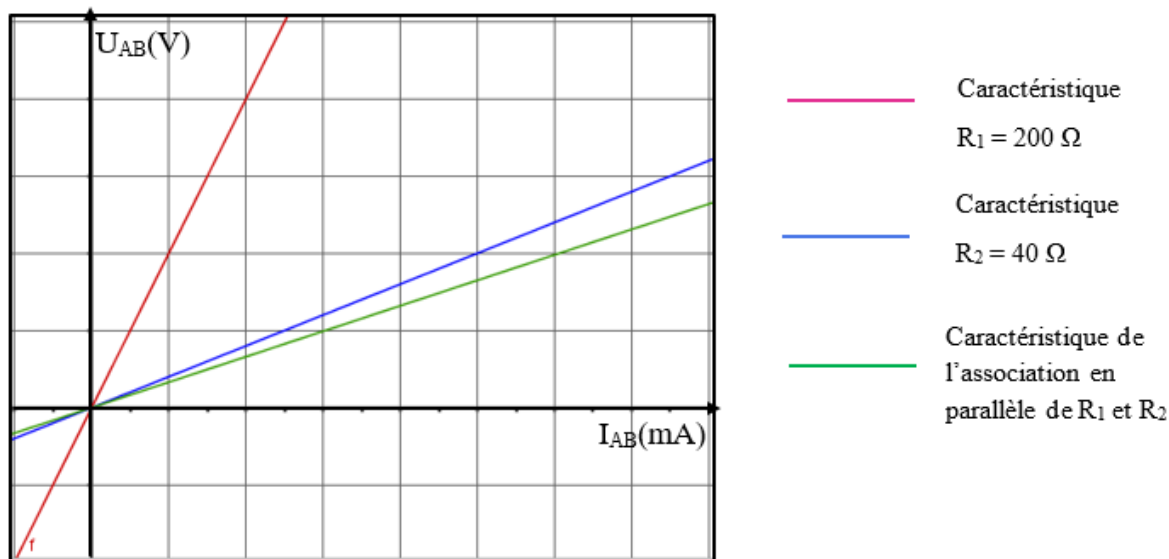
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

6- CARACTERISTIQUES DE L'ASSOCIATION DE DEUX CONDUCTEURS OHMIQUES



- Caractéristique $R_1 = 200 \Omega$
- Caractéristique $R_2 = 40 \Omega$
- Caractéristique de l'association en série de R_1 et R_2

Association en série



Association en parallèle

SITUATION D'EVALUATION

En vue de proposer un candidat pour le concours d'entrée dans une école d'électricité, un établissement scolaire d'excellence soumet ses meilleurs élèves du niveau 2^{de} C à un test de présélection.

Le test consiste pour chaque candidat, à identifier trois dipôles de natures différentes : dipôle 1 de bornes A et B, dipôle 2 de bornes C et D et dipôle 3 de bornes E et F. Pour ce faire, chaque candidat dispose en plus des trois dipôles, du matériel suivant :

- un générateur de tension continue ;
- un ampèremètre ;
- un voltmètre ;
- un potentiomètre.

Chaque candidat effectue ensuite deux expériences.

Expérience 1 : les candidats réalisent un montage qui permet de mesurer pour chaque dipôle, l'intensité I du courant électrique qui le traverse en fonction de la tension électrique U appliquée à ses bornes ; ils obtiennent avec chaque dipôle placé dans un sens puis dans l'autre par rapport au sens de I , les résultats suivants :

Dipôle 1

$U_{AB}(V)$	-0,45	-0,4	-0,35	-0,3	0	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65
$I_{AB}(mA)$	0	0	0	0	0	1,7	5	12,5	30	60	100	200	300

Dipôle 2

$U_{AB}(V)$	-7,5	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	7,5
$I_{AB}(mA)$	-350	-276	-245	-208	-166	-113	0	113	166	208	245	276	350

Dipôle 3

$U_{AB}(V)$	-4,5	-4,3	-4	-3,5	-3	-2	-1	0	0,4	0,5	0,7	0,8	7,5
$I_{AB}(mA)$	-100	-30	-10	4	0	0	0	0	1	2	4	30	350

Expérience 2 : les candidats mesurent successivement aux bornes de chaque dipôle en circuit ouvert, la tension électrique.

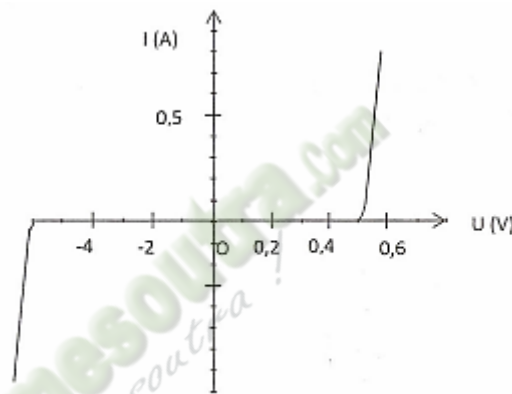
Tu participes à cette présélection et tu souhaites être le candidat de ton établissement.

1. Fais le schéma du montage électrique réalisé dans l'expérience 1.
2. Dégage l'information que fournit l'expérience 2.
3. Trace la caractéristique intensité-tension ou tension-intensité de chaque dipôle étudié.
4. Déduis des tracés précédents :
 - 4.1 la nature des dipôles ;
 - 4.2 les valeurs des grandeurs caractéristiques des dipôles 1 et 3.

EXERCICE 1

La caractéristique d'une diode Zener est représentée ci-dessous.

1. Détermine la valeur de la tension seuil de cette diode.
2. Détermine la valeur de sa tension Zener.



EXERCICE 2

Un conducteur ohmique de 600Ω est alimenté par une tension de 12 V.

1. Calcule l'intensité du courant qui le parcourt.
2. Ce conducteur ohmique, alimenté par la même tension, est monté en série avec un autre conducteur ohmique de résistance 500Ω .

Détermine :

- 2.1 la résistance équivalente de cette association.
- 2.2 l'intensité du courant qui parcourt cette association.

Leçon 11 : ETUDE EXPERIMENTALE D'UN DIPÔLE ACTIF. POINT DE FONCTIONNEMENT

Situation d'apprentissage

Deux élèves en classe de 2nde C au Lycée Moderne de Zuénoula discutent. L'un soutient que la pile se comporte comme un résistor dans un circuit électrique. L'autre n'est pas de cet avis. Pour s'accorder, ils informent les autres élèves de la classe. Avec leur professeur de Physique-Chimie, ils décident de tracer la caractéristique d'une pile, de déterminer sa force électromotrice et sa résistance interne puis de déterminer le point de fonctionnement de son association avec un dipôle passif.

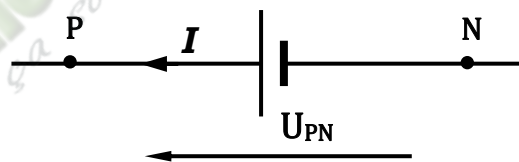
1- CARACTERISTIQUE INTENSITE-TENSION D'UNE PILE

1.1- Définition d'un dipôle actif

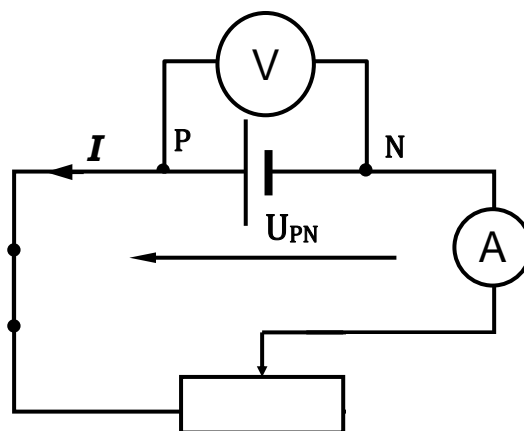
Un dipôle est dit **actif** s'il existe une tension entre ses bornes hors d'un circuit. Les dipôles actifs constituent **les générateurs de tension**.

Exemples : la pile, l'alternateur, l'accumulateur...

Symbole et convention :



1.2- Montage expérimental

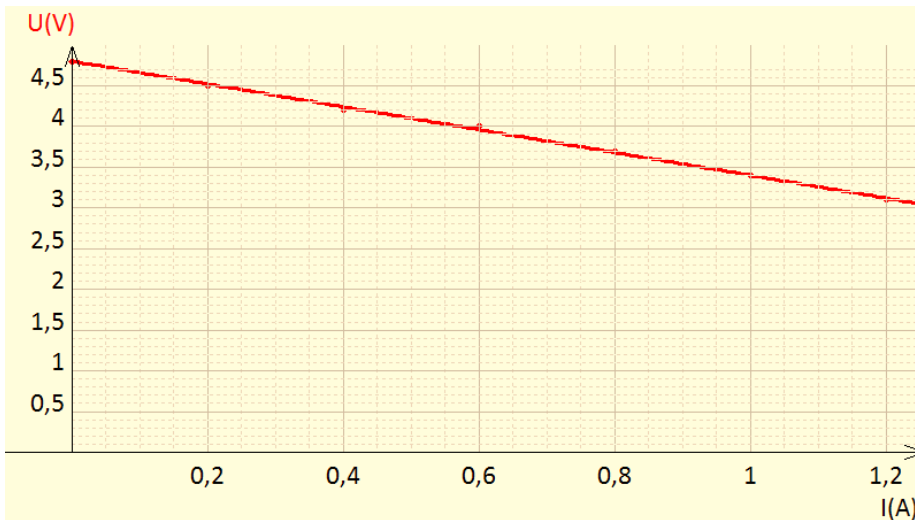


1.3

I (A)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2
U (V)	4,8	4,5	4,2	4	3,7	3,4	3,1

Tableau de mesure

1.4 Tracé de la caractéristique intensité-tension



1.5 Exploitation de la caractéristique

La caractéristique est une droite de pente (coefficient directeur) négative, ne passant pas par l'origine du repère.

Son équation est de la forme : $U_{PN} = aI + b$

- Pour $I = 0$; $U_{PN} = b$, b est l'ordonnée à l'origine et est appelé **force électromotrice** de la pile (**f.é.m.**). On la note **E**.
- a est le coefficient directeur de la droite : $a = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{3,1-4,8}{1,2-0} = -1,4$

Posons $-a = r$; r est appelé **résistance interne** de la pile. Elle s'exprime en ohm (Ω).

Ici $r = 1,4 \Omega$.

Donc la tension aux bornes de la pile est donnée par :

$$U_{PN} = E - rI$$

Remarque : si $r = 0$, alors $U_{PN} = E$; dans ces conditions, le **générateur de tension est dit idéal**.

1.6 Conclusion

La pile est un **générateur de tension linéaire**. Les générateurs de tension linéaires sont caractérisés par **une f.é.m. E** et **une résistance interne r**. La tension entre leurs bornes a pour expression :

$$U_{PN} = E - rI$$

Activité d'application 1

On branche un voltmètre aux bornes d'un dipôle D débranché. Celui-ci indique 3 V.

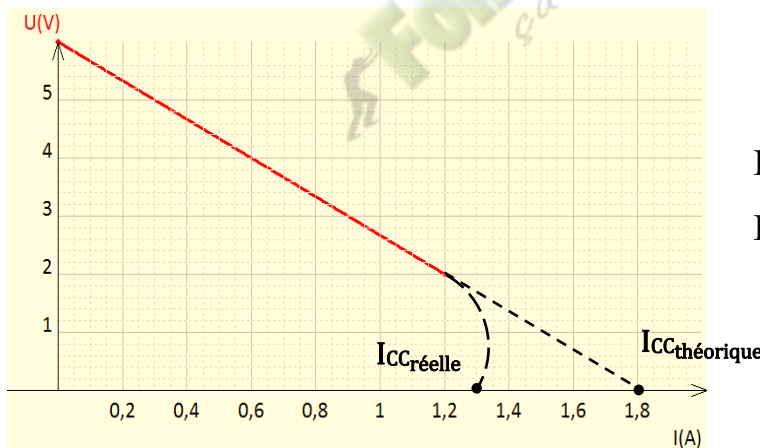
- 1- D est-il un dipôle actif ou un dipôle passif ?
- 2- A quoi correspond l'indication du voltmètre ?
- 3- La tension aux bornes du dipôle D est de 2,5 V quand il débite un courant d'intensité $I = 0,2$ A. Déterminer sa résistance interne r.

1.7 Intensité de court-circuit

L'intensité de court-circuit notée I_{CC} est l'intensité pour laquelle la tension aux bornes du dipôle actif est nulle.

$$U_{PN} = 0 \Rightarrow E - rI_{CC} = 0 \Rightarrow I_{CC} = \frac{E}{r}$$

Graphiquement



$$I_{CC\text{réelle}} < I_{CC\text{théorique}}$$

$$I_{CC\text{théorique}} = \frac{E}{r}$$

2- ASSOCIATION DIPOLE ACTIF ET DIPOLE PASSIF

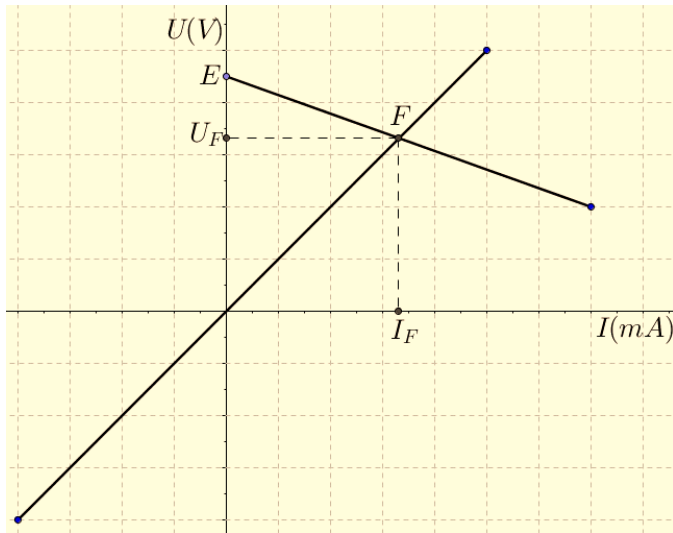
2.1 Point de fonctionnement

2.1.1- Définition

Le point de fonctionnement d'un circuit électrique constitué par un dipôle actif et un récepteur est le couple de valeurs $(I_F ; U_F)$ de l'intensité du courant électrique dans le circuit et de la tension électrique aux bornes du dipôle actif et du récepteur.

2.1.2- Détermination graphique du point de fonctionnement

On trace les caractéristiques intensité-tension des deux dipôles (actif et passif) sur le même graphique avec la même échelle. Le point de fonctionnement (I_F ; U_F) est le point d'intersection des deux courbes.



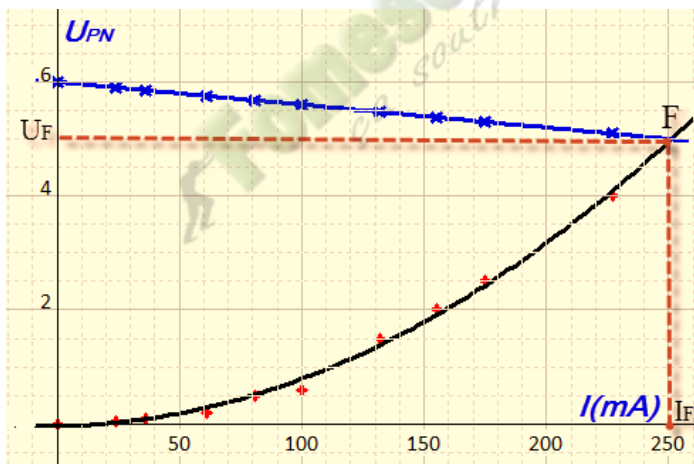
Graphiquement on a :

$$I_F = 330 \text{ mA et}$$

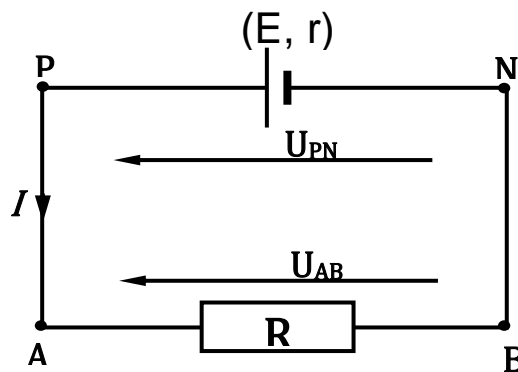
$$U_F = 3,3 \text{ V.}$$

Donc **F (0,33 A ; 3,3 V)**

NB : La détermination graphique est utilisée surtout lorsque le dipôle passif est non linéaire.



2.1.3- Détermination algébrique du point de fonctionnement



$$U_{PN} = E - rI \text{ et } U_{AB} = RI \text{ or } U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - rI = RI$$

$$\Rightarrow (R + r)I = E \Rightarrow I = \frac{E}{R+r}$$

Le point de fonctionnement est tel que :

$$I_F = \frac{E}{R+r} \text{ et } U_F = RI_F = E - rI_F. \quad (U_F = U_{PN} = U_{AB})$$

Activité d'application 2

Une pile de f.é.m. $E = 2 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 0,1 \text{ } \Omega$ alimente un conducteur ohmique de résistance $R = 3,9 \text{ } \Omega$.

1. Détermine l'intensité du courant dans le circuit et la tension aux bornes du générateur.
2. Déduis-en la tension aux bornes du conducteur ohmique.

Solution

1. Intensité du courant dans le circuit et tension aux bornes du conducteur ohmique.

$$I = \frac{E}{R+r} = I = \frac{2}{3,9+0,1} = 0,5 \text{ A.}$$

$$U_R = RI = 1,95 \text{ V.}$$

2. La tension aux bornes du générateur est égale à la tension aux bornes du conducteur ohmique.

$$U_G = U_R = 1,95 \text{ V.}$$

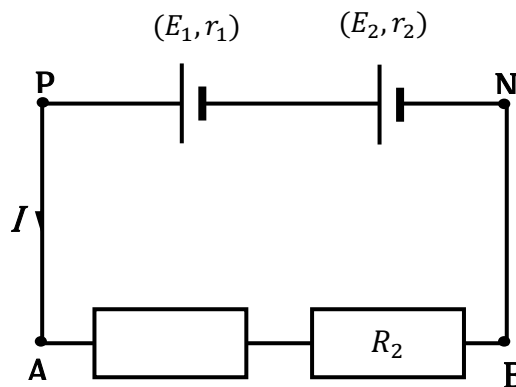
2.2 Loi de Pouillet

Dans un circuit en série comportant plusieurs piles en série concordance et des conducteurs ohmiques, l'intensité du courant s'obtient en divisant la somme des f.é.m. des piles par la somme des résistances des conducteurs ohmiques et des résistances internes des piles.

$$I = \frac{\sum E_i}{\sum R_i + \sum r_i}$$

Activité d'application 3

On considère le circuit électrique suivant :



- 1- Donner l'expression de l'intensité du courant qui traverse ce circuit
- 2- Calculer sa valeur numérique pour : $E_1 = 6 \text{ V}$, $r_1 = 2 \text{ } \Omega$, $E_2 = 4,5 \text{ V}$, $r_2 = 1,5 \text{ } \Omega$, $R_1 = 3 \text{ } \Omega$, $R_2 = 5 \text{ } \Omega$.

Solution

Expression de I et application numérique

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + r_1 + r_2} = \frac{6 + 4,5}{3 + 5 + 2 + 1,5} = 0,91 \text{ A}$$

SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe doit déterminer le point de fonctionnement d'un circuit électrique comportant une pile et un conducteur ohmique. L'intensité maximale admissible par la pile est $I_{\max} = 0,8 \text{ A}$. Le conducteur ohmique utilisé a une résistance $R = 59 \Omega$ et est caractérisé par une intensité maximale de 1 A . Les résultats des mesures de la tension aux bornes de la pile et de l'intensité qui traverse le circuit sont consignés dans le tableau suivant :

$U_{PN} \text{ (V)}$	4,5	4,4	4,3	4,2
$I \text{ (mA)}$	0	100	200	300

Il t'est demandé de conduire l'exploitation des résultats de l'expérience.

1.
 - 1.1 Définis un dipôle actif.
 - 1.2 Définis un dipôle passif.
 - 1.3 Indique entre les deux dipôles utilisés, le dipôle passif et le dipôle actif.
2. Trace sur le même graphique, la caractéristique intensité-tension de la pile et celle du conducteur ohmique.
Echelles : 2 cm pour 1 V et 1 cm pour 50 mA
3. Détermine :
 - 3.1- la f.é.m. E de la pile ;
 - 3.2- la résistance interne de la pile.
4. Détermine le point de fonctionnement de l'association des deux dipôles.

EXERCICE 1

Une pile de f.é.m. $E = 4 \text{ V}$ et de résistance interne $r = 5 \Omega$ est montée en série avec un conducteur ohmique de résistance $R = 100 \Omega$.

Détermine :

- 1) l'intensité I du courant dans le circuit.
- 2) la tension U_{PN} aux bornes de la pile.

EXERCICE 2

Régina effectue des mesures sur une pile de f.é.m. E et de résistance interne r inconnues.

- Il branche un voltmètre à ses bornes en circuit ouvert; la tension mesurée est de 15 V .
 - Il mesure la tension à ses bornes quand l'intensité qu'elle débite a pour valeur $I = 1 \text{ A}$; il trouve $U_{PN} = 9,8 \text{ V}$.
1. Donne la valeur de la f.é.m. E de la pile.
 2. Écris la loi d'Ohm aux bornes de cette pile.
 3. Détermine la résistance interne r de la pile.

Leçon 12 : LE TRANSISTOR : UN AMPLIFICATEUR DE COURANT. LA CHAÎNE ÉLECTRONIQUE

Situation d'apprentissage

Une élève de la 2nd C du Lycée Moderne de Bouaflé suit un documentaire relatif aux technologies de l'information et de la communication sur la RTI 1. Elle apprend ceci : « **Le transistor est un composant beaucoup utilisé en électronique. Sa découverte en 1948 a permis la fabrication d'appareils électroniques de faible encombrement pouvant fonctionner avec peu d'énergie** ».

Le lendemain elle informe ses camarades de classe. Pour en savoir davantage, le professeur les met en situation de classe pour identifier les domaines de fonctionnement du transistor et déterminer son coefficient d'amplification.

1- LE TRANSISTOR A JONCTION

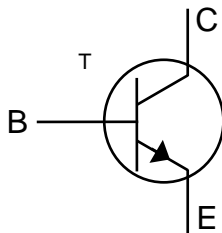
1.1- Description et symbole

Le **transistor** est l'élément de base de tout circuit électronique. C'est un composant électronique comportant trois bornes : la base (B), le collecteur (C) et l'émetteur (E).

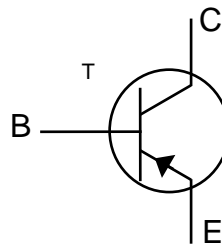
Il existe deux types de transistors à jonction :

- Le transistor NPN
- Le transistor PNP

Symboles



Le transistor NPN



Le transistor PNP

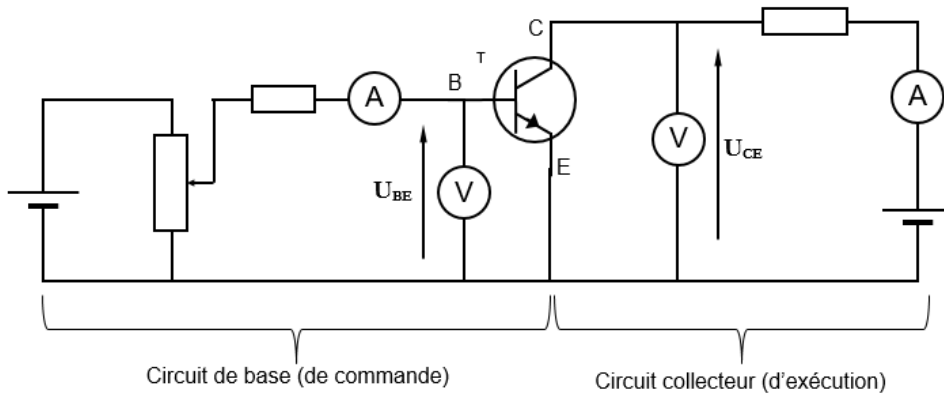
Remarque :

Les deux types de transistor diffèrent par le sens de la flèche au niveau de l'émetteur.

la flèche indique le sens du courant dans l'émetteur (E).

1.2- Fonctionnement du transistor NPN

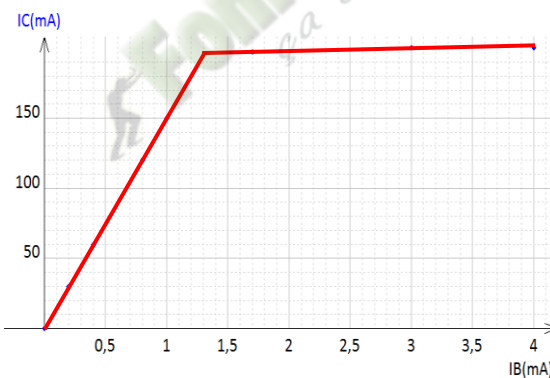
1.2.1- Montage expérimental



1.2.2- Tableau de mesure

$U_{BE}(V)$	0	0,2	0,4	0,6	0,65	0,7	0,75	0,77	0,79	0,81	0,82
$I_B(mA)$	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8	1,0	1,7	3	4
$I_C(mA)$	0	0	0	0	30	60	120	150	197	200	200

1.2.3- Caractéristique $I_C = f(I_B)$



1.2.4- Exploitation de la caractéristique

Cette caractéristique fait apparaître deux régimes :

- $0 < I_B < 0,9 \text{ mA}$: **Fonctionnement linéaire** ; I_C est proportionnelle à I_B : $I_C = \beta \cdot I_B$ avec $\beta \gg 1$; le transistor fonctionne en **amplificateur de courant**.

La loi des nœuds donne : $I_E = I_C + I_B = \beta \cdot I_B + I_B = (\beta + 1) \cdot I_B$.

$\beta \gg 1 \Rightarrow I_E \cong \beta \cdot I_B$; soit $I_E = I_C$

- $I_B > 0,9 \text{ mA}$: I_C est constante ; on dit que **le transistor est saturé**. La tension U_{CE} devient pratiquement nulle. Le transistor se comporte comme un fil conducteur.

Remarque :

On constate aussi que le transistor possède une tension seuil $U_s = 0,6 \text{ V}$:

- Si $U_{BE} < 0,6 \text{ V}$ alors $I_B = 0$ et $I_C = 0$; le transistor est bloqué. Le circuit entre le collecteur et l'émetteur est non conducteur.

- Si $U_{BE} > 0,6 \text{ V}$ alors $I_B \neq 0$ et $I_C \neq 0$; le transistor est débloqué. Tous les circuits sont conducteurs.

1.2.5- Conclusion

En fonction des valeurs de I_B , le transistor peut fonctionner :

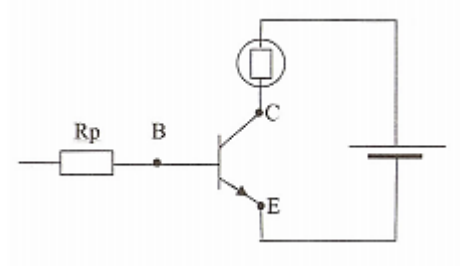
- **En commutateur** (tout ou rien) ; il bascule de l'état bloqué (rien) à l'état saturé (tout),
- **En amplificateur de courant** ; l'intensité I_B est amplifiée. $I_C = \beta \cdot I_B$ et $I_E \cong I_C$.

Dans les deux cas, le comportement du dipôle CE est commandé par le courant de base.

Activité d'application 1

Soit une partie d'un circuit représenté ci-contre :

1. Complète le schéma avec une autre pile afin de débloquent le transistor.
2. Indique alors le sens des différents courants.
3. Nomme ces différents courants.
4. Précise le rôle du conducteur ohmique R_p .



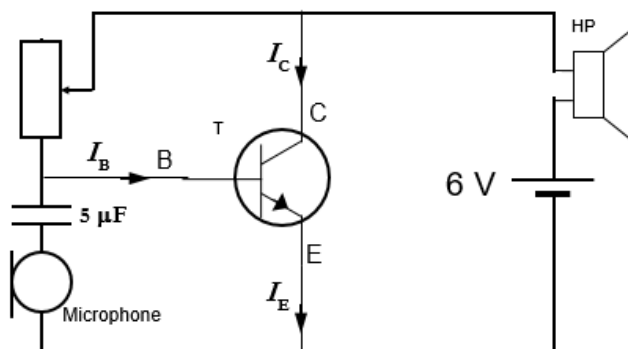
Activité d'application 2

Le gain d'amplification de courant d'un transistor est $\beta = 150$.

En régime linéaire, on mesure $I_C = 400 \text{ mA}$.

- 1- Détermine l'intensité I_B du courant de base.
- 2- Détermine l'intensité I_E du courant sortant de l'émetteur.

1.3- Application : amplification du son d'un microphone



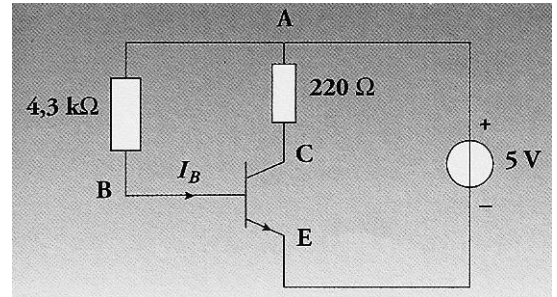
Le microphone est comme une résistance variable qui varie en fonction des vibrations de l'air provoqué par le son. Le son (la voix par exemple) entraîne une variation de la résistance du microphone et donc une faible variation ΔI_B du courant de base. A cette variation, correspond une variation plus grande du courant du collecteur :

$\Delta I_C = \beta \Delta I_B$, transformée en son par le haut-parleur.

Activité d'application 3

Dans le circuit schématisé ci-contre, on mesure $U_{AC} = 3,1 \text{ V}$.

- 1- Le transistor est-il bloqué ou passant?
- 2- L'intensité de saturation
 $I_{C_{\max}} = 200 \text{ mA}$. Calculer I_C . Le transistor est-il saturé?
- 3- Le gain en courant du transistor est égal à 140. Calculer I_B , U_{AB} et U_{BE} .



2- LA CHAÎNE ELECTRONIQUE

Une chaîne électronique comprend :

- **Un capteur** ; c'est un dispositif qui détecte un signal (électrique ; mécanique ; optique ...) et le transforme en signal électrique généralement faible :

Exemples de capteur

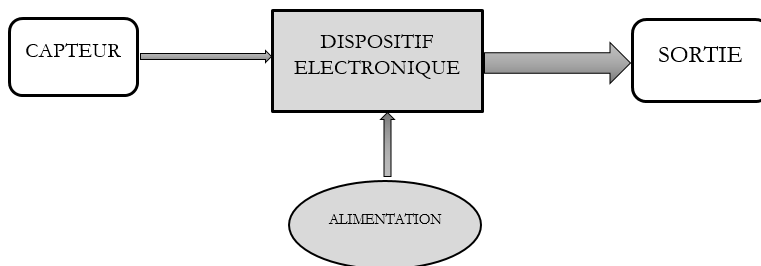
- Capteur de température CTN (sa résistance diminue lorsque sa température augmente).
- Thermistance CTP (sa résistance diminue lorsque sa température augmente).
- Capteur de lumière (LDR, photodiode, cellule photoélectrique...).
- Capteur d'humidité.
- Capteur de pression.
- Capteur de son (microphone).
- Capteur de fumée ...

- **Un dispositif électronique et son alimentation** amplifie, filtre ... le signal transmis par l'entrée.

Exemple : le transistor

Pour fonctionner, il nécessite une alimentation.

- **Une ou plusieurs sorties vers des appareils d'utilisation** : une sonnerie, un voyant lumineux, un écran de contrôle, un afficheur numérique, un haut-parleur...



Activité d'application

- 1- Cite les éléments d'une chaîne électronique.
- 2- Illustre chaque élément par un exemple de ton environnement.

SITUATION D'ÉVALUATION

Après le cours sur le transistor, un groupe de trois élèves de la 2^{de} C désirent obtenir un système d'éclairage automatique dès que l'obscurité s'installe. Ils réalisent pour cela le circuit schématisé ci-contre qui comprend :

- un générateur de f.é.m. $E = 6\text{ V}$ et de résistance interne négligeable ;
- un transistor NPN, de coefficient d'amplification en courant $\beta = 100$ et ne pouvant fonctionner qu'avec une tension $U_{BE} \geq 0,6\text{ V}$;
- une photorésistance X ayant une résistance valant $8\text{ M}\Omega$ à l'obscurité et $30\ \Omega$ lorsqu'elle est éclairée. A l'obscurité, on négligera le courant dans la branche de la photorésistance à cause de la très grande valeur de la résistance.

- une ampoule électrique A de caractéristiques ($4,5\text{ V}$; 100 mA) ; un écran évite que cette ampoule, lorsqu'elle brille, n'éclaire la photorésistance.

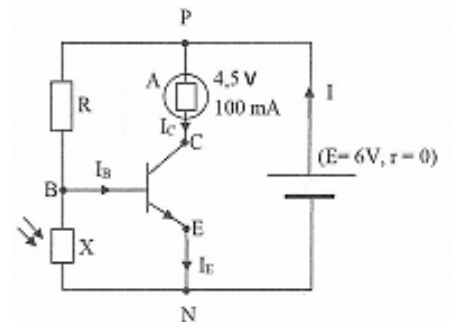
- un conducteur ohmique de résistance $R = 5\text{ k}\Omega$.

A la lumière, on suppose le transistor bloqué ($I_C = 0$).

A l'obscurité, on suppose le transistor passant ($I_C = 100\text{ mA}$) :

Tu es membre du groupe.

1. Identifie sur ce schéma les différents éléments de la chaîne électronique.
2. A la lumière :
 - 2.1. Calcule I_B , I_E , I , U_{BE} et U_{CE} .
 - 2.2. Dis si le transistor est effectivement bloqué.
 - 2.3. Précise alors l'état de la lampe.
- 3- A l'obscurité :
 - 3.1 Calcule I_B , I_E , I , U_{BE} et U_{CE} .
 - 3.2 Dis si le transistor est effectivement passant.
 - 3.3 Précise alors l'état de la lampe.
4. Dédus de ce qui précède si le projet est réussi.



EXERCICE

Recopie chaque numéro figurant dans le texte ci-dessous et écris en face le mot ou le groupe de mots qui convient : **proportionnelle ; saturé ; la base ; interrupteur fermé ; l'émetteur ; amplifie ; trois ; le collecteur.**

Un transistor est un composant électronique.

Le transistor a ...(1)... bornes. Les bornes du transistor sont ...(2)..., ...(3)... et ...(4)... Le transistor ...(5)... le courant de base. A partir d'une certaine valeur du courant de base I_B , le courant du collecteur n'est plus ...(6)... au courant de base I_B . On dit que le transistor est ...(7)... . Il se comporte alors comme un ...(8)...

Chimie

 Fomesoutra.com
ça soutra!

Leçon 01 : L'ÉLÉMENT CHIMIQUE

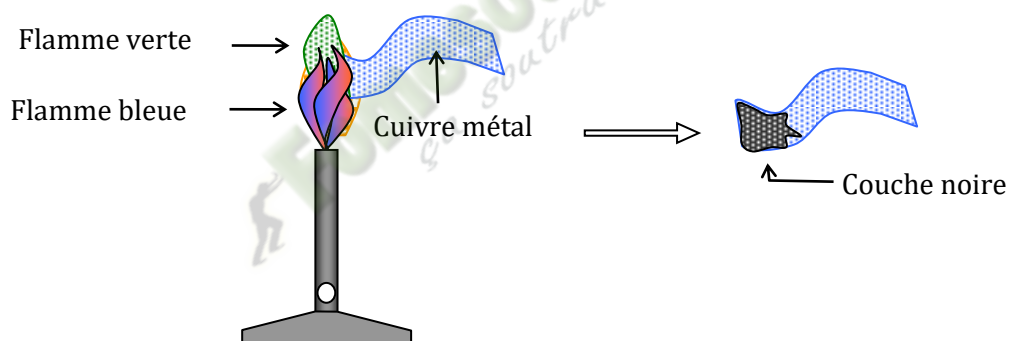
SITUATION D'APPRENTISSAGE

Koffi et ses camarades en classe de 2ndC au Lycée Moderne 2 de Bouaflé ont découvert sur internet que le sang contient l'élément fer. Koffi n'est pas d'accord car pour lui, tout ce qui contient du fer est attiré par l'aimant. Pour comprendre cette affirmation, la classe entreprend sous la supervision du professeur, de définir la notion d'élément chimique à partir de quelques réactions chimiques, d'écrire les symboles de quelques éléments chimiques et les nommer.

1- Mise en évidence expérimentale de l'élément cuivre

1.1. Réaction entre le cuivre et le dioxygène de l'air

1.1.1. Expérience et observations

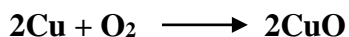


La combustion du cuivre

1.1.2. Conclusion

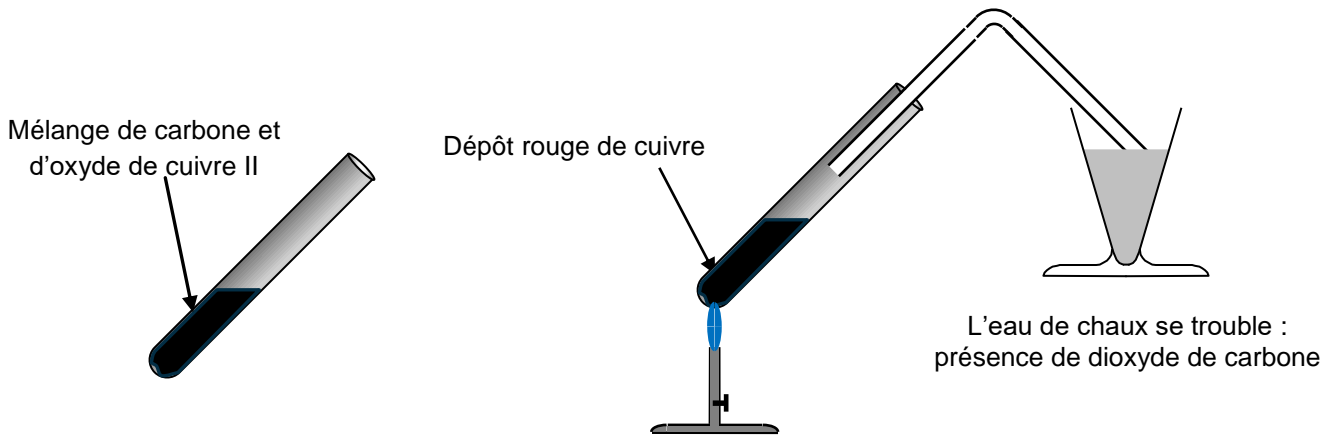
Le métal cuivre(Cu) réagit avec le dioxygène de l'air (O₂) pour donner l'oxyde de cuivre II (CuO).

Cette réaction est traduite par l'équation bilan suivante :



1.2. Action du carbone sur l'oxyde de cuivre II

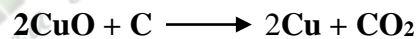
1.2.1. Expérience et observations



Action du carbone sur l'oxyde de cuivre

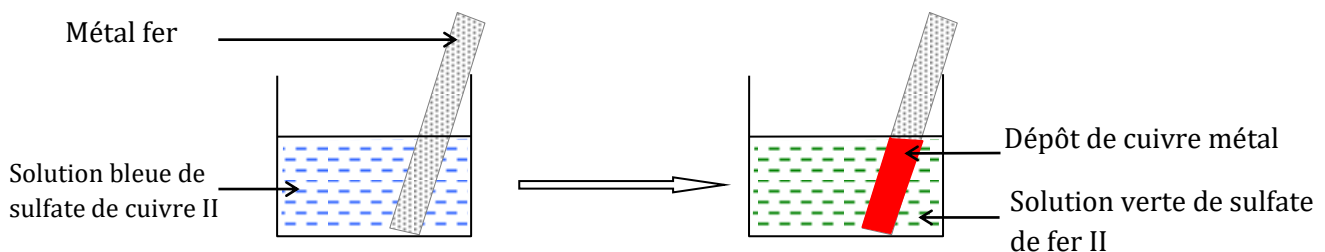
1.2.2. Conclusion

Le carbone et l'oxyde de cuivre II réagissent pour donner du métal cuivre et du dioxyde de carbone suivant l'équation-bilan :



1.3. L'action du fer sur les ions cuivre

1.3.1. Expérience et observations



Réaction entre le fer et les ions cuivre II

1.3.2. Observations et interprétation

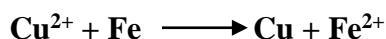
La solution se décolore : les ions Cu^{2+} disparaissent.

Le fer se recouvre de métal cuivre (Cu).

La solution devient verte : des ions Fe^{2+} apparaissent.

1.3.3. Conclusion

Sous l'action du fer, les ions Cu^{2+} se transforment en métal cuivre (Cu) :



2. Définition de l'élément chimique

L'élément chimique est ce qui est commun à un corps simple et à tous ces composés.

Un corps simple est constitué d'un seul élément : EX : H_2 ; Ne ; O_3

Un corps composé est constitué de plusieurs éléments : EX : H_2O ; NH_3 ; CH_4

Remarque : Au cours des différentes réactions chimiques, les atomes des éléments chimiques se sont conservés.

3. Symboles des éléments chimiques

On dénombre actuellement 118 éléments chimiques dont 3 sont en attentes de confirmation. 25 sont artificiels et 93 naturels.

Le symbole d'un élément est toujours une lettre majuscule, la première du nom français, latin, etc... suivie quelques fois d'une seconde lettre minuscule pour différenciation.

Elément	Carbone	Azote	Oxygène	Soufre	Cobalt	Tungstène	Calcium	or	Argent
symbole	C	N	O	S	Co	W	Ca	Au	Ar

Activité d'application

Complète les phrases ci-dessous par les mots ou symboles qui conviennent.

1. Les éléments chimiques communs aux hydrocarbures, au sucre ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) et à l'alcool ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) sont le et l'.....
2. Ces éléments sont reconnus par leurs symboles et

SITUATION D'ÉVALUATION

Le Professeur de Physique-Chimie organise une séance de travaux dirigés de chimie à l'endroit de votre classe. Il met à votre disposition les espèces chimiques suivantes : Cl_2 ; NH_3 ; CO_3^{2-} ; $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$; $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, HCl ; $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$; O_2 .

Il vous demande de trouver un lien entre certaines espèces chimiques. Les membres d'un groupe n'y arrivent pas. Ils te sollicitent pour les aider.

1.
 - 1.1. Cite les éléments chimiques qui forment les espèces chimiques citées plus haut.
 - 1.2. Nomme chacun de ces éléments chimiques.
2. Classe les espèces chimiques mises à la disposition des élèves selon qu'elles ont en commun un élément chimique.
3. Précise le lien entre les composés :
 - 3.1 $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ et $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
 - 3.2 NH_3 et $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

EXERCICE 1

Le sulfure de fer, l'oxyde de fer II, le métal fer, le monoxyde de carbone sont des corps purs.

1. Le soufre est l'élément chimique commun à ces corps.
2. Le carbone est l'élément chimique commun à ces corps.
3. Aucun élément chimique n'est commun à ces corps.
4. L'oxygène est l'élément chimique commun à ces corps.

Entoure le chiffre correspondant à la bonne réponse

EXERCICE 2

Complète le texte suivant avec les mots ou groupes de mots qui conviennent :

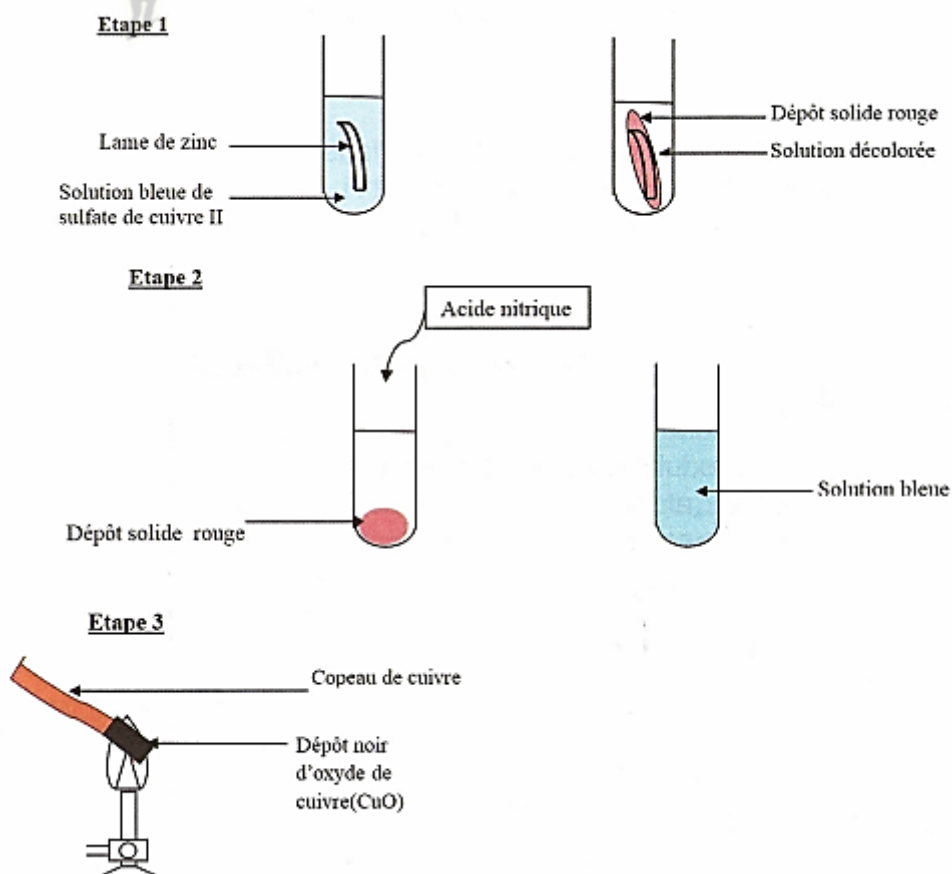
Elément ; Sulfure d'hydrogène ; sulfure de fer ; soufre.

Le soufre, de couleur jaune est utilisé en médecine et comme produit d'expérience dans les laboratoires. Lorsqu'on brûle un mélange homogène de poudre de fer et de soufre, il se forme un solide gris appeléL'action de l'acide chlorhydrique sur le solide gris, produit du qui à son tour, donne du solide en présence de dioxygène. Le soufre est commun au soufre et à tous ces composés : c'est un chimique.

EXERCICE 3

Lors de la fête du cinquantenaire de ton établissement, l'exposition de ton club de chimie a fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des élèves.

Des élèves de seconde C₃ présents sur les lieux apprennent, à partir des expériences décrites ci-dessous, que le cuivre est un élément chimique



Etant responsable du stand, tu es désigné pour conduire l'exploitation des observations des expériences afin de permettre aux visiteurs de connaître les différents aspects du cuivre.

1. Donne la nature du dépôt solide rouge observé sur la lame de zinc.
2. Dis ce qui colore la solution en bleu dans l'étape 2.
3. Précise les différents aspects du cuivre mis en évidence.
4. Justifie que le cuivre est un élément chimique.

Fomesoutra.com
ça soutra!

Leçon 02 : STRUCTURE DE L'ATOME

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 2^{nde}C au Lycée moderne de Bouaflé apprend de son frère qui est en classe de Terminale que toute matière est faite à partir d'atomes et qu'à un élément donné il correspond un atome. Emmerveillé, il partage l'information avec ses camarades de classe. Aidés de leur professeur de Physique-Chimie, les élèves entreprennent de décrire un atome, de déterminer la structure électronique d'un atome et d'écrire les représentations de Lewis de quelques atomes.

1. Les constituants de l'atome

L'atome est constitué d'un **noyau** autour duquel gravitent un ou plusieurs **électrons**.

1.1- L'électron

Nom	Symbole	Masse	Charge
Electron	e^-	$9,1. 10^{-31} \text{ kg}$	$- 1,6. 10^{-19} \text{ C}$

1.2- Le noyau

Le noyau est constitué de **protons** et de **neutrons**. L'ensemble de ces éléments est appelé **nucléons**.

Leurs caractéristiques sont :

Nom	Symbole	Masse	Charge
Proton	p	$1,67. 10^{-27} \text{ kg}$	$+ 1,6. 10^{-19} \text{ C}$
Neutron	n	$1,67. 10^{-27} \text{ kg}$	0 C

1.3- Electroneutralité de l'atome

Dans un atome, les charges positives des protons compensent les charges négatives des électrons : on dit que l'atome est **électriquement neutre**.

2. Masse et dimensions des atomes

2.1. Masse d'un atome

On a : $m_p = 1,67. 10^{-27} \text{ kg}$ et $m_{e^-} = 9,1. 10^{-31} \text{ kg}$

$$\frac{m_p}{m_{e^-}} = \frac{1,67. 10^{-27}}{9,1. 10^{-31}} \approx 1835 \Rightarrow m_p \approx 1835 \times m_{e^-}$$

La masse des nucléons étant très supérieures à celle des électrons ($m_p = m_n \approx 1835 \times m_{e^-}$), la masse de l'atome est **pratiquement égale** à celle de son noyau.

2.2. Dimension de l'atome

Le rayon de l'atome est environ **100.000** fois plus grand que celui du noyau. Il existe donc un **grand vide** entre le noyau et les électrons : on dit que l'atome a une **structure lacunaire**.

3. Nucléides et isotopes

3.1. Numéro atomique et nombre de masse

Le **numéro atomique Z** d'un atome est le **nombre de protons** que contient cet atome.

Le **nombre de nucléons** de l'atome est aussi appelé **nombre de masse A**.

Le nombre de neutrons est : $N = A - Z$.

Remarque : la masse approximative de l'atome est : $m_{at} = A \times m_p$.

3.2. Nucléide

Un nucléide est l'ensemble des atomes dont le noyau possède le même couple (**Z, A**). Il est représenté par le symbole A_ZX ; X est le symbole de l'élément chimique.

Exemples :

- ${}^{16}_8O$ et ${}^{23}_{11}Na$ sont deux nucléides différents.
- ${}^{16}_8O$ et ${}^{16}_8O^{2-}$ sont deux espèces chimiques d'un même nucléide.

3.3. Isotopie

On dit que deux nucléides sont **isotopes** s'ils ont le même numéro atomique Z mais des nombres de masse A différents.

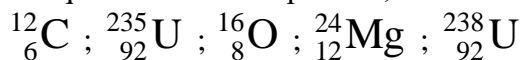
Exemple :

- ${}^{16}_8O$ et ${}^{18}_8O$ sont des isotopes de l'élément oxygène.
- ${}^{12}_6C$, ${}^{13}_6C$ et ${}^{14}_6C$ sont des isotopes de l'élément carbone.

Remarque : L'ensemble des nucléides qui ont le même numéro atomique Z constitue un élément chimique. L'élément chimique est donc caractérisé par son numéro atomique Z.

Activité d'application 1

1) Indique le nombre de protons, de neutrons et d'électrons dans les espèces suivantes :



2) Que peux-tu dire des nucléides ${}^{235}_{92}\text{U}$ et ${}^{238}_{92}\text{U}$? Justifie ta réponse.

3) Calcule les masses approximatives des espèces suivantes : ${}^{35}_{17}\text{Cl}$; ${}^{24}_{12}\text{Mg}$.

4. Structure électronique des atomes

4.1. Couches électroniques

Les électrons d'un atome se répartissent sur différentes couches appelées **niveaux d'énergie**. Ces niveaux d'énergie ou couches sont désignés par des lettres majuscules : **K, L, M, N,**

4.2. Répartition des électrons dans les couches

Couche	K	L	M	N	
Nombre maximum d'électrons	2	8	18	32	

4.3. Formule électronique

Pour représenter la structure électronique d'un atome, on répartit successivement ses électrons sur les différentes couches en commençant par la couche **K**. On passe à la couche suivante lorsque la couche en remplissage est **saturée**.

Application : Exemple de l'aluminium

Al ($Z = 13$) a pour formule électronique $K^2L^8M^3$.

Activité d'application 2

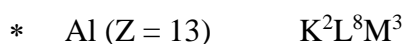
Ecris la formule électronique des atomes suivants : ${}^{12}_6\text{C}$; ${}^{35}_{17}\text{Cl}$; ${}^4_2\text{He}$; ${}^{24}_{12}\text{Mg}$; ${}^{40}_{20}\text{Ca}$

4.4. Représentation de LEWIS des atomes

La représentation de LEWIS a pour but de schématiser la couche externe d'un atome :

- Les électrons célibataires sont représentés par un point (●).
- Les doublets d'électrons non liants sont représentés par un tiret (—).

Exemples :

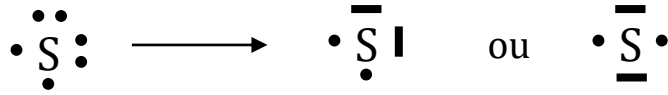


La couche externe est la couche M, comportant trois électrons ($3e^-$), on :



* S (Z = 16) K²L⁸M⁶

La couche externe comporte six électrons (6 e⁻) ; on a :

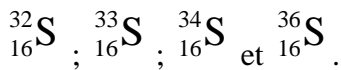


Activité d'application 3

Ecris la représentation de Lewis des atomes suivants : ${}_{6}^{12}\text{C}$; ${}_{17}^{35}\text{Cl}$; ${}_{2}^{4}\text{He}$; ${}_{12}^{24}\text{Mg}$; ${}_{20}^{40}\text{Ca}$

SITUATION D'EVALUATION

Au cours de ses recherches sur internet, Yao, élève en classe de seconde C au lycée moderne de Bonon, découvre les 4 nucléides stables du soufre, de formule ci-dessous :



Il éprouve des difficultés à établir des liens entre eux et à écrire leur formule de Lewis.

Tu es appelé à l'aider.

- 1- Donne sous forme d'un tableau, la constitution de chaque nucléide.
- 2-
 - 2.1. Définis l'isotopie
 - 2.2. Dis en justifiant ta réponse, si ces nucléides sont isotopes.
- 3- Détermine la structure électronique du soufre.
- 4- Ecris la représentation de Lewis du soufre.

EXERCICE 1

Un nucléide est représenté par : ${}_{17}^{35}\text{Cl}$

Les chiffres 17 et 35 représentent :

- a- le nombre de protons et de nucléons.
- b- le nombre de protons et de neutrons.
- c- le nombre de neutrons et de nucléons.

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse

EXERCICE 2

La formule électronique de l'atome de chlore ${}_{17}^{35}\text{Cl}$ est :

- a- K²L⁹M⁶
- b- K²L⁸M⁷
- c- K²L⁷M⁸

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse

EXERCICE 3

Complète le tableau suivant :

Numéro atomique	Nom de l'atome	Symbole de l'atome	Constituants du noyau			Formule électronique	Représentation de Lewis
			Nombre de protons	Nombre de neutrons	Nombre de nucléons		
5	Bore				11		
		F	9	10			
	Sodium				23	(K) ² (L) ⁸ (M) ¹	
18	Argon			22			

 **Fomesoutra.com**
ça soutra !

Leçon 03 : CLASSIFICATION PERIODIQUE DES ELEMENTS CHIMIQUES

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de la 2nde C du Lycée Moderne de Bouaflé a découvert dans un manuel que les éléments chimiques sont classés dans un tableau appelé tableau de classification périodique et que ce tableau permet d'expliquer et même de prévoir le comportement chimique de chaque élément. Emmerveillé par cette découverte, il informe ses camarades de classe. Ensemble avec leur professeur, ils entreprennent alors de décrire le tableau de classification périodique des éléments chimiques, de déterminer les différentes familles du tableau et de les analyser.

1. Tableau de classification périodique de Mendeleïev

1.1- Règles d'édification du tableau de Mendeleïev

- * Les éléments chimiques sont classés par **numéro atomique Z croissant** ;
- * Une nouvelle ligne du tableau, appelée **période**, est utilisée chaque fois que le remplissage électronique fait intervenir une **nouvelle couche électronique**.
- * Les éléments dont les atomes ont le **même nombre d'électrons** sur leur **couche externe** sont disposés dans une même colonne verticale et constituent une **famille** ;

1.2- Tableau périodique simplifié des 20 premiers éléments chimiques

₁ H							₂ He
₃ Li	₄ Be	₅ B	₆ C	₇ N	₈ O	₉ F	₁₀ Ne
₁₁ Na	₁₂ Mg	₁₃ Al	₁₄ Si	₁₅ P	₁₆ S	₁₇ Cl	₁₈ Ar
₁₉ K	₂₀ Ca						

La **première ligne (première période)** du tableau concerne le remplissage de la **couche électronique K**.
La **deuxième période** concerne le remplissage de la **couche électronique L** ... etc.

2. Etude de quelques familles

2.1. Eléments de la première colonne : les métaux alcalins

Ces éléments possèdent tous un électron sur leur dernière couche. Ils forment à l'exception de l'hydrogène, la famille des **métaux alcalins**. Ils sont caractérisés par :

- des corps simples métalliques, mous et peu denses ;
- une grande réactivité chimique (**exemple** : oxydation à froid par le dioxygène de l'air).

Ce sont : **le lithium, le sodium, le potassium, le rubidium, le césium**.

2.2. Eléments de la deuxième colonne : les métaux alcalino-terreux

Ce sont : **le béryllium, le magnésium, le calcium, le strontium, le baryum**.

Ils ont des propriétés voisines de celles des alcalins, en l'occurrence une très grande réactivité chimique.

On les appelle **métaux vrais**. Ils comportent deux électrons sur leur couche externe.

2.3. Eléments de l'avant dernière colonne

Ce sont **le fluor, le chlore, le brome et l'iode**. On les appelle les **halogènes**. Ils sont caractérisés par :

- une couche externe à sept (7) électrons ;
- des corps simples diatomiques ;
- une grande réactivité chimique (**exemple** : réaction avec les métaux pour donner des **halogénures métalliques**).

2.4. Les gaz rares

On les appelle encore **gaz nobles**. Ce sont les éléments de la dernière colonne : **l'hélium, le néon, l'argon, le krypton, le xénon**.

Ils présentent une absence quasi-totale de réactivité chimique : on parle d'**inertie chimique**. Ce sont des corps simples monoatomiques, gazeux à température ordinaire et sous pression ordinaire.

Ils ont une couche externe saturée à huit (8) électrons à l'exception de l'hélium qui possède seulement deux électrons.

3. Intérêt de la classification périodique

Les propriétés chimiques des atomes d'un élément sont déterminées par leur structure électronique externe. Or la couche électronique externe détermine la place d'un élément dans le tableau de classification périodique. Il existe alors une relation entre les propriétés chimiques d'un élément et sa place dans la classification.

Activité d'application

Situe les éléments suivants dans le tableau de classification simplifié :

Al(Z = 13) ; S(Z = 16) ; Cl(Z = 17).

Solution

Al : $(K)^2(L)^8(M)^3 \Rightarrow M : n = 3 \Rightarrow 3^{\text{ème}}$ ligne et $3 e^-$ sur la couche externe $\Rightarrow 3^{\text{ème}}$ colonne donc l'Al est à l'intersection de la $3^{\text{ème}}$ ligne et de la $3^{\text{ème}}$ colonne.

SITUATION D'ÉVALUATION

Des élèves de 2^{nde} C regardent un documentaire scientifique télévisé. A travers le documentaire, ils apprennent que le principe actif de la pâte dentifrice est constitué essentiellement d'un élément chimique aux propriétés particulières, de numéro atomique $Z = 9$.

Ils te sollicitent pour les aider à localiser cet atome dans le tableau de classification périodique simplifié, et à déterminer sa famille.

1. Ecris la structure électronique de cet élément chimique.
2. Donne :
 - 2.1. sa position dans le tableau de classification (colonne et ligne).
 - 2.2. son nom et son symbole chimique.
 - 2.3. sa représentation de Lewis.
 - 2.4. un caractère commun des atomes de la famille chimique à laquelle il appartient.
3. Explique pourquoi cet élément réagit facilement avec l'hydrogène.

EXERCICE 1

Complète le texte suivant par les mots ou groupe de mots suivants :

quatre ; sept ; couche ; réactivité ; alcalino-terreux ; Mendeleïev.

Le tableau de classification périodique regroupe les éléments chimiques.

Ce tableau a été conçu par On y distingue grandes familles qui ont des propriétés particulières. La famille des est constituée par les éléments de la 2^{ème} colonne et celle des halogènes par la colonne. Les gaz rares n'ont pas de au cours d'une transformation chimique. Dans une même colonne tous les éléments ont le même nombre d'électrons sur leur externe.

EXERCICE 2

L'élément chimique X a pour numéro atomique $Z = 19$.

1. La formule électronique de cet élément s'écrit:

- a. $K^2L^7M^{10}$;
- b. $K^2L^8M^9$;
- c. $K^2L^8M^8N^1$.

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse

2. L'élément chimique X occupe dans le tableau de classification périodique simplifié la:

- a. 1^{ère} colonne et 4^{ème} période ;
- b. 4^{ème} colonne et 1^{ère} période ;

c. 3ème colonne et 2ème période.

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse

3. L'élément chimique X appartient à la famille des :

a. Métaux alcalino-terreux

b. Métaux alcalins

c. Halogènes

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse



Leçon 04 : IONS ET MOLECULES

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 2nde C au Lycée Moderne de Bonon est soumis à deux questions de son frère élève en quatrième :

« *Comment les atomes arrivent-ils à devenir des ions ?* »

- « *comment les molécules se forment-elles ?* »

Pour se donner toutes les chances d'avoir les réponses justes, cet élève associe ses camarades de classe. Ensemble avec le professeur, ils entreprennent d'interpréter l'évolution chimique des atomes vers les ions monoatomiques, d'expliquer la formation des molécules et d'écrire les formules statistiques de quelques composés ioniques.

1. La règle de l'octet

Au cours des réactions chimiques, les atomes réagissent pour obtenir une structure électronique plus stable que la leur ; ils ont tendance à acquérir la structure électronique en octet particulièrement stable des gaz nobles.

Remarque :

- Pour les atomes tels que l'hydrogène, le lithium, le béryllium et le bore, le gaz noble le plus proche est l'hélium ($Z = 2$) ; ils acquièrent alors une structure en **duet** (doublet d'électrons). On parle de règle du **duet**.
- Les moyens utilisés par les atomes pour acquérir la structure en octet ou en duet est la **formation des ions** ou **des molécules**.

2. Les ions

2.1. Les ions monoatomiques

Les ions monoatomiques résultent d'atomes ayant cédé ou capté un ou plusieurs électrons.

2.1.1. Les cations

Ce sont les ions positifs issus de la perte d'électrons.

Exemples :

- * Le sodium Na ($Z = 11$) : formule électronique : $(K)^2(L)^8(M)^1$.

Pour avoir la structure en octet, l'atome de sodium perd **1 électron** $\Rightarrow (K)^2(L)^8$ d'où l'ion Na^+ , ion sodium.

On écrit : $\text{Na} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{e}^-$.

* Le magnésium Mg ($Z = 12$) formule électronique : $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^2$.

Pour avoir la structure en octet, l'atome de sodium perd **2 électrons** $\Rightarrow (\text{K})^2(\text{L})^8$ d'où l'ion Mg^{2+} , ion magnésium.

On écrit : $\text{Mg} \longrightarrow \text{Mg}^{2+} + 2 \text{e}^-$.

Remarque : Les métaux alcalins et alcalino-terreux ont tendance à donner des cations. On les appelle **éléments électropositifs**.

2.1.2. Les anions

Ce sont les ions négatifs issus du gain d'électrons.

Exemples :

* Le chlore Cl ($Z = 17$) : formule électronique : $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^7$

Pour avoir la structure en octet, l'atome gagne **1 électron** $\Rightarrow (\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^8$, d'où l'ion Cl^- , ion chlorure.

On écrit : $\text{Cl} + \text{e}^- \longrightarrow \text{Cl}^-$.

* L'oxygène ($Z = 8$) : formule électronique : $(\text{K})^2(\text{L})^6$.

Pour avoir la structure en octet, l'atome gagne **2 électrons** $\Rightarrow (\text{K})^2(\text{L})^8$, d'où l'ion O^{2-} , ion oxyde.

On écrit : $\text{O} + 2 \text{e}^- \longrightarrow \text{O}^{2-}$.

Remarque : Les halogènes et les éléments de la colonne de l'oxygène ont tendance à donner des anions.

On les appelle **éléments électronégatifs**.

NB :

- ✓ Le passage d'un atome en son ion ne modifie pas son noyau, c'est le cortège électronique qui est affecté.
- ✓ La formation des ions est beaucoup plus difficile pour les éléments appartenant aux colonnes éloignées des extrémités du tableau périodique.

Activité d'application 1

Complète le tableau suivant :

Atome	Nom de l'atome	Numéro atomique (Z)	Formule électronique de l'atome	Ion stable formé		
				Formule électronique	Formule chimique	Nom
Li		3				
Na		11				
Mg		12				
Cl		16				

2.2. Les ions polyatomiques

Ce sont des assemblages d'atomes portant une charge électrique.

Exemples :

OH^- : ion hydroxyde ; NO_3^- : ion nitrate ; SO_4^{2-} : ion sulfate.

CO_3^{2-} : ion carbonate ; NH_4^+ : ion ammonium ; H_3O^+ : ion hydronium

MnO_4^- : ion permanganate.

Activité d'application 2

1. Définis un ion polyatomique
2. Cite les ions polyatomiques parmi les ions suivants : SO_4^{2-} ; H_3O^+ ; Fe^{3+} ; OH^- ; K^+ et NH_4^+ .
3. Nomme les ions suivants : NH_4^+ ; SO_4^{2-} ; MnO_4^- ; NO_3^- ; CO_3^{2-} ; H_3O^+ ; OH^- .

2.3. Les composés ioniques

2.3.1. Définition

Ce sont des cristaux formés d'ions. Ils sont globalement neutres du point de vue électrique : ils contiennent autant de charges positives que de charges négatives.

2.3.2. Formule statistique d'un composé ionique

Le motif élémentaire d'un cristal ionique est l'ensemble électriquement neutre minimal pouvant être constitué avec les ions présents dans le cristal.

Composé ionique	Sulfate de cuivre	Fluorure d'aluminium	Carbonate de sodium
Anion	SO_4^{2-}	F^-	CO_3^{2-}
Cation	Cu^{2+}	Al^{3+}	Na^+
Composition en ions	$(\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$	$(\text{Al}^{3+} + 3 \text{F}^-)$	$(2 \text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-})$
Formule statistique	CuSO_4	AlF_3	Na_2CO_3

Activité d'application 3

1. Écris les formules de composés ioniques suivants : Na_2CO_3 ; $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$; AgNO_3 ; Na_2SO_4 quand ils sont en solution aqueuse.
2. Nomme-les

3. Les molécules

2.1. La liaison de covalence

La liaison de covalence (ou **liaison covalente**) résulte de la mise en commun par deux atomes d'une ou plusieurs paires d'électrons célibataires appelées **doublets de liaison**.

Le nombre de doublets que partage un atome avec ses voisins est sa **valence**.

Remarque : La liaison covalente est dite **simple**, **double** ou **triple** selon que les deux atomes ont mis en commun **un**, **deux** ou **trois** doublets d'électrons.

2.2. La molécule

2.2.1. Définition

Une molécule est une entité chimique électriquement neutre formée d'un nombre limité d'atomes liés entre eux par des **liaisons de covalence**.

Le nombre d'atomes dans une molécule est son **atomicité**.

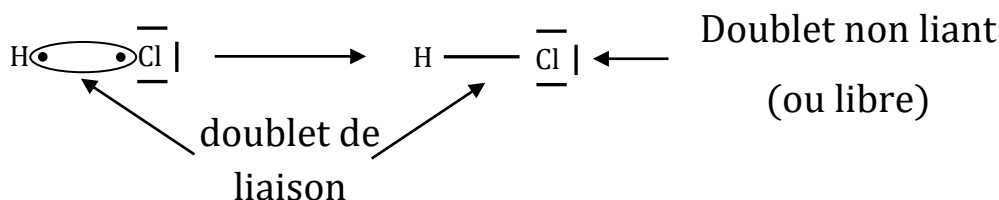
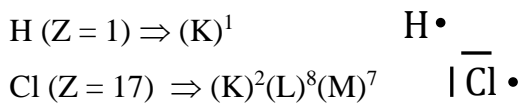
2.2.2. Ecriture de la formule d'une molécule

La formule d'une molécule s'obtient en écrivant côte à côte les symboles des éléments présents dans la molécule et en précisant, en indice à droite, le nombre d'atomes de chaque élément.

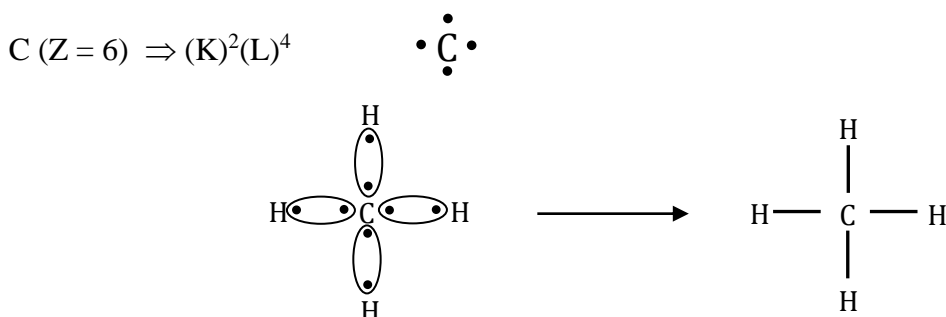
Exemples : H_2O ; NH_3 ; CH_4 ; CO_2 .

2.2.3. Formule ou représentation de LEWIS d'une molécule

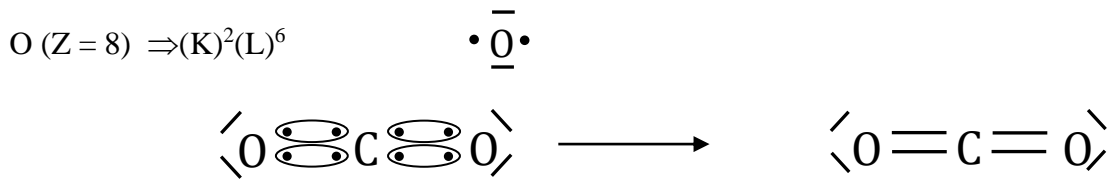
* Chlorure d'hydrogène HCl



* Méthane CH_4



* Dioxyde de carbone CO₂



En définitive, la formule de Lewis d'une molécule présente la formule développée de la molécule avec la mise en exergue des doublets non liant des atomes.

Activité d'application 4

Ecris la représentation de LEWIS des molécules :

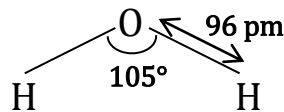
- N₂ : le diazote,
- C₂H₄ : l'éthylène,
- CO₂ : le dioxyde de carbone.

Remarques:

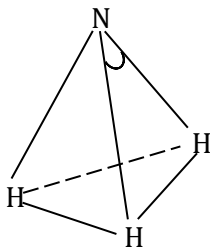
- Un atome peut réaliser autant de liaisons de covalence qu'il y'a d'électrons célibataires sur sa couche de valence.
- Pour respecter la règle de l'octet, chaque doublet de liaison est considéré comme appartenant entièrement à l'un et à l'autre des atomes liés.

2.3. Structure géométrique de quelques molécules

* Molécule d'eau H₂O

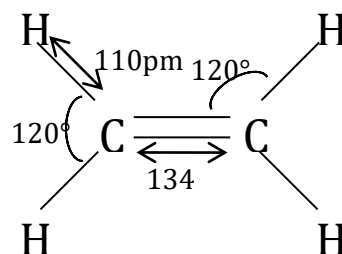


* Molécule d'ammoniac

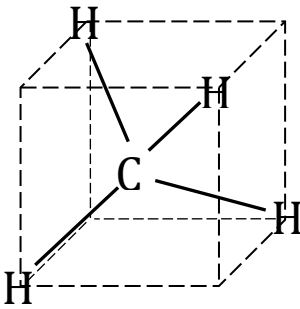


- La longueur de la liaison N---H est **101 pm**

* Molécule d'éthylène



* Molécule de méthane



- La longueur de la liaison C---H est **109 pm**

2.4. Corps purs – mélanges

- Un corps pur est un corps formé de molécules toutes identiques.
 - Si les molécules sont formées d'un seul type d'atomes, le corps pur est dit **simple**.

Exemples : H₂ ; Cl₂.

- Si les molécules sont formées de plusieurs types d'atomes, le corps pur est dit **composé**.

Exemples : H₂O ; CO₂.

- Un mélange est un corps formé de plusieurs types de molécules

Exemple : L'air (N₂ : 79% ; O₂ : 20% ; CO₂ ≈ 1%).

SITUATION D'ÉVALUATION

Akissi, élève en classe de 2nde C au lycée moderne de Bonon, découvre dans un article de Wikipédia le texte suivant : « **Dans la structure de la forme anhydre (qui ne contient pas d'eau) du chlorure d'aluminium, les liaisons chimiques sont principalement covalentes. Par contre au contact l'eau, le chlorure d'aluminium devient un composé ionique** »

Pour mieux comprendre cet article, elle te demande de l'aider à différencier ces deux formes du chlorure d'aluminium afin de vérifier si dans chaque forme, les atomes respectent la règle de l'octet.

On donne : Al (Z = 13) ; Cl (Z = 17)

- 1- Définis la liaison covalente.
- 2- Détermine :
 - 2.1. La représentation de Lewis de l'aluminium et celle du chlore.
 - 2.2. La valence de chacun de ces atomes.
- 3- Ecris :
 - 3.1. La formule de l'ion obtenu à partir de chacun de ces atomes.
 - 3.2. La formule statistique du chlorure d'aluminium.
- 4- Ecris la représentation de Lewis de la molécule de AlCl₃ puis dis si dans cette molécule, les atomes respectent la règle de l'octet.

EXERCICE 1

Fais correspondre par une flèche, la structure électronique de l'atome du tableau A à l'ion stable formé par cet atome du tableau B.

Tableau A	
$(K)^2(L)^8(M)^7$	•
$(K)^2(L)^8(M)^3$	•
$(K)^2(L)^6$	•
$(K)^2(L)^7$	•
$(K)^2(L)^8(M)^1$	•

Tableau B	
•	Al^{3+}
•	Na^+
•	O^{2-}
•	Cl^-

EXERCICE 2

Complète le tableau suivant :

Ions constituant le composé ionique	Formules statistiques	Nom du composé ionique
$Cu^{2+}; O^{2-}$		
	$AlPO_4$	
$Fe^{2+}; Cl^-$		
	KNO_3	
$NH_4^+; SO_4^{2-}$		
$Fe^{3+}; O^{2-}$		

EXERCICE 3

Dans un documentaire télévisé, des élèves de 2nde C découvrent les propriétés du gaz dichlore. L'auteur du documentaire dit ceci : « la molécule de dichlore constituée de 2 atomes de chlore, est un gaz de couleur jaune-vert dans les conditions normales de température et de pression, il est 2,5 fois plus dense que l'air, d'odeur suffocante et extrêmement toxique... ».

Afin d'expliquer comment se forme la liaison entre les atomes de chlore pour donner la molécule de dichlore Cl_2 , ces élèves te sollicitent pour les aider à représenter selon Lewis la molécule de Cl_2 .

Donnée : Numéro atomique du chlore (Cl) $Z = 17$.

1. Définis la molécule.
2. Écris la formule électronique du chlore.
3. Précise la valence de l'atome de chlore.
4. Représente selon Lewis la molécule de dichlore.

Leçon 05 : MOLE ET GRANDEURS MOLAIRES

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Pendant la récréation au lycée moderne de Bouaflé, une discussion intervient entre des élèves de 2nd C. Combien de grains de riz peut-il avoir dans un sac de 50kg ? Demande un élève.

Des milliers de grains. Répond un premier.

Moi je pense qu'on peut les estimer à des millions de grains. Répond un autre.

Un professeur de physique – chimie qui les a écoutés leur dit qu'en chimie, il est aisé d'utiliser la mole pour exprimer la quantité de matière plutôt que de vouloir compter des nombres élevés de quantité.

Emerveillés par cette information, ces élèves décident avec leurs camarades de classe, sous la conduite de leur professeur de Physique-Chimie, de définir la mole et les grandeurs molaires puis de déterminer la quantité de matière de quelques corps solides, liquides et gazeux.

1. La quantité de matière

1.1- Définition de la mole

La mole est l'unité internationale de quantité de matière. Elle correspond à un ensemble de $6,02 \cdot 10^{23}$ espèces.

Remarque : Lorsqu'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées (atomes, molécules, ions, ... etc.).

1.2- La constante d'Avogadro

C'est le nombre N_A de particules contenues dans une mole d'entités élémentaires.

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

2. Grandeurs molaires

2.1. Masse molaire

La masse molaire M d'une espèce chimique est la masse d'une mole d'entités de cette espèce. Elle s'exprime en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

2.2. Masse molaire atomique

C'est la masse d'une mole d'atomes d'une espèce chimique considérée.

Exemples : $M_C = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ $M_S = 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

2.2.1. Masse molaire moléculaire

C'est la masse d'une mole de molécules du corps considérée.

Exemple : molécule d'éthanol C_2H_6O

$$M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1} \quad M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M_{C_2H_6O} = (2 \times 12) + (6 \times 1) + (1 \times 16) = 46 \text{ g.mol}^{-1}.$$

2.2.2. Masse molaire ionique

C'est la masse d'une mole d'ions.

Exemples :

* Ion monoatomique : $M_{Cl^-} = M_{Cl} = 35.5 \text{ g.mol}^{-1}$.

* Ion polyatomique :

– $M_{CO_3^{2-}} = (1 \times M_C) + (3 \times M_O) = 12 + (3 \times 16) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$;

– $M_{Al(OH)_4^-} = M_{Al} + (4 \times M_O) + (4 \times M_H) = 95 \text{ g.mol}^{-1}$.

Activité d'application 1

Calculer la masse molaire des corps suivants : $Fe_2(SO_4)_3$; KOH ; NH_4^+ ; HNO_3 .

2.3. Détermination de la quantité de matière

La quantité de matière (nombre de moles) contenue dans une masse m d'une substance de masse molaire M est :

$$n = \frac{m}{M}$$

Activité d'application 2

Calculer La quantité de matière (le nombre de moles) de dioxyde de carbone CO_2 contenus dans 32 g de ce gaz.

Résolution

$$M_{CO_2} = 12 + (2 \times 16) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$m_{CO_2} = 32 \text{ g}$$

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{AN:} \quad n = \frac{32}{44} = 0,73 \text{ mol.}$$

2.4. Volume molaire

2.4.1. Définition

Le volume d'une mole de corps pur est appelé volume molaire V_m . On l'exprime en mol.L^{-1} .

2.4.2. Loi d'Avogadro-Ampère

Dans les mêmes conditions de température et de pression, tous les gaz ont le même volume molaire V_m .

2.4.3. Propriétés du volume molaire des gaz

Le volume molaire V_m d'un gaz dépend de sa température et de sa pression. Dans les conditions normales de température et de pression CNTP ($T = 0^\circ \text{C}$ et $P = 10^5 \text{Pa}$), le volume molaire d'un gaz est dit **volume molaire normal** du gaz et vaut : $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$.

2.4.4. Détermination de la quantité de matière contenue dans un volume de gaz

La quantité de matière n (nombre de moles) contenue dans un volume V de gaz dans les conditions où le volume molaire vaut V_m est :

$$n = \frac{V}{V_m}$$

Remarque : cette relation n'est valable que pour les gaz.

Activité d'application 3

Au cours de l'électrolyse de l'eau, on recueille à l'anode un volume $V = 44,8 \text{ cm}^3$ de dioxygène dans les CNTP. Déterminer :

- 1- La quantité de matière de dioxygène recueilli et en déduire sa masse.
- 2- Le nombre de molécules de dioxygène contenu dans ce volume.

On donne : $V_m = 22,4 \text{ L.mol}^{-1}$ et $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

2.5. Densité d'un gaz par rapport à l'air

La densité d'un gaz par rapport à l'air est donnée par la relation : $d = \frac{M}{29}$, M étant la masse molaire moléculaire du gaz.

N.B. : La densité n'a pas d'unité.

Activité d'application 4

Un alcane a pour densité gazeuse $d = 2$.

1. Déterminer sa masse molaire.
2. En déduire sa formule brute.

SITUATION D'ÉVALUATION

Suivant un documentaire télévisé, ton voisin de classe, Tokolo apprend que le phosgène, aussi nommé dichlorure de méthanoyle, est un gaz de formule COCl_2 .

Pour l'usage, l'on a conditionné 10 kg de ce gaz dans une bouteille.

Données : Masses molaires (en g/mol) : C : 12 ; O : 16 ; Cl : 35,5 ; Volume molaire : $V_m = 24 \text{ L/mol}$.

Le lendemain en classe, Tokolo te sollicite pour connaître le volume occupé et le nombre de molécules de ce gaz contenu dans la bouteille.

- 1- Calcule la masse molaire moléculaire du phosgène.
- 2- Déduis-en
 - 2.1- La quantité de matière que renferme chaque bouteille de phosgène.
 - 2.2- Le volume occupé par ces 10 kg de gaz.
- 3- Détermine le nombre de molécules de phosgène contenues dans cette bouteille.
- 4- Vérifie à partir de la question précédente, la valeur de la masse d'une molécule de phosgène.

EXERCICE 1

1. Définis les notions suivantes :

- la mole ;
- la masse molaire atomique ;
- la masse molaire moléculaire.

2. Donne la signification des écritures suivantes :

- $M(\text{O}_2) = 32 \text{ g/mol}$;
- $M(\text{SO}_4^{2-}) = 96 \text{ g/mol}$;
- $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$.

EXERCICE 2

Tu utilises 10 g de sel de cuisine (chlorure de sodium de formule statistique NaCl) pour ta sauce.

La quantité de matière correspondante est :

- a) $n = 30 \text{ mol}$;
- b) $n = 0,17 \text{ mol}$;
- c) $n = 0,017 \text{ mol}$.

Entoure la bonne réponse.

EXERCICE 3

Complète le tableau ci-dessous :

Données : $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Cl} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Ag} = 107 \text{ g.mol}^{-1}$; $V_m = 22,4 \text{ L mol}^{-1}$

Formule	O ₂		AgCl	
Nom		Dihydrogène		Ethane
Masse molaire (g.mol ⁻¹)				
Masse(g)			4	5
n (mol)		0,02		
Volume de gaz (L)	2,5			

EXERCICE 4

Tu découvres dans la notice d'une boîte d'acide ascorbique (comprimés en vitamine C) que le médecin t'a prescrit contre la fatigue, la formule chimique C₆H₈O₆ et qu'un comprimé contient 500mg de ce produit.

Données: $M_H = 1 \text{ g/mol}$; $M_C = 12 \text{ g/mol}$; $M_O = 16 \text{ g/mol}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Ton papa te sollicite pour avoir davantage d'informations sur cette molécule.

1. Calcule La masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique.
2. Détermine :
 - 2.1 la quantité de matière dans un comprimé d'acide ascorbique.
 - 2.2 le nombre de molécules d'acide ascorbique dans un comprimé.
 - 2.3 le pourcentage massique des éléments chimiques constituant l'acide ascorbique.

Leçon 06 : EQUATION-BILAN D'UNE REACTION CHIMIQUE

SITUATION D'APPRENTISSAGE

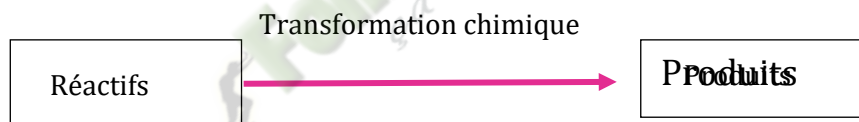
Le texte suivant est soumis à des élèves de la classe de seconde C du Lycée Moderne de Bouaflé :

« l'un des problèmes de l'industrie chimique est d'exploiter des réactions chimiques où il n'y a pas de pertes... Ce qui nécessite le respect d'un mélange des réactifs dans certaines proportions: c'est l'objet de la stœchiométrie. » Afin de mieux appréhender cette préoccupation, sur initiative du professeur de Physique-Chimie, ces élèves décident d'écrire l'équation-bilan d'une réaction chimique, de déterminer des quantités de matière et des volumes à partir de l'équation-bilan et de connaître la loi de Lavoisier.

1- BILAN D'UNE REACTION CHIMIQUE

1.1- Définition de la réaction chimique

Une réaction chimique est une transformation d'espèces chimiques appelées réactifs en d'autres espèces dénommées produits.

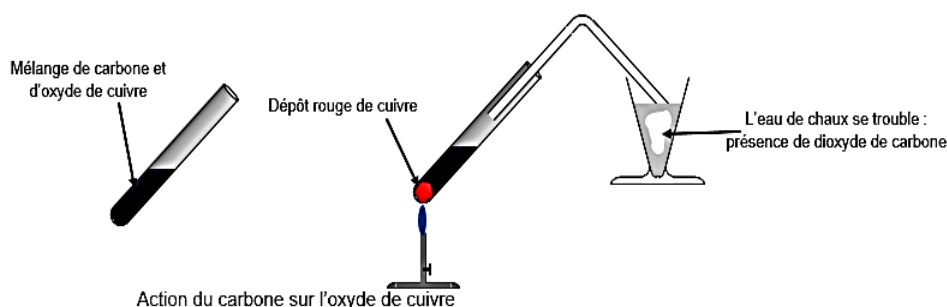


Remarque :


Il existe des réactions chimiques naturelles (Ex : la photosynthèse...) et des réactions chimiques industrielles (Ex : la synthèse des matières plastiques, des produits pharmaceutiques...)

1.2. Equation-bilan d'une réaction chimique

1.2.1. Expérience et observations



1.2.2. Interprétation

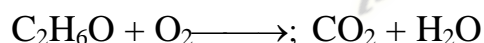
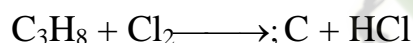
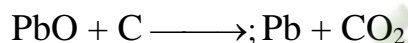
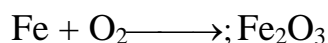
Réactifs		Produits
- Carbone C - Oxyde de cuivre II CuO	Transformation chimique 	- Cuivre Cu - Dioxyde de carbone CO ₂

D'où l'équation-bilan : $C + 2CuO \longrightarrow 2Cu + CO_2$

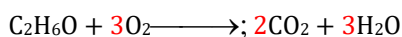
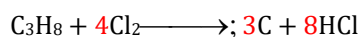
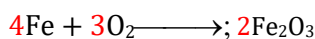
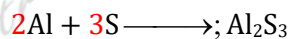
L'équilibrage de l'équation-bilan par des nombres placés avant les formules, appelés **coefficients stœchiométriques**, traduit la conservation de la masse, des, sont de chaque espèce. Les coefficients stœchiométriques traduisent aussi la conservation des charges.

Activité d'application 1

Equilibrer les équations-bilan de réactions chimiques suivantes :



Solution



1.2.3. Signification de l'équation-bilan d'une réaction chimique

L'équation : $C + 2CuO \longrightarrow 2Cu + CO_2$

- **A l'échelle microscopique**, signifie que **1 atome** de carbone réagit avec **2 entités** d'oxyde de cuivre II pour donner **2 atomes** de cuivre et **1 molécule** de dioxyde de carbone.
- **A l'échelle macroscopique**, signifie que **1 mole d'atome** de carbone réagit avec **2 moles** d'oxyde de cuivre II pour donner **2 moles d'atomes** de cuivre et **1 mole de molécule** de dioxyde de carbone.

1.2.4. Conclusion

L'équation-bilan est la représentation théorique d'une réaction chimique. Elle fournit une relation entre les quantités de matière des réactifs consommés et les quantités de matière des produits formés.

	C	2CuO	—————>;	2Cu	CO₂
Bilan molaire de l'équation	1 mole	2 moles		2 moles	1 mole
	12g	159g		127g	44g
	171g			171g	
	n ₁	n ₂		n ₃	n ₄

La relation de proportionnalité permet d'écrire : $\frac{n_1}{1} = \frac{n_2}{2} = \frac{n_3}{2} = \frac{n_4}{1}$

Activité d'application 2

Le chlorure d'hydrogène HCl réagit avec le dioxygène pour donner de l'eau et du dichlore.

- a) Quelle quantité de matière de dichlore obtient-on à partir de 5 moles de chlorure d'hydrogène ?
- b) Quelle quantité de matière de dioxygène a-t-elle été nécessaire ?

Solution

Equation-bilan de la réaction : $4\text{HCl} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$

Bilan molaire de l'équation	4	1	2	2
Bilan molaire du système	n ₁	n ₂	n ₃	n ₄

On a donc :

$$\frac{n_1}{4} = \frac{n_2}{1} = \frac{n_3}{2} = \frac{n_4}{2}$$

- a) Quantité de matière de dichlore obtenue (n₄)

$$\frac{n_1}{4} = \frac{n_4}{2} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{n_4}{2} \Rightarrow n_4 = \frac{5 \times 2}{4} = \mathbf{2,5 \text{ mol}}$$

- b) Quantité de matière de dioxygène nécessaire (n₂)

$$\frac{n_1}{4} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow n_2 = \frac{5}{4} = \mathbf{1,25 \text{ mol}}$$

2- NOTION DE STOECHIOMETRIE

2.1. Définition

La **stœchiométrie** est l'étude des proportions dans lesquelles les réactifs d'une réaction chimique réagissent.

2.2. Proportions stœchiométriques

Les **proportions stœchiométriques** sont les proportions définies par l'**équation-bilan** de la réaction.

Si les réactifs sont mis en présence dans les **proportions stœchiométriques** alors ils disparaissent **totalement**. Sinon l'un des réactifs est en **excès** et l'autre est en **défaut** et dans ce cas le réactif en excès disparaît **partiellement**, tandis que le réactif en défaut disparaît **totalement**. Le réactif en défaut limite la réaction, on l'appelle aussi **réactif limitant**.

Activité d'application 3

On réalise un mélange intime de 0,2 mol d'oxyde de cuivre II (CuO) et 0,16 mol de poudre de carbone. On chauffe le mélange dans un tube à essais. On observe la formation du métal cuivre et du dioxyde de carbone (CO₂).

1. Ecris l'équation-bilan de cette réaction ?
2. Dis si les deux réactifs ont été entièrement consommés. Si non, précise celui qui est en excès ainsi que son nombre de moles restants.

Solution

1- Equation-bilan de la réaction : $2\text{CuO} + \text{C} \longrightarrow 2\text{Cu} + \text{CO}_2$

Bilan molaire de l'équation	2	1	2	1
Bilan molaire du système	n_1	n_2	n_3	n_4

Dans les proportions stœchiométriques on aura : $\frac{n_1}{2} = \frac{n_2}{1} = \frac{n_3}{2} = \frac{n_4}{1}$

2- Vérifions si nous sommes dans les proportions stœchiométriques :

$\frac{n_1^0}{2} = 0,1 \text{ mol}$ et $\frac{n_2^0}{1} = 0,16 \text{ mol} \Rightarrow \frac{n_1^0}{2} < \frac{n_2^0}{1}$ donc le carbone n'est pas entièrement consommé, il est en excès et l'oxyde de cuivre en défaut.

Nombre de moles de l'oxyde de fer restant en excès :

$$\frac{n_2^r}{1} = \frac{n_2^0}{1} - \frac{n_1^0}{2} = 0,16 - 0,1 = \mathbf{0,06 \text{ mol}}$$

SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une activité du club scientifique du Lycée Moderne de Bonon, un groupe d'élève de 2nde C désire obtenir du fer à partir de l'oxyde ferrique II. Ils mélangent alors 16 g d'oxyde de fer (Fe_2O_3) et 2,16 g d'aluminium. A l'aide d'une mèche de magnésium, ils déclenchent la réaction et observe une vive incandescence. La réaction s'arrête au bout d'un instant. Une discussion s'engage alors entre ces élèves : certains prétendent que l'oxyde de fer a totalement disparu, d'autres estiment que c'est l'aluminium qui a totalement disparu. Ils savent néanmoins que les produits de cette réaction sont : le fer et l'alumine (Al_2O_3). Ils te sollicitent alors pour les départager.

Tu décides alors de connaître le réactif en défaut afin de déterminer les masses des produits formés.

On donne : Masse molaire (g/mol) : Fe :56 ; Al : 27 ; O :16

- 1- Ecris l'équation-bilan de cette réaction.
- 2- Détermine la quantité de matière initiale d'oxyde ferrique et celle d'aluminium.
- 3- Justifie que ce mélange n'est pas stœchiométrique et identifie le réactif en excès.
- 4- Détermine :
 - 4.1. La masse du réactif en excès restant en fin de réaction.
 - 4.2. La masse de fer obtenue
 - 4.3. La masse d'alumine obtenue.

EXERCICE 1

Equilibre les équations suivantes :

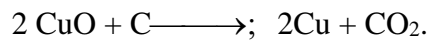
- 1) $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 2) $\text{Ag}^+ + \text{Cu} \longrightarrow \text{Ag} + \text{Cu}^{2+}$
- 3) $\text{C}_5\text{H}_{12} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{Cu}^{2+} + \text{Al} \longrightarrow \text{Al}^{3+} + \text{Cu}$
- 5) $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + \text{I}^- \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$
- 6) $\text{Fe}^{3+} + \text{I}^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$
- 7) $\text{Sn}^{2+} + \text{Fe}^{3+} \longrightarrow \text{Sn}^{4+} + \text{Fe}^{2+}$

EXERCICE 2

1. Énonce la loi de Lavoisier.
2. Soit l'équation-bilan de réaction ci-contre : $\text{C}_4\text{H}_{10} + \text{O}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - 2.1 Équilibre l'équation de la réaction.
 - 2.2 Fais le bilan molaire
 - 2.3 Exprime la relation de proportionnalité entre les nombres de moles.

EXERCICE 3

Tu mélanges 2 mol d'oxyde de cuivre II à 1 mol de carbone. L'équation-bilan de la réaction entre l'oxyde de cuivre II et le carbone est la suivante :



Dans ce mélange :

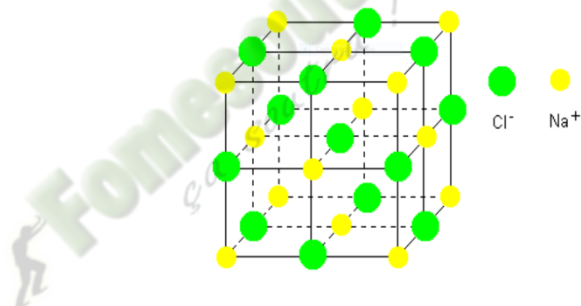
- 1) l'oxyde de cuivre II est en défaut et le carbone est en excès ;
- 2) les proportions stœchiométriques sont respectées ;
- 3) l'oxyde de cuivre II est en excès et le carbone est en défaut.

Entoure le chiffre correspondant à la bonne réponse

Leçon 07 : LE CHLORURE DE SODIUM SOLIDE

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors d'une journée porte ouverte sur le thème « chimie et santé » dans un lycée, un élève de la classe de seconde C découvre dans un stand la maquette ci-dessous : Le responsable de stand lui apprend que cette maquette représente le motif du chlorure de sodium communément appelé « sel de cuisine ». Consommé de manière abusive, il provoque des maladies cardiovasculaires et rénales. En plus, cette structure lui confère des propriétés particulières. Dans le souci de s'informer davantage avec ses camarades de classe sur ce produit de première nécessité, ils demandent à leur professeur de Physique-Chimie de les aider à décrire la structure du chlorure de sodium et d'expliquer ses propriétés.



1. ETAT NATUREL

Le chlorure de sodium communément appelé sel de cuisine est très répandu dans la nature sous deux formes :

- Solide ; c'est le sel gemme.
- En solution dans l'eau de mer.

Le chlorure de sodium est formé de petits cubes translucides appelés cristaux. C'est un composé ionique.

2. LE CRISTAL DE CHLORURE DE SODIUM

2.1. Le réseau cristallin

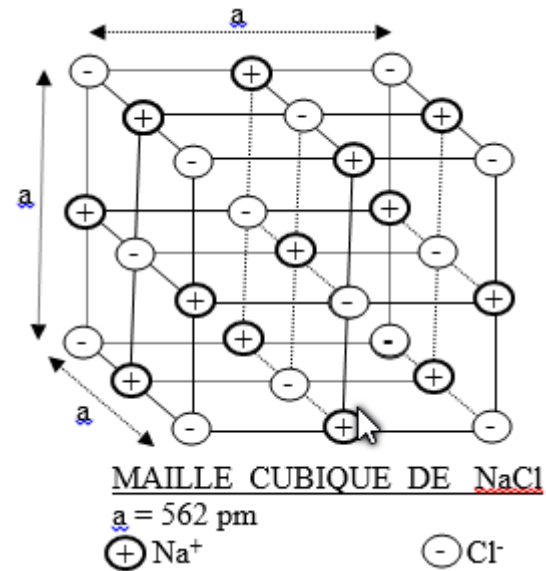
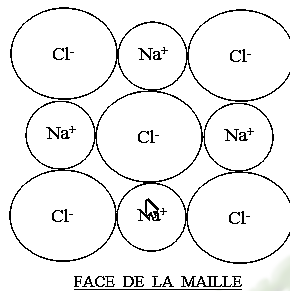
Le cristal de chlorure de sodium est formé d'un empilement régulier et alterné d'ions Na⁺ et Cl⁻ suivant les trois directions et formant le réseau cristallin. Ces ions sont assimilables à des sphères.

2.2. La maille du cristal

La maille est la plus petite entité du cristal.

Pour le chlorure de sodium, elle est constituée d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- formant un cube :

- Les ions Na^+ occupent les milieux des arêtes et le centre du cube.
- Les ions Cl^- occupent les sommets et les centres des faces.



Les ions étant sphériques, l'arrêt a est tel que :

$$a = 2(r_{\text{Cl}^-} + r_{\text{Na}^+})$$

Le volume du cristal est : $V = a^3$

3. PROPRIETES PHYSIQUES DU CHLORURE DE SODIUM

3.1. Caractère isolant du chlorure de sodium

Le cristal de chlorure de sodium est un isolant électrique car les ions constituant le chlorure de sodium ne peuvent pas se déplacer dans le cristal.

3.2. Caractère conducteur de la solution aqueuse de chlorure de sodium



La solution aqueuse de chlorure de sodium conduit le courant électrique. En effet la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau libère des ions Na^+ et Cl^- qui peuvent se déplacer dans la solution et permettre le passage du courant électrique.

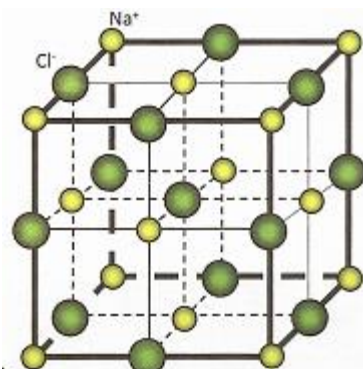
3.3. Stabilité thermique du chlorure de sodium

La température de fusion du chlorure de sodium est élevée à cause de la cohésion et de la stabilité du cristal due à forces électrostatiques attractrices entre les ions. Il faut donc fournir une grande énergie pour le disloquer.

SITUATION D'ÉVALUATION

Lors d'une conférence organisée par le club santé de ton établissement portant sur les maladies dues à notre alimentation, il a été dit que la consommation abusive du sel de cuisine (chlorure de sodium) constitue un danger. Au sortir de cette conférence, des élèves en classe de 2^{nde} C veulent en savoir davantage sur le chlorure de sodium. Il te sollicite pour les éclairer.

-  représente un ion Na^+
-  représente un ion Cl^-



1. Donne la formule statistique du chlorure de sodium.
2. Détermine le nombre d'ions Na^+ et Cl^- dans la maille élémentaire.
3. Explique la neutralité électrique et la cohésion du cristal.
4. Justifie le caractère isolant du cristal et sa stabilité thermique.

EXERCICE 1

Le chlorure de sodium solide possède des propriétés physiques.

1- Sa température de fusion est :

- a) 901 °C ;
- b) 810 °C ;
- c) 801 °C.

2- Sa grande cohésion est due essentiellement:

- a) aux interactions entre les ions sodium ;
- b) aux interactions entre les ions chlorures et les ions sodium;
- c) aux interactions entre les ions chlorure.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

EXERCICE 2


Tu as représenté la maille cristalline du chlorure de sodium.

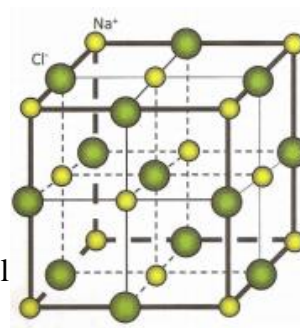
1. Détermine dans le cube qui représente la maille :

- 1.1 le nombre effectif d'ions Na^+ ;
- 1.2 le nombre effectif d'ions Cl^- .

2. Vérifie que la formule statistique du chlorure de sodium est NaCl

Données :  représente un ion Na^+

 représente un ion Cl^-



EXERCICE 3

Ecris la formule statistique des composés ioniques suivants :

- Chlorure de fer III (Fe^{3+} ; Cl^-) ;
- Nitrate de plomb (Pb^{2+} ; NO_3^-) ;
- Chlorure de baryum (Ba^{2+} ; Cl^-) ;
- Oxyde de magnésium (Mg^{2+} ; O^{2-}).

Leçon 08 : SOLUTIONS AQUEUSES IONIQUES

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Deux élèves en classe de 2nde C au Lycée Moderne de Bouaflé échangent sur les solutions aqueuses ioniques. Tous deux sont d'accord que ces solutions sont obtenues par dissolution de composés ioniques dans l'eau ; mais l'un affirme qu'elles conduisent le courant électrique tandis que l'autre soutient le contraire. Pour s'accorder, ils décident avec leurs camarades de classe de se faire aider par leur professeur de Physique-Chimie afin d'interpréter le phénomène de dissolution dans l'eau d'un composé ionique, de définir la solubilité, les concentrations volumiques massique et molaire puis d'interpréter une électrolyse.

1- RAPPELS

- Une **solution** est obtenue en dissolvant un soluté dans un solvant.

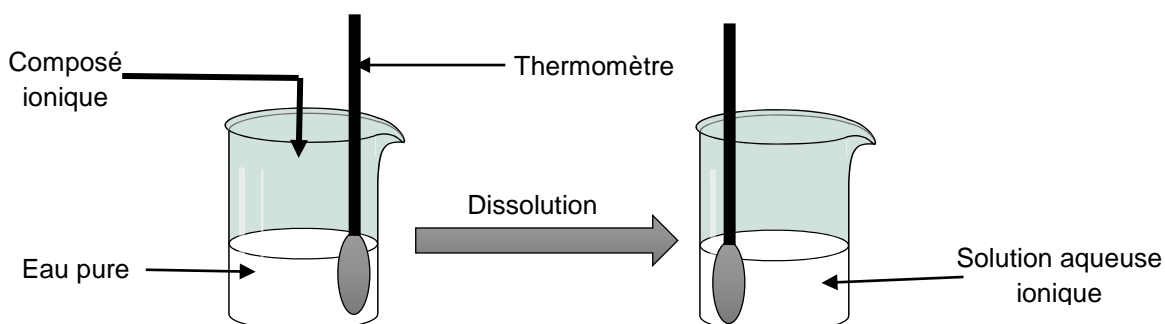
Si l'eau est le solvant alors la solution est dite **aqueuse**.

- Une **solution aqueuse ionique** est obtenue en dissolvant un composé ionique dans l'eau. Le composé ionique dissous est le **soluté**. L'opération de disparition du soluté dans l'eau est le la **dissolution**.

NB : Les solutions aqueuses ioniques conduisent le courant électrique car elles contiennent des ions.

2- EFFET THERMIQUE DE LA DISSOLUTION D'UN COMPOSE IONIQUE DANS L'EAU

2.1- Expérience et Observations



soluté	Quantité de matière dissoute	Masse correspondante	Variation de la température
NaCl	0,05 mol	2,92 g	0°C
NaOH	0,05 mol	2 g	+8°C
CuSO ₄	0,05 mol	7,98 g	0°C
NH ₄ Cl	0,05 mol	2,67 g	-2,5°C

2.2- Interprétation

La dissolution d'un composé ionique dans l'eau se fait principalement en deux étapes :

- **La dislocation du cristal**

Il y a rupture des liaisons électrostatiques entre les ions suivie de leur dispersion.

Le phénomène se fait avec **absorption d'énergie**. Soit E_d cette énergie.

- **L'hydratation ou la solvation des ions**

Les ions dispersés s'entourent chacun d'une couronne de molécule d'eau.

L'hydratation s'accompagne d'un **dégagement de chaleur**. Soit E_h cette énergie.

L'énergie de la dissolution dépend des énergies E_d et E_h :

- Si $E_d > E_h$ alors la dissolution est **endothermique** (diminution de la température) ; c'est le cas de NH_4Cl .
- Si $E_d = E_h$ alors la dissolution est **athermique** (température constante) ; c'est le cas de NaCl et CuSO_4 .
- Si $E_d < E_h$ alors la dissolution est **exothermique** (augmentation de la température) ; c'est le cas de NaOH .

2.3- Conclusion

La dissolution d'un composé ionique se fait en **deux étapes fictives : la dislocation suivie de la dispersion et l'hydratation**.

L'effet thermique d'une dissolution est lié aux énergies apportées par ces deux étapes. Cette dissolution peut être alors athermique, endothermique ou exothermique.

3- CONCENTRATION EN SOLUTION AQUEUSE

3.1. Concentration molaire volumique

- **Concentration molaire volumique d'une solution**

La concentration molaire notée C d'une solution est la quantité de matière de soluté dissous par litre de solution :

$$C = \frac{n}{V_s} \quad n \text{ en mol ; } V_s \text{ en L et } C \text{ en mol.L}^{-1}$$

Activité d'application 1

On constitue une solution en dissolvant $m = 100$ g de cristaux de chlorure de calcium CaCl_2 dans l'eau et en complétant à 500 mL.

1- Calculer la concentration C_{CaCl_2} de la solution de chlorure de calcium obtenue
Masses molaires : $M(\text{Ca}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Solution

$$M(\text{CaCl}_2) = M(\text{Ca}) + 2M(\text{Cl}) = 40 + 71 = 111 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$n_{\text{CaCl}_2} = \frac{m_{\text{CaCl}_2}}{M(\text{CaCl}_2)} = \frac{100}{111} = 0,90 \text{ mol}$$

$$C = \frac{n}{V_S} = \frac{0,90}{0,5} = 1,8 \text{ mol.L}^{-1}$$

- **Concentration d'un ion en solution**

La concentration d'un ion X est le nombre de mol de X par litre de solution :

$$[X] = \frac{n_X}{V_S} \quad n_X \text{ en mol ; } V_S \text{ en L et } [X] \text{ en mol.L}^{-1}$$

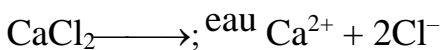
Activité d'application 2

Enoncé (Application 1)

2- Calculer la concentration des ions calcium et chlorure dans la solution.

Solution

Equation de la dissolution du chlorure de calcium dans l'eau



$$\frac{n_{\text{CaCl}_2}}{1} = \frac{n_{\text{Ca}^{2+}}}{1} = \frac{n_{\text{Cl}^-}}{2} \Rightarrow C_{\text{CaCl}_2} = [\text{Ca}^{2+}] = \frac{[\text{Cl}^-]}{2} \Rightarrow$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = C_{\text{CaCl}_2} = 1,8 \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [\text{Cl}^-] = 2 C_{\text{CaCl}_2} = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ mol.L}^{-1}$$

3.2. Concentration massique

La concentration massique ou pondérale d'un soluté est la masse de soluté par litre de solution

$$c = \frac{m}{V_S} \quad m \text{ en g ; } V_S \text{ en L et } c \text{ en g.L}^{-1}$$

Remarque : Relation entre concentration molaire et concentration massique

$$c = \frac{m}{V_S} \quad \text{or } m = n.M \Rightarrow c = \frac{nM}{V_S} \Rightarrow c = M.C$$

Activité d'application 3

Enoncé (Application 1)

3- Quelle est la concentration massique de cette solution

Solution

Concentration massique de la solution

$$c = \frac{m}{V_S} = \frac{100}{0,5} = 200 \text{ g.L}^{-1}$$

3.3. Electroneutralité d'une solution ionique

Toute solution contenant des ions est électriquement neutre : la somme des charges des ions positifs est opposée à la somme des charges des ions négatifs.

Exemple :

Enoncé (Application 1)

4- Vérifier l'électroneutralité de la solution obtenue.

Solution

Electroneutralité de la solution :

$$2 [Ca^{2+}] = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [Cl^{-}] = 3,6 \text{ mol.L}^{-1} \text{ donc : } 2 [Ca^{2+}] = [Cl^{-}].$$

Activité d'application 4

On dissout 26,5 g de carbonate de sodium Na_2CO_3 dans de l'eau et on obtient une solution de volume 200 cm^3 .

- 1- Déterminer la concentration massique C_m du soluté.
- 2- Déterminer la concentration molaire C du soluté.
- 3- Quels sont les ions présents dans la solution ? Calculer leurs concentrations molaires.

4- SATURATION ET SOLUBILITE D'UN SOLUTE DANS UN SOLVANT

4.1. Saturation

La saturation est la limite de dissolution, au-delà de laquelle, le soluté rajouté ne se dissout plus et se dépose au fond du récipient. On dit que la **solution est saturée**.

4.2. Solubilité d'un soluté

La solubilité d'un soluté est la quantité de soluté par litre de solution saturée. C 'est donc la concentration d'une solution saturée. Elle s'exprime en $mol.L^{-1}$ ou en $g.L^{-1}$.

La solubilité dépend de la nature du soluté et augmente avec la température.

Exemple :

A $20^{\circ}C$, la solubilité du $NaCl$ est $360 g.L^{-1}$

A $100^{\circ}C$, la solubilité du $NaCl$ est $390 g.L^{-1}$.

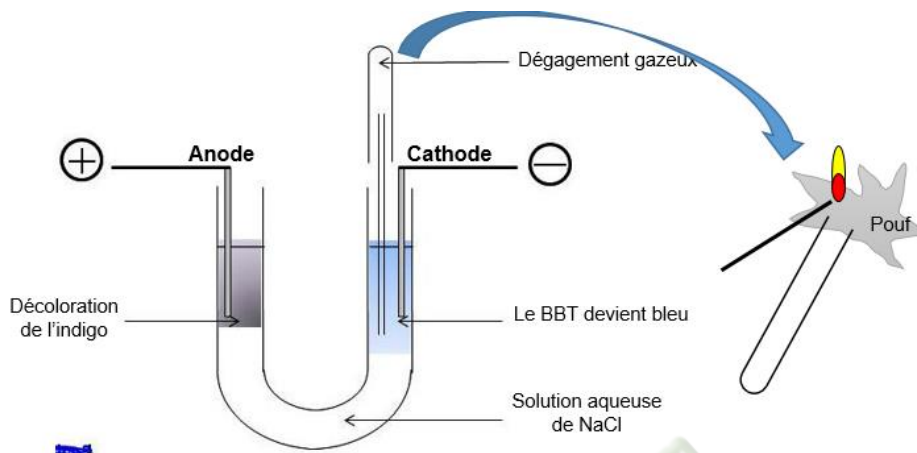
Activité d'application 5

On met 20 g de sulfate de sodium dans l'eau à $20^{\circ} C$. La solution obtenue a un volume $V = 100 cm^3$. La concentration massique de la solution saturée de sulfate de sodium à $20^{\circ} C$ est de $195 g.L^{-1}$.

- 1- Quelle est la solubilité de la solution de sulfate de sodium à $20^{\circ} C$?
- 2- La solution préparée est-elle saturée ? Justifier la réponse.
- 3- Déterminer les concentrations molaires des ions présents dans cette solution.

5- ELECTROLYSE D'UNE SOLUTION DE CHLORURE DE SODIUM

5.1- Expérience et observations



Des bulles de gaz se forment aux électrodes.

Le gaz recueilli à la cathode émet une légère détonation à l'approche d'une flamme

5.2- Interprétation

- **A l'anode** : la décoloration de l'indigo caractérise le dichlore Cl_2 d'où l'équation électrochimique : $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2e^-$
- **A la cathode** : le gaz dégagé est le dihydrogène. La coloration en bleu du BBT traduit la présence des ions hydroxydes OH^- d'où l'équation électrochimique : $2\text{H}_2\text{O} + 2e^- \longrightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$
- L'équation-bilan s'écrit alors : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- \longrightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2 + \text{Cl}_2$
Au cours de cette réaction la quantité de matière des ions Na^+ n'est pas modifiée.

5.3- Conclusion

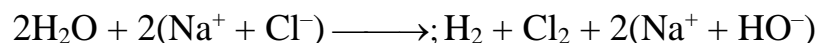
Le passage du courant dans une solution aqueuse ionique s'accompagne toujours de transformation chimique s'effectuant aux électrodes :

- L'anode reçoit des électrons qui proviennent des espèces présentes dans la solution grâce à une réaction de type : $\text{X}^n \longrightarrow \text{X} + ne^-$
- La cathode fournit des électrons aux espèces présentes dans la solution grâce à une réaction de type : $\text{Y}^{n+} + ne^- \longrightarrow \text{Y}$

L'anode capte autant d'électrons que la cathode en cède pendant la même durée. Le générateur fournit l'énergie nécessaire au déroulement de la réaction globale.

Remarque : certains ions (Na^+ ; SO_4^{2-}) sont si stables que les molécules d'eau réagissent à leur place. Ces molécules d'eau se transforment alors en ions HO^- et H_3O^+ .

L'électrolyse du NaCl est utilisée dans l'industrie pour fabriquer **du dichlore, du dihydrogène et de l'hydroxyde de sodium (soude)**. En effet :



SITUATION D'ÉVALUATION

Pour avoir des ressources financières pour son bal de fin d'année, le club scientifique du lycée moderne de Bonon désire fabriquer du savon. Ne disposant plus de soude, un groupe d'élève de seconde veut en synthétiser par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium. Ils préparent alors une solution en dissolvant 50 kg de chlorure de sodium dans un fût de 250 L d'eau et réalisent l'électrolyse de cette solution à l'aide un dispositif particulier.

On donne : Masse molaire : $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$

Le responsable du club te sollicite afin d'assister ce groupe pour la réussite de cette opération.

Il t'est demandé alors de déterminer la masse de soude susceptible d'être obtenue par ces élèves.

1. Ecris l'équation-bilan de la dissociation du NaCl dans l'eau
2.
 - 2.1. Détermine :
 - 2.1.1. La concentration de la solution de chlorure de sodium ainsi préparer
 - 2.1.2. Les concentrations des ions en solution.
 - 2.2. Vérifie l'électroneutralité de cette solution.
3. Ecris la demi-équation électronique de la réaction qui se déroule pendant l'électrolyse :
 - 4.1. à l'anode.
 - 4.2. à la cathode.
4. Déduis-en :
 - 4.1. L'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.
 - 4.2. La masse de soude (NaOH) obtenue.

Situation d'évaluation

Un lundi matin, ton voisin de classe se rend à l'hôpital pour des maux de dents. Le dentiste, après lui avoir arraché la dent cariée, lui conseille un bain de bouche avec une solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl) de concentration 200 mg/L.

Le bain se fait trois fois par jour et à chaque bain il utilise 175 cm^3 d'eau salée. Données : $M_{\text{Na}} = 23 \text{ g/mol}$;

$M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g/mol}$.

Ne sachant comment préparer la solution, il te sollicite pour l'aider.

1. Dis ce que représentent 200 mg/L.
2. Détermine :
 - 2.1 la concentration molaire volumique de la solution ;
 - 2.2 la concentration molaire de la solution en ions Na^+ et Cl^- ;
 - 2.3 Vérifie l'électroneutralité de la solution ;
 - 2.4 la masse du chlorure de sodium utilisée par jour de traitement.

EXERCICE 1

Ecris les équations-bilan de dissolution des composés ioniques suivants dans l'eau :

1. FeCl_2
2. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
3. $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$
4. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
5. CuCl_2

EXERCICE 2

1. Rappelle l'expression de la concentration molaire C d'une espèce chimique de quantité de matière n dissoute dans un volume V d'eau.
2. Complète le tableau ci-dessous :

n (soluté)	V (solution)	C (soluté)
0,10 mol	0,25 L	
25 mol	125 mL	
$6,0 \cdot 10^{-3}$ mol		0,20 mol/L
	250 mL	$4,0 \cdot 10^{-2}$ mol/L

Fomesout.com
ça soutra !

Leçon 09 : TESTS D'IDENTIFICATION DE QUELQUES IONS

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Les élèves de 2ndC du Lycée Moderne de Bouaflé ont remarqué que sur les étiquettes de certaines bouteilles d'eau minérale, sont mentionnées des formules d'ions, d'autres des noms d'ions. Curieux d'en savoir davantage, ils décident de se faire aider de leur professeur de Physique-chimie pour identifier quelques ions, écrire les différentes équation-bilans des réactions chimiques et les exploiter.

1. COULEUR DES IONS EN SOLUTION

La couleur des solutions aqueuses ioniques sont dues à des ions hydratés.

Exemple :

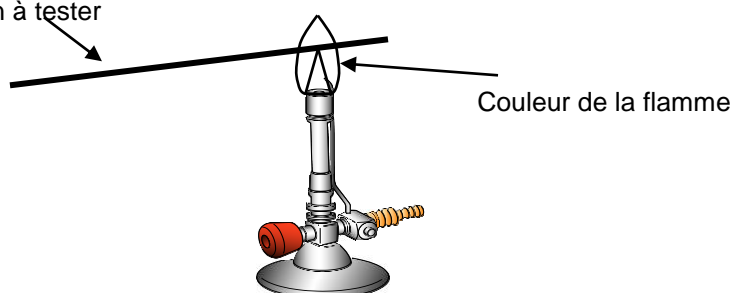
Ions en solution	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	MnO_4^-
Couleur de la solution	bleue	Verte pale	Rouge orangé	violette

NB : Une solution de couleur donnée ne contient pas forcément les ions caractéristiques de cette coloration. Il faut donc réaliser des tests.

Exemple : Toute solution bleue ne contient pas forcément des ions cuivre II.

2. TEST A LA FLAMME

Tige de platine trempée
dans la solution à tester



Ce changement de couleur permet de mettre en évidence la présence d'ions dans la solution.

Lorsque la solution contient :

- L'ion Na^+ ; la flamme est **jaune**.

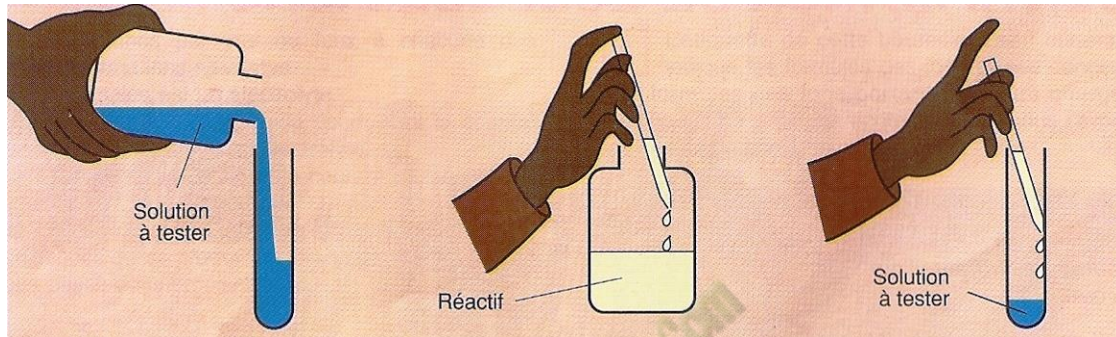
- L'ion Cu^{2+} ; la flamme est verte.

3. TEST DE PRECIPITATION DES IONS

Pour identifier un ion en solution aqueuse, on doit disposer :

- d'une solution contenant l'ion à tester ;
- d'un réactif contenant un ion pouvant réagir de façon directe avec l'ion à tester

Lorsqu'on verse quelques gouttes du réactif dans la solution à tester, on obtient un précipité dans certains cas ou un changement de coloration du mélange dans d'autres cas.



NB : VOIR TABLEAU TEST IONS (AREX p.169/170)

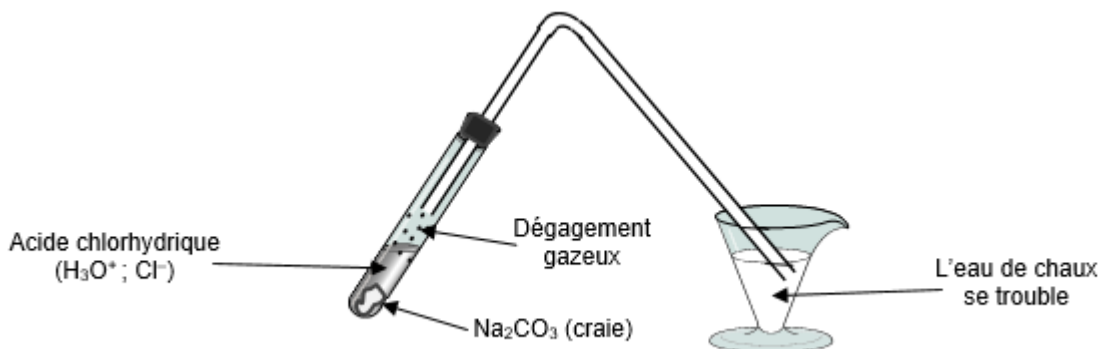
Remarque : les ions qui n'apparaissent pas dans l'équation-bilan sont des ions spectateurs car ils ne réagissent pas.

Activité d'application1

On teste une solution aqueuse et on obtient les résultats suivants :

- Un précipité rouille avec la soude
 - Un précipité blanc avec une solution de nitrate d'argent.
- 1- Donne les noms et les formules des ions mis en évidence
 - 2- Donne le nom de cette solution aqueuse

4. TEST AVEC OBTENTION D'UN DEGAGEMENT GAZEUX : cas de l'ion carbonate CO_3^{2-}



Equation de la réaction : $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_3\text{O}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

Ions spectateurs : Na^+ et Cl^-

Activité d'application 2

Des cristaux de sulfate de cuivre (CuSO_4) sont dissous dans de l'eau distillée et on fait deux parts de la solution obtenue.

- 1- Quels sont les ions qui se dispersent lors de la dissolution du sulfate de cuivre dans l'eau ? Donner la couleur de la solution.
- 2- Dans la première part on verse quelques gouttes de chlorure de baryum ; il apparaît alors un précipité blanc.
 - 2-1- Donne le nom de ce précipité
 - 2-2- Ecris l'équation – bilan de la réaction
- 3- Dans la seconde partie, on verse quelques gouttes de soude.
 - 1-1- Qu'observe-t-on ?
 - 1-2- Ecris l'équation – bilan de la réaction observée et donner le nom du

SITUATION

Au cours d'un TP d'identification d'ions en solution, votre professeur met à votre disposition :

- 200 ml d'une solution aqueuse S_1 de sulfate de sodium de concentration 0,25 mol/L.
- une solution S_2 de nitrate de baryum de concentration $C = 0,12$ mol/L.

Il vous est demandé de précipiter tous les ions sulfate à partir de la solution S_2 .

On donne : $M(\text{S}) : 32$; $M(\text{Na}) : 23$; $M(\text{O}) : 16$ (en g/mol)

Tu fais partie du groupe.

1. Calcule la masse de sulfate de sodium présente dans la solution S_1 .
2. Calcule la concentration molaire de la solution S_1 en ions Na^+ et SO_4^{2-} .
3. Calcule le volume de la solution S_2 qu'on doit utiliser pour atteindre l'objectif visé par le professeur.

EXERCICE 1

Relie par une flèche, chaque réactif permettant d'identifier l'ion correspondant.

Soude •
Acide chlorhydrique •
Nitrate d'argent •

• CO_3^{2-}
• Ba^{2+}
• Fe^{2+}

Sulfate de sodium •

EXERCICE 2

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction entre les ions phosphate (PO_4^{3-}) et les ions fer II (Fe^{2+}).
2. Explique le processus d'identification des ions cuivre II (Cu^{2+}) par le test de la flamme.
3. L'action de la soude sur une solution aqueuse ionique donne un précipité bleu. Identifie l'ion mis en évidence et écris l'équation-bilan de la réaction.

EXERCICE 3

Voici une liste d'affirmations.

AFFIRMATIONS	VRAIE	FAUSSE
L'ajout d'une solution de nitrate d'argent dans une solution de chlorure de sodium permet d'identifier les ions chlorure		
Le précipité blanc de chlorure d'argent exposé à la lumière ne noircit jamais		
La solution de carbonate de sodium contient des ions phosphates et des ions sodium		
La flamme des ions baryum est jaune claire		
L'équation-bilan entre le sulfate de fer III et la soude s'écrit : $(\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-}) + (2\text{Na}^+ + 3\text{OH}^-) \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$		

Complète le tableau en mettant une croix dans la case qui convient

Leçon 10 : SOLUTIONS ACIDE ET BASIQUES. MESURES DE pH

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 2ndC au Lycée Moderne de Bonon, dont les parents tiennent une pisciculture, trouvent à la maison des prospectus qui parlent de milieux acides, neutres, basiques et de mesure de pH etc... Voulant en savoir davantage, il partage ces informations avec ses camarades de classe. Avec l'aide du professeur, ils cherchent à connaître les propriétés d'une solution acide et d'une solution basique puis de déterminer le pH d'une solution aqueuse.

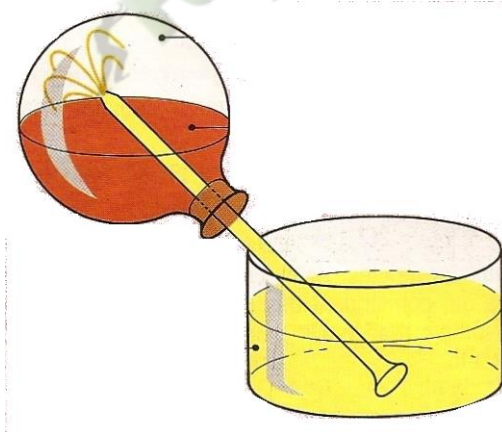
1- LA SOLUTION D'ACIDE CHLORHYDRIQUE

1.1- Préparation de la solution d'acide chlorhydrique

1.1.1- Le chlorure d'hydrogène

Dans les conditions ordinaires de pression de température, le chlorure d'hydrogène est un gaz incolore, d'odeur piquante, plus dense que l'air. Sa formule est HCl.

1.1.2- Expérience et observations



1.1.3- Interprétation

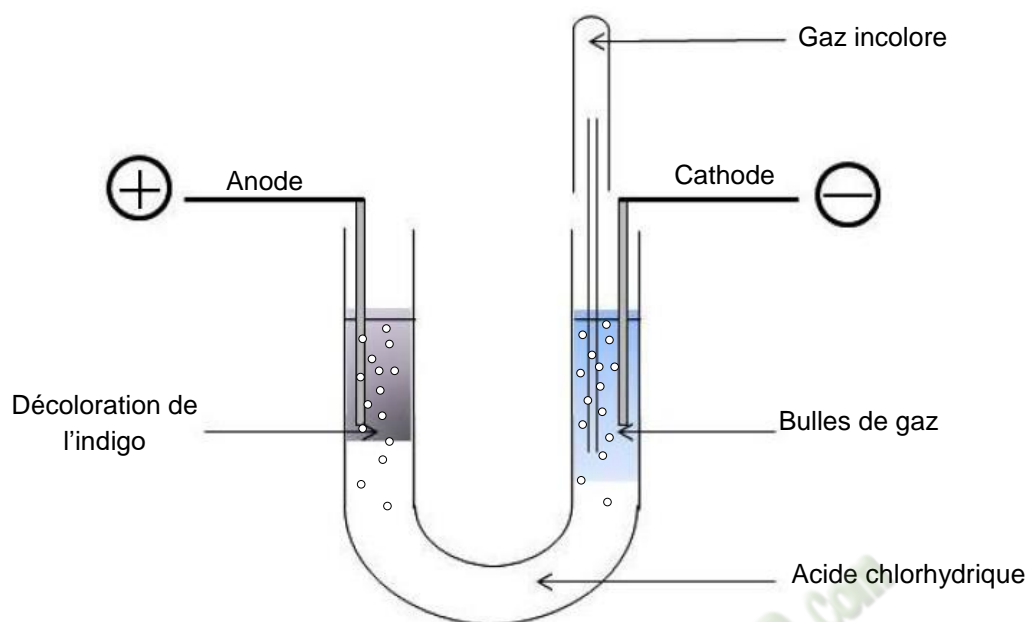
- La solution de chlorure d'hydrogène est très soluble dans l'eau.
- La réaction de dissolution est exothermique.
- La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène devient l'acide chlorhydrique

1.1.4- Conclusion

Une solution d'acide chlorhydrique est obtenue par dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau. Cette dissolution est exothermique.

1.2- La solution aqueuse d'acide chlorhydrique

1.2.1 Expérience et observations



Electrolyse d'une solution d'acide chlorhydrique

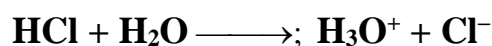
Le gaz recueilli à la cathode émet une légère détonation à l'approche d'une flamme.

1.2.2 Interprétation

- La solution conduit le courant électrique : elle contient donc des ions.
- Anode : Formation du dichlore ; la solution contient donc des ions chlorure Cl^- qui réagissent suivant l'équation :
$$2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$$
- Cathode : Formation du dihydrogène ; hypothèse :
 - $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$;la solution contient donc des ions hydronium H_3O^+ qui réagissent selon l'équation :
 - $2\text{H}_3\text{O}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Bilan de l'électrolyse :
$$2(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-) \longrightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

1.2.3 Conclusion

La dissolution du gaz chlorure d'hydrogène dans l'eau est une véritable réaction chimique ; les molécules HCl réagissent avec les molécules d'eau H_2O pour donner des ions selon l'équation-bilan :



Activité d'application 1

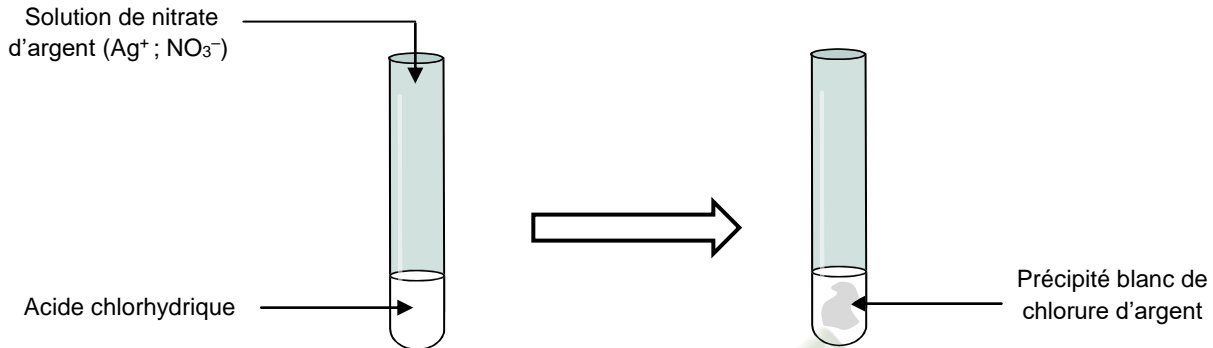
On prépare une solution d'acide chlorhydrique en dissolvant 0,24 L de chlorure d'hydrogène dans 100 cm^3 d'eau pure.

- 1- Ecrire l'équation – bilan de la réaction de chlorure d'hydrogène avec l'eau

- 2- Déterminer la concentration molaire de la solution obtenue et en déduire celles des ions Cl^- et H_3O^+ .
On donne : $V_m = 24 \text{ L. mol}^{-1}$

1.3- Propriétés d'une solution d'acide chlorhydrique

1.3.1- Propriété des ions chlorure (Cl^-)

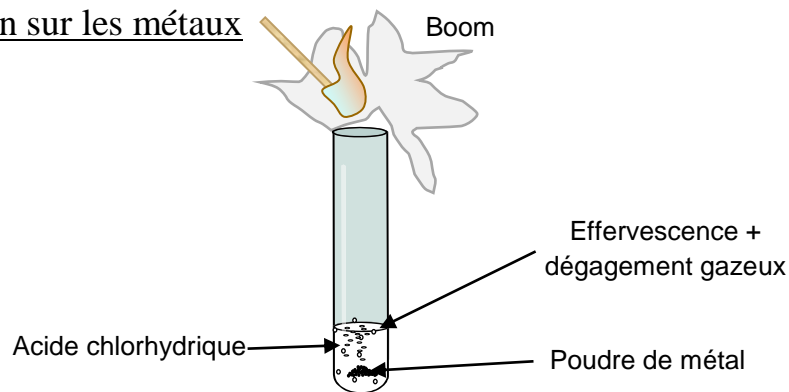


1.3.2- Propriétés des ions hydronium (H_3O^+)

➤ Action sur les indicateurs colorés

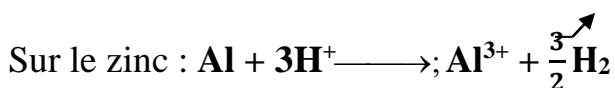
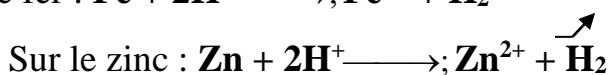
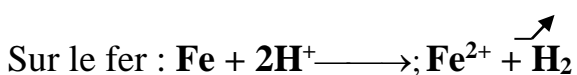
	Eau pure	Acide chlorhydrique
Hélianthine	Jaune	Rouge
Bleu de bromothymol (BBT)	Vert	Jaune
Phénolphtaléine ($\varphi\varphi$)	incolore	Incolore

➤ Action sur les métaux



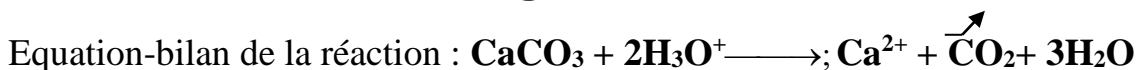
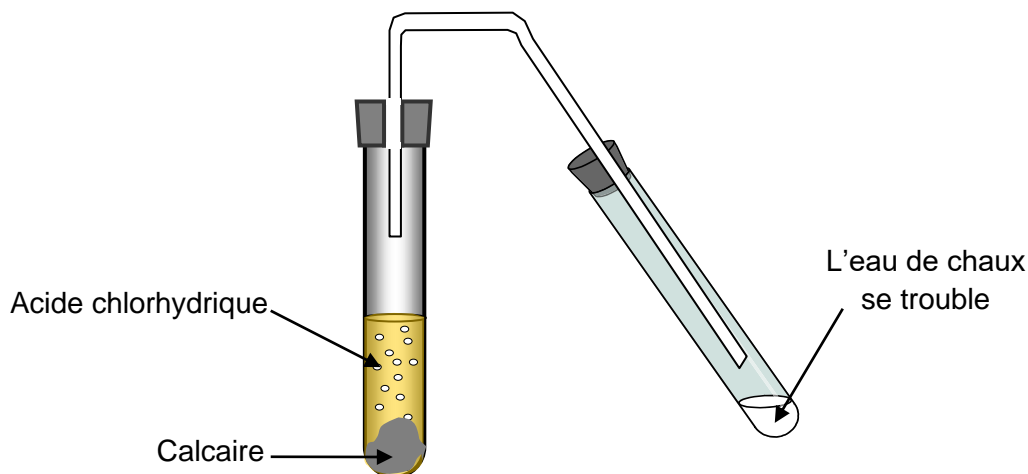
Le gaz produit est du dihydrogène

Equation de la réaction



NB : l'acide chlorhydrique n'a aucune action sur le cuivre

➤ Action sur le calcaire



Cette réaction est utilisée pour savoir si une roche contient du calcaire.

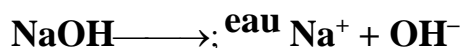
2- LA SOLUTION AQUEUSE D'HYDROXYDE DE SODIUM

2.1. L'hydroxyde de sodium

L'hydroxyde de sodium (ou soude caustique) est un solide blanc plus dense que l'eau. Sa formule est NaOH. C'est un composé ionique constitué par un empilement d'ion Na^+ et OH^-

2.2.1. La solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

La soude NaOH est très soluble dans l'eau. Sa dissolution dans l'eau est exothermique. On obtient des ions sodium Na^+ et hydroxyde OH^- selon l'équation-bilan :



Activité d'application

On désire préparer une solution de soude de concentration 0,1 mol/L.

- 1- Déterminer la masse de NaOH solide à peser.
- 2- Donner le mode opératoire de cette préparation.

1.1- Propriété de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

2.3.1- Propriétés des ions sodium (Na^+)

Dans une flamme l'ion Na^+ émet une lumière jaune caractéristique.

2.3.2- Propriétés des ions hydroxyde (OH^-)

➤ Action sur les indicateurs colorés

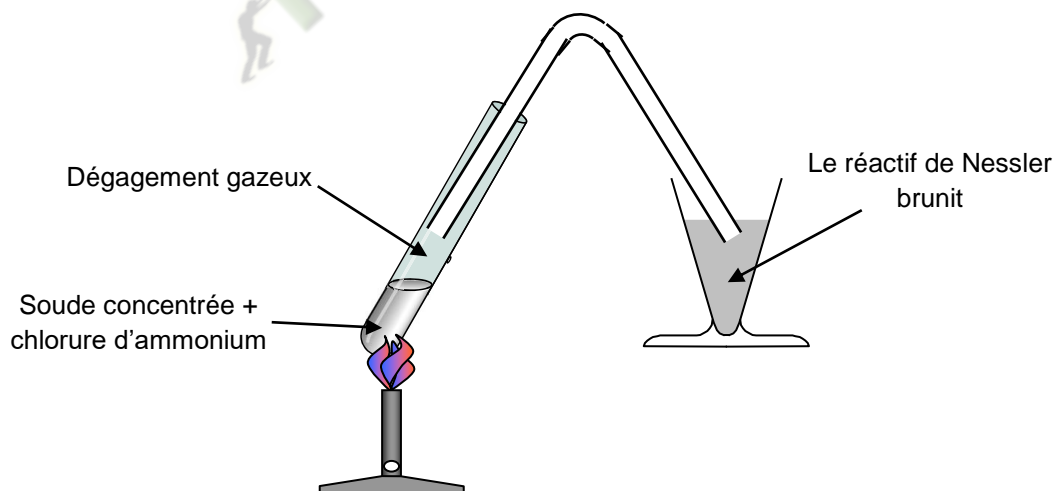
Eau pure	Solution d'hydroxyde de sodium
----------	--------------------------------

Hélianthine	Jaune	Jaune
Bleu de bromothymol (BBT)	Vert	Bleu
Phénolphtaléine ($\phi\phi$)	incolore	violet

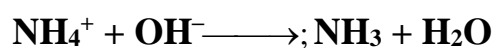
➤ Action sur certains ions métalliques

Solution contenant l'ion métallique	Observation après action de OH^-	Equation de la réaction
Cu^{2+}	Précipité bleu	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow; \text{Cu}(\text{OH})_2$
Fe^{2+}	Précipité vert	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow; \text{Fe}(\text{OH})_2$
Fe^{3+}	Précipité rouille	$\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \longrightarrow; \text{Fe}(\text{OH})_3$
Al^{3+}	Précipité blanc	$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \longrightarrow; \text{Al}(\text{OH})_3$
Zn^{2+}	Précipité blanc	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \longrightarrow; \text{Zn}(\text{OH})_2$

2.3.2.3- Action sur l'ion ammonium (NH_4^+)



Le gaz qui se dégage et qui brunit le **réactif de Nessler** est le gaz ammoniac NH_3 . Il s'obtient selon la réaction :



3- NOTION DE pH

3.1- Définition du pH

Le pH d'une solution aqueuse diluée et sa concentration en ions hydronium sont liés par la relation :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} ; [H_3O^+] \text{ en mol.L}^{-1} ; \text{ le pH est sans unité}$$

Activité d'application 3

1- Compléter le tableau ci-dessous

Solution	$[H_3O^+]$ en mol. L ⁻¹	pH	Nature de la solution
A	0,0005		
B		12	
C	0,001		
D		1,3	
E	10^{-8}		

2- Classer ces solutions de la plus acide à la plus basique.

3.2- Mesure du pH

Le pH d'une solution aqueuse se mesure à l'aide :

- d'un **papier pH** : c'est un papier imbibé d'un mélange d'indicateurs colorés. Au contact d'une solution, il prend une coloration (teinte) selon le pH de cette solution. Le papier pH donne la valeur du pH à une unité près.
- d'un **pH-mètre** : c'est l'appareil de mesure directe du pH. Il donne la valeur du pH à 0,1 unité près

Une solution dont :

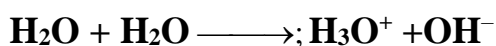
- le **pH < 7** est dite **acide**,
- le **pH > 7** est dite **basique**,
- le **pH = 7** est dite **neutre**.

3.3- pH de l'eau pure

La mesure du pH de l'eau pure donne 7 à 25°C

L'eau pure étant neutre, son pH est 7 $\Rightarrow [H_3O^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$;

Les ions H_3O^+ et OH^- proviennent d'une réaction de dissociation de l'eau appelée **autoprotolyse de l'eau**.



Dans l'eau pure, il y a autant d'ions H_3O^+ que d'ion OH^- :

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

3.4- Effet de la dilution sur le pH

3.4.1- Cas des solutions acides

On mesure le pH de solutions d'acides chlorhydrique de différentes concentrations

C (mol/L)	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
pH	2,0	3,0	4,0	5,0

Lorsqu'on dilue une solution acide son **pH augmente** et tend vers le pH d'une solution neutre.

3.4.2- Cas des solutions basiques

On mesure le pH de solutions d'hydroxyde de sodium de différentes concentrations

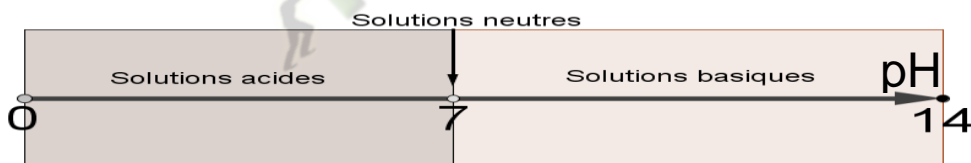
C (mol/L)	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
pH	12,0	11,0	10,0	9,0

Lorsqu'on dilue une solution basique son **pH diminue** et tend vers le pH d'une solution neutre.

NB : la dilution consiste à diminuer la concentration d'une solution.

3.5- Echelle du pH

L'échelle du pH varie de 0 à 14 à 25°C



SITUATION D'EVALUATION

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves de 2nd C prépare par dissolution de chlorure d'hydrogène 1 L de solution de HCl dont le pH donne 2,5. Il leur est demandé de déterminer le volume de chlorure d'hydrogène dissout.

On donne : $V_m = 24 \text{ L/mol}$; $M(\text{Cl}) : 35,5$; $M(\text{H}) : 1$ (en g.mol^{-1})

En tant que rapporteur du groupe, réponds aux questions.

1. Ecris l'équation bilan de la dissolution du HCl dans l'eau.
2. Calcule $[H_3O^+]$.
3. Calcule la quantité de matière de HCl dissout dans l'eau
4. Déduis-en le volume de HCl dissout.

EXERCICE 1

Classe les solutions aqueuses suivantes dans l'ordre décroissant d'acidité :

Jus de citron (pH = 2,3) - Vinaigre (pH = 3) - Orange (pH = 3,5) - Banane (pH = 4,6) - Coca-cola (pH = 2,6) - Eau de pluie (pH = 6,2).

EXERCICE 2

Une solution aqueuse a un pH = 10,4 à 25°C.

1. Dis en justifiant ta réponse, si cette solution est acide ou basique.
2. Détermine la concentration molaire en ions H_3O^+ de cette solution.
3. Précise l'indicateur coloré qui permet de confirmer la première réponse

EXERCICE 3

Au cours d'une séance de Travaux Dirigés, un groupe d'élèves de 2nde C veut connaître les concentrations des ions présents dans une solution S obtenue à partir d'un mélange de :

- 50 cm³ d'une solution de sulfate de cuivre II de concentration $C = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;
- 20 cm³ d'une solution d'hydroxyde de sodium préparée à partir de $8 \cdot 10^{-3} \text{ g}$ de soude dissoute dans 200 cm³ d'eau.

Tu es sollicité pour déterminer les concentrations des ions présents dans la solution S.

1. Identifie les ions présents dans la solution d'hydroxyde de sodium.
2. Détermine :
 - 2.1 les concentrations molaires des ions présents dans la solution d'hydroxyde de sodium.
 - 2.2 le pH de la solution d'hydroxyde de sodium.
3.
 - 3.1 Ecris l'équation-bilan de la réaction entre la solution de sulfate de cuivre II et la solution d'hydroxyde de sodium.
 - 3.2 Détermine la masse de précipité obtenue.

Fomesoultra.com
ça soutra !

Leçon 11 : REACTION ACIDO-BASIQUE. DOSAGE

SITUATION D'APPRENTISSAGE

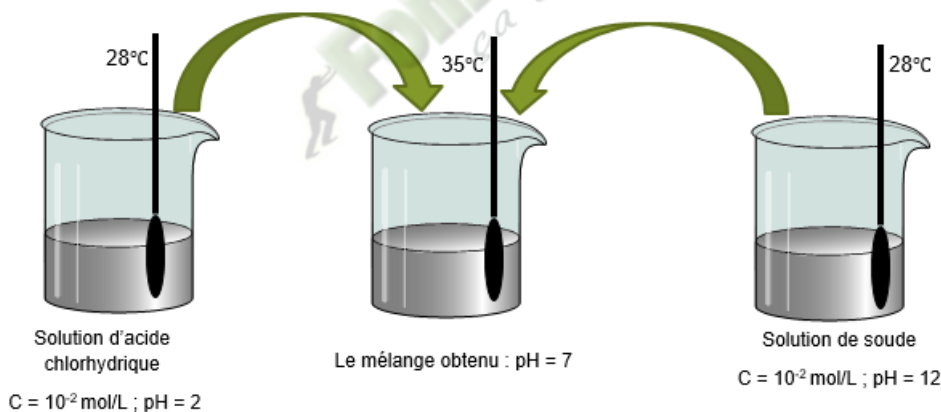
Avant l'arrivée du professeur en classe, une discussion s'engage entre des élèves de la classe de 2nde C du Collège les Rochers de Bonon suite à une affirmation donnée par l'un des leurs : "Si l'on mélange une solution d'acide chlorhydrique et une solution de soude, on obtient une solution acide". "Non", répond un autre, le mélange est neutre. Un troisième soutient que le mélange est basique.

Face à ces désaccords, ensemble avec leurs camarades de classe, ils décident de déterminer avec l'aide du professeur, les caractéristiques de cette réaction, d'écrire son équation-bilan et de déterminer la concentration molaire volumique de la solution inconnue.

1- REACTION ACIDO-BASIQUE

1.1- Effet thermique

1.1.1- Expérience et observations



1.1.2- Interprétation

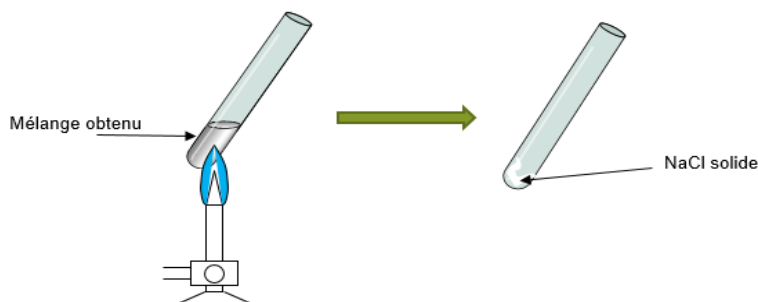
Le mélange est neutre et dégage de la chaleur.

1.1.3- Conclusion

Le mélange à volumes égaux de solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium de même concentration conduit à une solution neutre. Cette réaction est exothermique.

1.2- Mise en évidence du produit formé

1.2.1- Expérience et observations

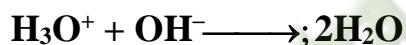


1.2.2- Conclusion

Le mélange obtenu est **une solution aqueuse de chlorure de sodium (Na^+ ; Cl^-)**

1.3- Equation-bilan de la réaction

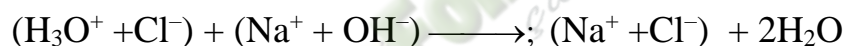
La réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium est une réaction acido-basique selon l'équation-bilan :



Les ions Na^+ et Cl^- ne réagissent pas ; ils sont spectateurs

Remarque :

L'équation globale de la réaction est :



Activité d'application 1

On mélange un volume $V_1 = 10 \text{ cm}^3$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$ à un volume $V_2 = 5 \text{ cm}^3$ d'une solution de soude de concentration $C_2 = 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$.

- 1- Déterminer les quantités de matière d'ions H_3O^+ et OH^- introduits dans le mélange
- 2- Ecrire l'équation – bilan de la réaction qui se produit.
- 3- Quel est l'ion en excès parmi les ions H_3O^+ et OH^- introduits?
- 4- Après réaction la solution est-elle acide ou basique ?

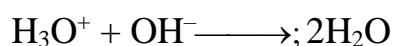
2- DOSAGE ACIDO-BASIQUE

2.1- Définition

Un dosage consiste à déterminer expérimentalement la concentration d'une solution dont on connaît les constituants.

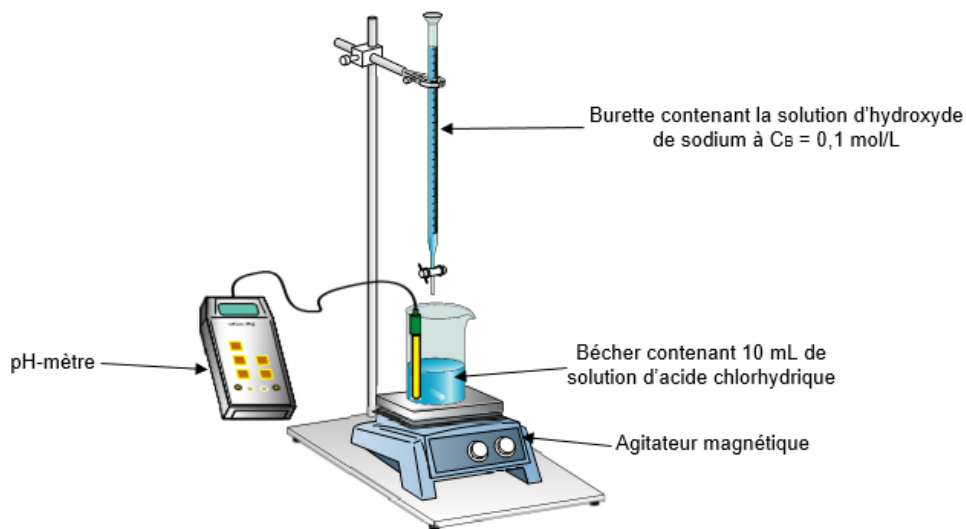
Pour doser une solution d'**acide chlorhydrique**, on peut utiliser une solution de **soude** de concentration connue et vice versa.

L'équation-bilan de la réaction de dosage entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium est :



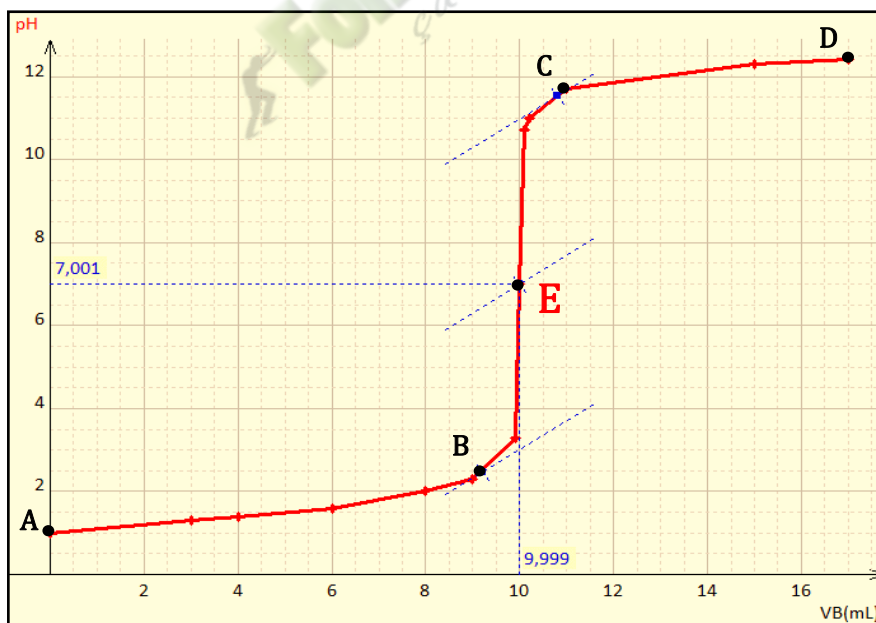
2.2- Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique

2.2.1-Dispositif expérimental



V_B (mL)	0	3	4	6	8	9	9,9	10	10,1	10,2	11	15	17
pH	1	1,3	1,4	1,6	2	2,3	3,3	7	10,7	11	11,7	12,3	12,4

2.2.3- Graphe $\text{pH} = f(V_B)$



2.2.4- Exploitation du graphe

Le graphe présente trois parties :

- **Partie AB** ; $0 < V_B < 8,5 \text{ mL}$ faible variation du pH avec une concavité tournée vers le haut

- **Partie BC** ; $8,5 \text{ mL} < V_B < 10,5 \text{ mL}$ brusque augmentation du pH appelée **saut du pH**
- **Partie CD** ; $V_B > 10,5 \text{ mL}$ faible variation du pH avec une concavité tournée vers le bas.

La partie BC présente alors un point d'inflexion.

La méthode des tangentes permet de déterminer graphiquement ce point d'inflexion E

$$\text{On trouve } E \left| \begin{array}{l} pH = 7 \\ V_B = 10 \text{ mL} \end{array} \right.$$

E est appelé **point d'équivalence**.

A l'équivalence, le mélange est neutre et on a :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)_E \Rightarrow \boxed{C_A V_A = C_B V_{BE}}$$

2.2.5- Conclusion

A l'équivalence acido-basique on a :

$$n_A = n_B \Leftrightarrow \boxed{C_A V_A = C_B V_B}$$

2.2.6- Dosage à l'aide d'un indicateur coloré

Pour repérer le point d'équivalence acido-basique, on utilise parfois des **indicateurs colorés**. Le rôle est de changer de couleur (virage) lorsque l'équivalence est atteinte. Le domaine de pH sur lequel, on observe un changement de teinte est appelé **zone de virage**

SITUATION D'ÉVALUATION

Pour déterminer la concentration molaire volumique C_1 d'une solution d'acide chlorhydrique, un groupe d'élèves prélève $V_1 = 20 \text{ mL}$ de cette solution dans un bécher et ajoute lentement à l'aide d'une burette une solution de soude de concentration molaire $C_2 = 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$. Un pH-mètre indique la valeur du pH du mélange homogénéisé par agitation, pour quelques valeurs du volume V_2 de soude versé. Les mesures sont relevées dans le tableau suivant :

$V_2 \text{ (cm}^3\text{)}$	0	4	8	12	14	16	18	19	19,5	20	20,5	21	22	24	26
pH	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,3	2,6	3,1	9,0	11	11,5	11,7	12	12,2

On donne : Masse molaire (en g/mol) : Na :23 ; O :16 ; H :1 ; Cl :35,5

Le professeur de physique-chimie te désigne pour assister ce groupe.

1. Ecris l'équation-bilan de la réaction qui a lieu au cours du mélange.
2. Trace la courbe représentative des variations du pH en fonction de V_2 à l'échelle : 1 cm pour 2 cm^3 en abscisse et 1cm pour 1 unité de pH en ordonnée.
3.
 - 3.1. Détermine graphiquement le point d'équivalence E.
 - 3.2. Déduis-en le volume V_E et le pH_E à l'équivalence.
4. Détermine :
 - 4.1. la concentration molaire C_1 de la solution d'acide chlorhydrique.
 - 4.2. a masse, le nom et la formule statistique du composé ionique obtenu par évaporation du mélange à l'équivalence.

EXERCICE 1

1	La solution d'hydroxyde de sodium, en présence de bleu de bromothymol, donne une couleur bleue.	V	F
2	La solution d'acide chlorhydrique, en présence de bleu de bromothymol, donne une couleur jaune.	V	F
3	Lors de la réaction acide chlorhydrique-soude, le pH de la solution obtenue à l'équivalence est supérieur à 7.	V	F
4	Une solution de soude permet de neutraliser une solution d'acide chlorhydrique et vice-versa.	V	F
5	La relation $C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_b$ est toujours vérifiée du début jusqu'à la fin du dosage.	V	F

Pour les propositions suivantes, entoure V si elles sont vraies et F si elles sont fausses.

EXERCICE 2

On mélange un volume $V_a = 10 \text{ mL}$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ avec un volume $V_b = 15 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

La solution obtenue est :

- a- acide ;
- b- basique ;
- c- neutre.

Entoure la bonne réponse.