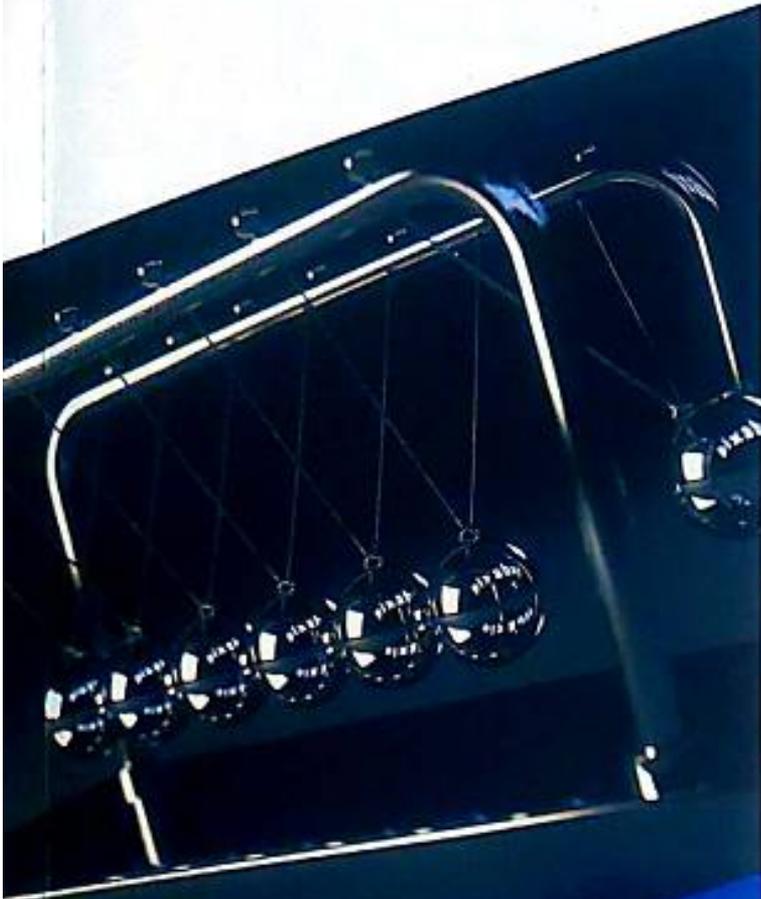


Collection "SUPERNOVA"

La Physique

Chimie



en

2^{de} 2C

4 500 FCFA

Editions
SuperNova

Collection "SUPERNOVA"

LA
PHYSIQUE-CHIMIE
EN
2^{de} C

Sous la supervision de
M. OHIE YAO
Inspecteur de l'Enseignement Secondaire



AVANT-PROPOS

Cet ouvrage de Physique-Chimie du niveau seconde de la collection « SUPERNOVA » a pour titre « La Physique-Chimie en seconde C ». C'est un manuel, fruit d'un travail collectif d'Inspecteurs Généraux de l'Éducation Nationale, d'Inspecteurs de l'Enseignement Secondaire, d'Encadreurs pédagogiques et de Professeurs chevronnés.

Conforme à la nouvelle approche pédagogique (APC) en vigueur actuellement en Côte d'Ivoire et à ses objectifs, il entend mettre l'élève au centre du processus d'apprentissage et d'évaluation.

L'ouvrage est constitué de 23 leçons dont 12 en physique et 11 en chimie.

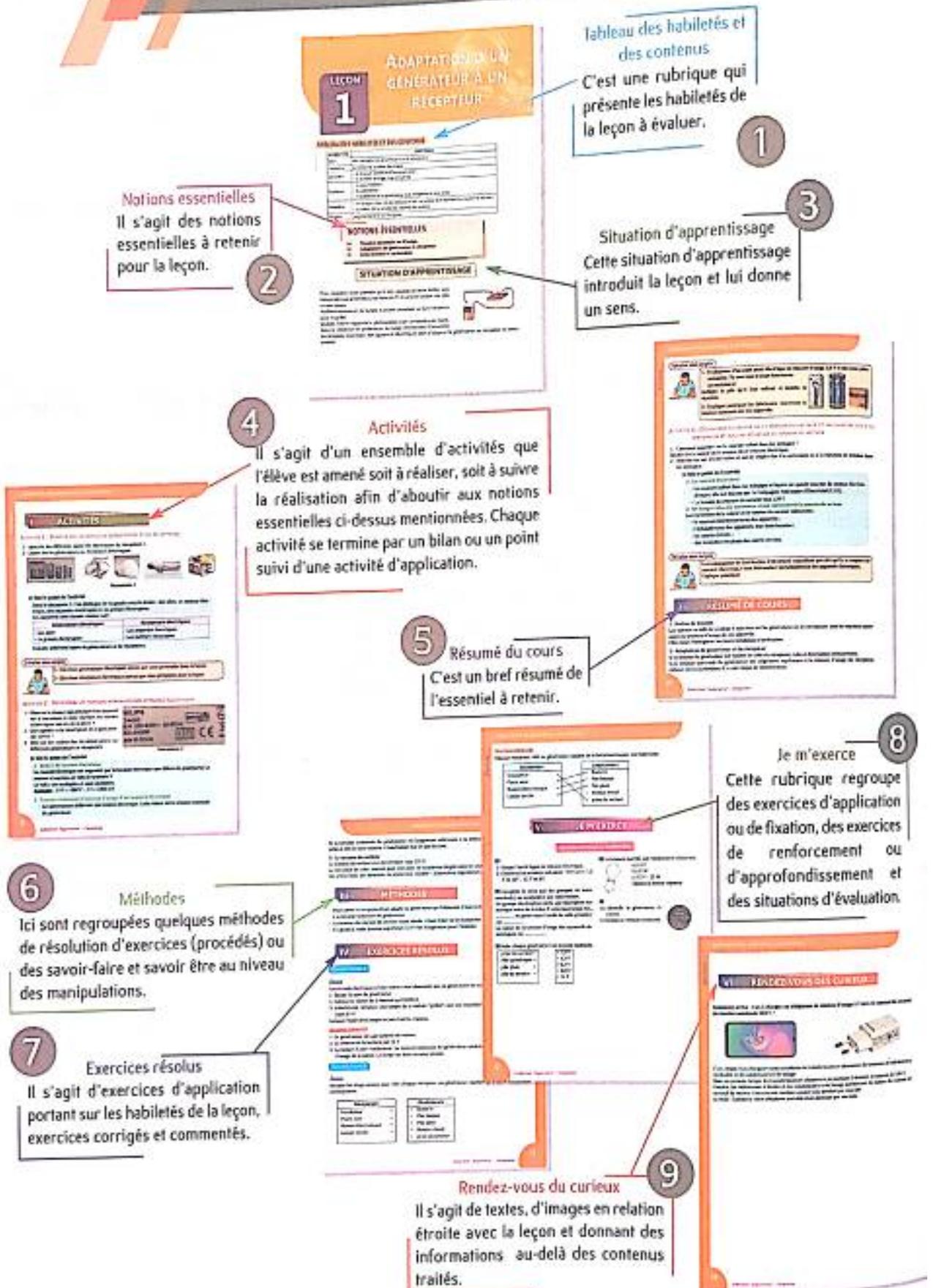
Les leçons sont réparties en quatre thèmes et structurées chacune autour de 9 rubriques.

- **Tableau des habiletés et des contenus** : c'est une rubrique qui présente les habiletés à évaluer dans la leçon.
- **Notions essentielles** : il s'agit des notions essentielles à retenir dans la leçon.
- **Situation d'apprentissage** : la situation d'apprentissage donne du sens à la leçon en permettant de fixer le cadre des apprentissages, de planifier et d'organiser les activités d'apprentissage.
- **Activités** : il s'agit d'activités que l'élève est amené à réaliser, ou d'activités dont l'élève est amené à suivre la réalisation afin d'aboutir aux notions essentielles ci-dessus mentionnées. Chaque activité se termine par un bilan ou un point suivi d'une activité d'application.
- **Résumé du cours** : c'est un bref résumé de l'essentiel à retenir.
- **Méthodes** : ici sont regroupées quelques méthodes de résolution d'exercices (procédés), ou des savoir-faire et savoir être au niveau des manipulations.
- **Exercices résolus** : il s'agit d'exercices d'application portant sur les habiletés de la leçon, exercices corrigés et commentés.
- **Je m'exerce** : cette rubrique regroupe des exercices d'application ou de fixation, des exercices de renforcement ou d'approfondissement et des situations d'évaluation.
- **Rendez-vous du curieux** : il s'agit de textes, d'images en relation étroite avec la leçon et donnant des informations au-delà des contenus traités.

Les auteurs de ce manuel accueilleront avec bienveillance les observations et suggestions que chacun voudra leur faire afin de l'améliorer.

Les auteurs

PRÉSENTATION DU LIVRE



SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	3
PARTIE PHYSIQUE	
THÈME 1 : MÉCANIQUE	
LEÇON 1 : LE MOUVEMENT	9
LEÇON 2 : ACTIONS MÉCANIQUES OU FORCES	21
LEÇON 3 : ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS À DEUX (02) FORCES, PUIS À TROIS (03) FORCES	35
LEÇON 4 : ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE	45
LEÇON 5 : PRINCIPE DE L'INERTIE	55
LEÇON 6 : QUANTITÉ DE MOUVEMENT	65
THÈME 2 : ÉLECTRICITÉ & ÉLECTRONIQUE	
LEÇON 7 : LE COURANT ÉLECTRIQUE	75
LEÇON 8 : INTENSITÉ D'UN COURANT CONTINU	83
LEÇON 9 : TENSION ÉLECTRIQUE	91
LEÇON 10 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE QUELQUES DIPÔLES PASSIFS	103
LEÇON 11 : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE D'UN DIPÔLE ACTIF POINT DE FONCTIONNEMENT	115
LEÇON 12 : LE TRANSISTOR : UN AMPLIFICATEUR DE COURANT LA CHAÎNE ÉLECTRONIQUE	127
PARTIE CHIMIE	
THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS	
LEÇON 1 : L'ÉLÉMENT CHIMIQUE	139
LEÇON 2 : STRUCTURE DE L'ATOME	151
LEÇON 3 : CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES	165
LEÇON 4 : IONS ET MOLÉCULES	175
LEÇON 5 : MOLE ET GRANDEURS MOLAIRES	191
LEÇON 6 : ÉQUATION-BILAN D'UNE RÉACTION CHIMIQUE	201
LEÇON 7 : LE CHLORURE DE SODIUM SOLIDE	211

THÈME 4 : LES IONS EN SOLUTIONS AQUEUSES

LEÇON 8 : SOLUTIONS AQUEUSES IONIQUES

LEÇON 9 : TESTS D'IDENTIFICATION DE QUELQUES IONS

LEÇON 10 : SOLUTIONS ACIDES ET BASIQUES. MESURE DE pH

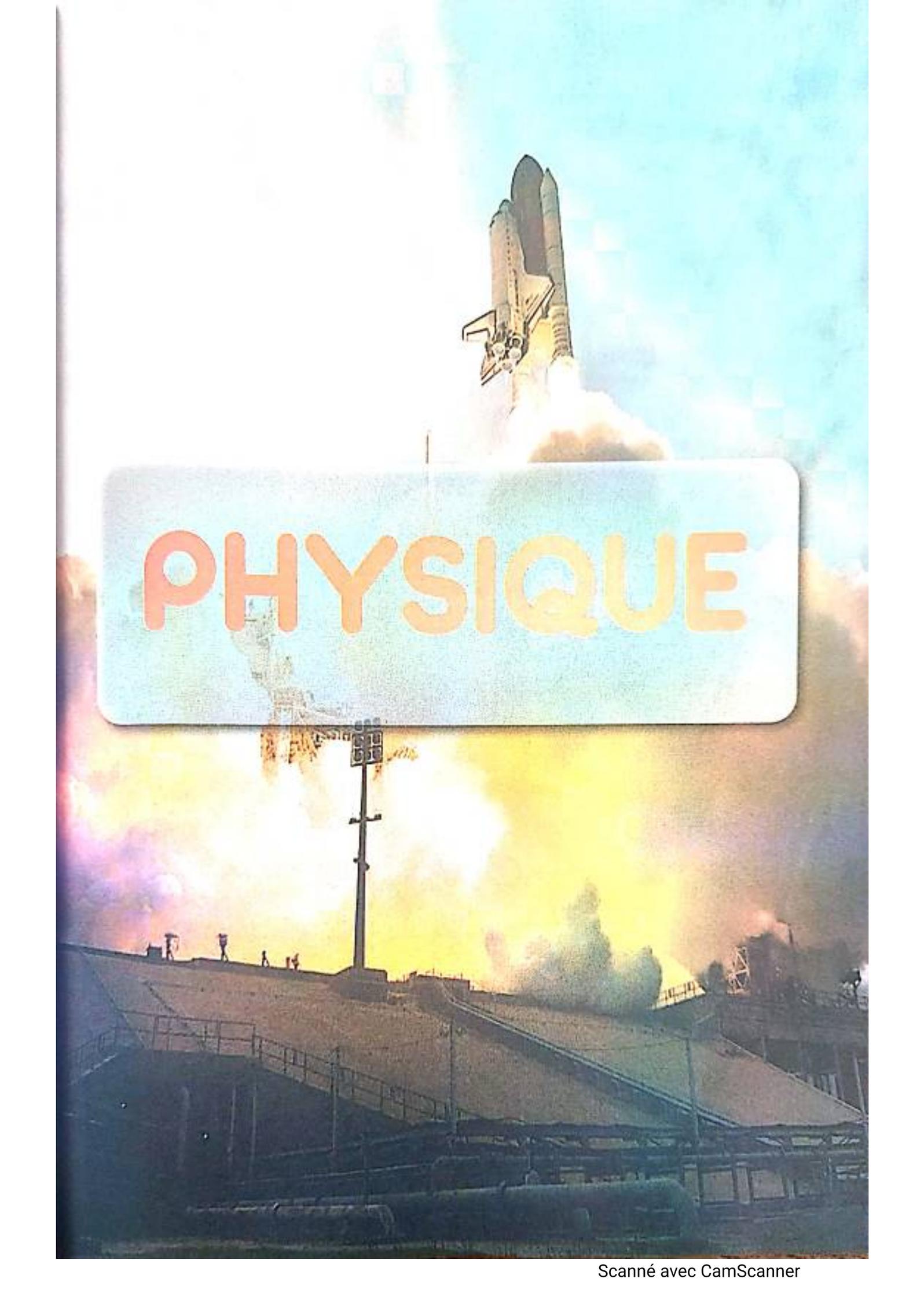
LEÇON 11 : RÉACTION ACIDO-BASIQUE. DOSAGE

221

229

241

255

A space shuttle is shown launching from a launch pad, ascending into a blue sky with white clouds. The shuttle is emitting a large plume of white smoke and fire from its engines. In the foreground, the launch pad structure is visible, including a tall service structure and various platforms. The scene is brightly lit, suggesting a clear day. A large, rounded rectangular sign with a light blue background and a subtle grid pattern is superimposed over the middle of the image. The word "PHYSIQUE" is written in large, bold, orange letters across the sign.

PHYSIQUE



MÉCANIQUE

LEÇON

1

LE MOUVEMENT

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

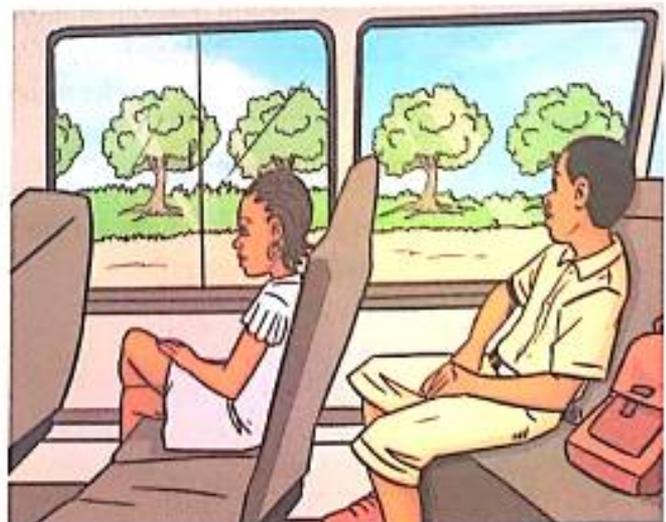
HABILITÉS	CONTENUS
Montrer	le caractère relatif du mouvement d'un point matériel.
Définir	<ul style="list-style-type: none"> • un référentiel. • un repère d'espace. • un repère de temps. • le vecteur-position d'un point matériel.
Repérer	quelques points dans un repère convenablement choisi.
Définir	<ul style="list-style-type: none"> • la trajectoire d'un point matériel. • la vitesse moyenne. • la vitesse instantanée. • le vecteur-vitesse.
Déterminer	les caractéristiques du vecteur -vitesse.
Représenter	le vecteur-vitesse.
Déterminer	la nature d'un mouvement : <ul style="list-style-type: none"> - mouvement rectiligne et uniforme ; - mouvement rectiligne et uniformément varié ; - mouvement curviligne ; - mouvement circulaire et uniforme.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Caractère relatif du mouvement
- Référentiel
- Repère
- Vecteur vitesse
- Vitesse moyenne
- Vitesse instantanée
- Trajectoire
- Mouvement rectiligne et uniforme
- Mouvement rectiligne et uniformément varié
- Mouvement circulaire et uniforme

SITUATION D'APPRENTISSAGE

A l'occasion de la rentrée scolaire, un élève orienté en 2^{de} C dans un Lycée rejoint son établissement situé à la périphérie de la ville à bord d'un véhicule. A travers les vitres, il observe les arbres qui semblent défilier tout au long de la route. Le premier jour de classe, il raconte avec enthousiasme ce fait à ses nouveaux camarades et ensemble, sous la supervision de leur Professeur de Physique-Chimie, ils décident de montrer le caractère relatif du mouvement, puis de définir un référentiel, les vecteurs vitesses moyenne et instantanée et de distinguer les différents types de mouvement.



ACTIVITÉ 1 : MONTRER LE CARACTÈRE RELATIF DU MOUVEMENT ET DÉFINIR UN RÉFÉRENTIEL

Observe un conducteur roulant son véhicule (document 1)

- 1- Indique s'il est en mouvement ou immobile :
 - par rapport au sol;
 - par rapport à son siège.
- 2- Donne les deux objets de référence.
- 3- Dis le constat que tu fais.
- 4- Conclue.



Document 1 : Un conducteur roulant son véhicule

Je fais le point de l'activité

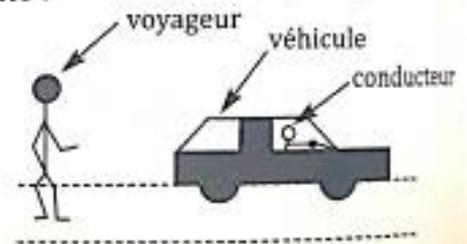
- 1- Ce conducteur est en mouvement par rapport au sol. Il est immobile par rapport à son siège. Les deux objets de référence sont : le sol et le siège.
 - 2- L'état de mouvement ou d'immobilité d'un corps dépend du choix d'un objet, il est relatif à cet objet.
 - 3- Caractère relatif du mouvement
- La description d'un mouvement nécessite au préalable le choix d'un objet indéformable au cours du temps, servant de référence, appelé référentiel : le mouvement a un caractère relatif.
- Un référentiel est un corps indéformable au cours du temps par rapport auquel on étudie le mouvement d'un mobile.

J'évalue mes acquis



Arrêté au bord de la route, un voyageur voit une voiture passer sur la chaussée. Pour chacune des propositions ci-dessous, relève le numéro suivi de la lettre V si elle est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

- 1- Par rapport à un arbre situé au bord de la route :
 - 1.1- ce voyageur est en mouvement ;
 - 1.2- le chauffeur est immobile ;
 - 1.3- l'arbre est le référentiel.
- 2- Par rapport à la voiture :
 - 2.1- le chauffeur est en mouvement ;
 - 2.2- l'arbre est immobile ;
 - 2.3- la voiture est le référentiel.



ACTIVITÉ 2 : REPÉRER UN MOBILE

Tu observes une fourmi assimilable à un point matériel M qui se déplace le long du bord du tableau de la classe puis dans le plan du tableau.

Dis comment tu peux repérer sa position :

- 1- au bord du tableau ;
- 2- dans le plan du tableau.

Je fais le point de l'activité

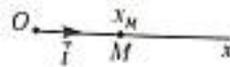
1- Repère d'espace

- Repérage sur une droite

Le long du bord du tableau est une droite. Cette droite sera prise comme un axe $x'x$, muni d'un repère d'origine O et d'un vecteur unitaire \vec{i} . Son abscisse x permet de connaître sa position \vec{OM} .

On a : $\vec{OM} = x\vec{i}$ avec $\|\vec{i}\| = 1 \text{ cm}$

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

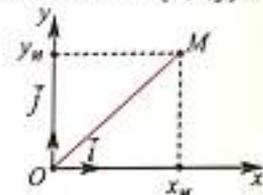


Sur la droite

- Repérage dans un plan

Pour repérer la position M de la fourmi dans le plan du tableau (rectangulaire), deux bords perpendiculaires seront pris comme axes $(x'x)$ et $(y'y)$ muni d'un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) , \vec{i} et \vec{j} étant des vecteurs unitaires.

$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$ où x est l'abscisse et y l'ordonnée du mobile.



Dans le plan

On a : $\vec{OM} = x_M\vec{i} + y_M\vec{j}$

Soit \vec{OM}_1 et \vec{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 : $\vec{M_1M_2} = \vec{OM}_2 - \vec{OM}_1$.

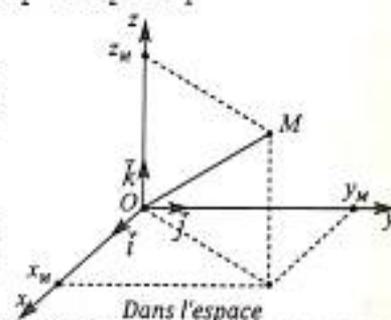
- Repérage dans l'espace

Le repérage d'un point mobile dans l'espace nécessite un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ constitué de trois axes $x'x, y'y$ et $z'z$.

$\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

\vec{OM} appelé vecteur position, permet de déterminer la position du point mobile M grâce à ses coordonnées cartésiennes x, y, z , exprimées en mètres (m).

Un repère d'espace lié à un référentiel permet de repérer la position d'un mobile au cours du temps.



Dans l'espace

2- Repère de temps

La position de la fourmi change au cours du temps qui peut être donné par une horloge ou un chronomètre.

Pour repérer correctement un corps en mouvement, il est donc nécessaire d'associer au repère d'espace un repère de temps.

Le repère de temps est défini par un instant pris arbitrairement comme origine des dates ($t = 0 \text{ s}$) et une unité de durée.

L'unité internationale de temps est la seconde(s).

J'évalue mes acquis



1- Définis :

1.1- un repère d'espace.

1.2- un repère de temps.

2- Ton papa vient au lycée pour te remettre ton manuel de Physique-Chimie. Il va au bureau du censeur. Celui-ci se sert de l'emploi du temps de ta classe pour te retrouver.

Cite les éléments de repérage qui ont été utiles au censeur.

ACTIVITÉ 3 : DÉFINIR UNE TRAJECTOIRE

Observe les positions successives occupées par un point mobile M au cours de son déplacement.

M_0 M_1

Document 2 : Positions d'un point mobile M

- 1- Reproduis l'enregistrement et complète en suivant le modèle, les différentes positions du mobile M puis relie-les.
- 2- Indique la nature de la courbe obtenue.
- 3- Que représente-t-elle pour le mobile ?

Je fais le point de l'activité

1- Dans l'ordre on aura : M_0 ; M_1 ; M_2 ; M_3 ; M_4 ; M_5 .

2- La courbe obtenue est une droite.

3- L'ensemble de ses positions occupées par le mobile M constitue sa trajectoire.

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

La nature de la trajectoire d'un mobile dépend du référentiel choisi pour l'étude du mouvement :

Si cette trajectoire est une droite, elle est dite rectiligne.

Si elle est un cercle, elle est dite circulaire.

Si elle est une courbe quelconque alors elle est dite curviligne.

J'évalue mes acquis



1- Réarrange les mots et groupes de mots suivants de manière à obtenir une phrase correcte en rapport avec le mouvement.

Dans un repère donné / d'un point mobile / la trajectoire / est l'ensemble / des positions / occupées / par celui-ci / successivement / son déplacement. / lors de

ACTIVITÉ 4 : DÉFINIR LES VITESSES MOYENNES ET INSTANTANÉES ET LE VECTEUR-VITESSE

Soit la trajectoire d'un mobile M représentée ci-dessous.

M_0 M_1 M_2 M_3 M_4

L'intervalle de temps entre deux positions consécutives du mobile M est $\tau = 0,05$ s.

- 1- Donne l'expression de la vitesse V_m du mobile M entre les instants t_0 et t_4 .
- 2- Nomme-la.
- 3- Écris l'expression de sa vitesse V_3 à l'instant t_3 .
- 4- Nomme-la.

Je fais le point de l'activité

1- La vitesse moyenne

M_0M_4 est la distance parcourue par le mobile M et la durée mise pour la parcourir est $t_4 - t_0$.

$$V_m = \frac{M_0M_4}{t_4 - t_0} ; \quad V_m = \frac{M_0M_4}{4\tau}$$

C'est la vitesse moyenne du mobile M entre les deux instants t_0 et t_4 .

La vitesse moyenne est le quotient de la distance d parcourue par la durée Δt du parcours.

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

2- La vitesse instantanée

$$V_3 = \frac{M_2M_4}{2\tau}$$

C'est la vitesse moyenne entre deux instants consécutifs très proches encadrant l'instant t considéré.

C'est la vitesse du mobile à l'instant t_3 .

La vitesse instantanée d'un mobile est sa vitesse à un instant t précis.

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

Soit i l'indice de position du point mobile M à l'instant t_i , on obtient alors le vecteur vitesse :

$$\vec{V}(t_i) = \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2\tau}$$

$$\text{Sa valeur est : } V(t_i) = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$$

3- Vecteur-vitesse

La vitesse d'un mobile est une grandeur vectorielle : on parle alors de vecteur vitesse.

En un point M donné, les caractéristiques du vecteur-vitesse noté $\vec{V}(t)$ à un instant t sont :

- direction : la tangente à la trajectoire au point M . Si cette trajectoire est une droite alors il est porté par celle-ci ;
- sens : celui du mouvement ; orienté de M_{i-1} vers M_{i+1} ;
- point d'application ou origine : le point M considéré ;
- valeur : la vitesse instantanée au point M est obtenue par ;

$$V(t) = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1} - t_{i-1}} \text{ ou mesurée par un tachymètre (compteur de vitesse).}$$

J'évalue mes acquis

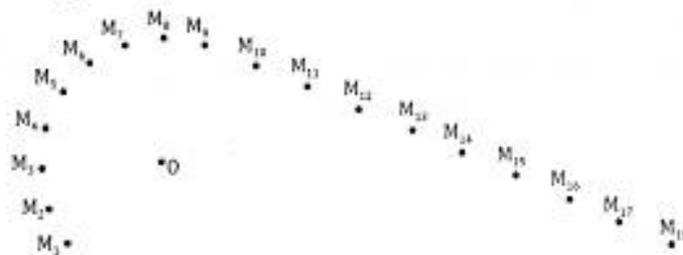


Un automobiliste part de San Pedro à 7h 45 minutes pour Gagnoa distants de 233 km. A Soubré, il lit à 9h 30 min, 60 km/h sur le compteur de vitesse. 1 heure 30 minutes après cet instant, il atteint sa destination finale.

- 1- Donne la valeur de la vitesse instantanée à Soubré.
- 2- Détermine la valeur de la vitesse moyenne durant tout le parcours.

ACTIVITÉ 5 : DISTINGUER LES DIFFÉRENTS TYPES DE MOUVEMENT

Observe la trajectoire d'un point mobile M où la durée est la même entre deux positions consécutives.



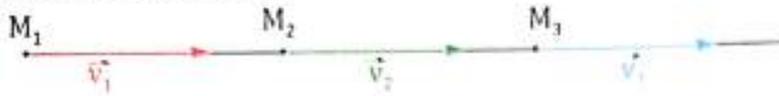
Document 3: Trajectoire curviligne

- 1- Donne la nature de la trajectoire de M entre :
 - M_1 et M_9 ,
 - M_9 et M_{18} .
- 2- Compare les vitesses instantanées aux points :
 - M_1 et M_9 ,
 - M_9 et M_{18} .
- 3- Dédus la nature du mouvement de M entre :
 - M_1 et M_9 ,
 - M_9 et M_{18} .

Je fais le point de l'activité

1- Mouvement rectiligne et uniforme

- La trajectoire est une droite.
- Le vecteur-vitesse est constant : il garde la même valeur, la même direction et le même sens au cours du temps ; de M_0 à M_{10} .
- La distance entre deux positions consécutives est la même pour la même durée pendant le parcours du mobile M.



2- Mouvement circulaire et uniforme

- La trajectoire est un cercle ou une portion de cercle.
- Le vecteur vitesse garde la même valeur mais son sens et sa direction (tangente à la trajectoire) changent au cours du temps (M_1 à M_0).



3- Mouvement rectiligne et varié

- La trajectoire est une droite.
- Le vecteur vitesse garde la même direction, le même sens mais sa valeur change au cours du temps.
- La distance entre deux positions consécutives change pour la même durée au cours du déplacement de M.

Si la valeur du vecteur vitesse augmente constamment, le mouvement est rectiligne et uniformément accéléré.

Si cette valeur décroît constamment, le mouvement est rectiligne et uniformément retardé.

4- Mouvement curviligne

Pour un mouvement curviligne, la trajectoire est une ligne quelconque et le vecteur vitesse change de sens.

J'évalue mes acquis



Donne si possible la ou les caractéristiques communes à :

- 1- un mouvement rectiligne et uniforme et un mouvement rectiligne et uniformément varié ;
- 2- un mouvement rectiligne et uniformément varié et un mouvement circulaire et uniforme ;
- 3- un mouvement circulaire et uniforme et un mouvement rectiligne et uniforme.

II- RÉSUMÉ DE COURS

1- Caractère relatif du mouvement

L'étude d'un mouvement se fait par rapport à un objet de référence appelé référentiel : le mouvement a un caractère relatif.

Un référentiel est un corps par rapport auquel on étudie le mouvement d'un mobile.

2- Repère d'espace et repère de temps

Un repère d'espace lié à un référentiel permet de déterminer la position d'un mobile au cours du temps.

Un repère de temps est défini par une origine prise arbitrairement et une unité de durée.

3- La trajectoire d'un mobile

La trajectoire d'un mobile est formée par l'ensemble des positions successives occupées par celui-ci pendant son déplacement.

Sa nature dépend du référentiel choisi.

4- Vecteur vitesse et vecteur position

Le vecteur- vitesse et le vecteur position décrivent un mouvement :

Le vecteur position permet de repérer un mobile M dans un repère donné.

Le vecteur vitesse indique le sens du mouvement et il est toujours tangent à la trajectoire en un point donné.

5- Vitesse moyenne, vitesse instantanée

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

La vitesse instantanée d'un mobile est sa vitesse à un instant donné pendant son parcours.

L'unité internationale de vitesse est le mètre par seconde (m/s).

6- Différents types de mouvements

Le mouvement rectiligne et uniforme : la trajectoire est une droite et le vecteur vitesse est constant.

Le mouvement rectiligne et varié : la trajectoire est une droite et la valeur du vecteur vitesse change.

Le mouvement circulaire et uniforme : la trajectoire est un cercle et la valeur du vecteur vitesse ne change pas mais son sens et sa direction changent.

Le mouvement curviligne : la trajectoire est quelconque et le vecteur vitesse change.

III- MÉTHODES

1- Pour donner la nature du mouvement d'un mobile il faut :

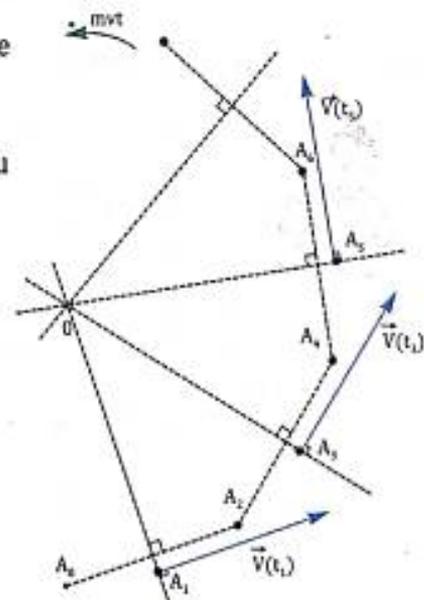
- identifier la nature de la trajectoire (droite ou cercle ou courbe quelconque) ;
- déterminer les valeurs du vecteur vitesse et les comparer.

2- Pour déterminer la valeur du vecteur vitesse instantanée V_i au point M_i il faut :

- mesurer la distance $M_{i-1}M_{i+1}$ avec M_{i-1} et M_{i+1} encadrant M_i ;
- calculer la valeur de 2τ ;
- faire les conversions nécessaires ;
- appliquer la relation $V_i = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{2\tau}$.

3- Pour représenter le vecteur \vec{v}_i il faut :

- tracer le segment M_{i-1} et M_{i+1} encadrant M_i ;
- tracer la tangente à ce segment au point M_i ;
- tracer le vecteur \vec{v}_i au point M_i en tenant compte de sa valeur et de l'échelle.



IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Deux trains A et B sont à l'arrêt côte à côte le long des rails parallèles d'une gare et allant dans le même sens.

Le train A démarre lentement, le train B est immobile.

1- Le voyageur du train B voit le train A :

- a) avancer ;
- b) reculer ;
- c) immobile.

2- Le référentiel qui permet au voyageur du train B de s'assurer que son train ne roule pas est :

- a) le train A ;
- b) un voyageur dans le train B ;
- c) le quai.

Recopie, pour chaque proposition, le numéro suivi de la lettre qui correspond à la bonne réponse.

Exercice 2

Un automobiliste roule sur une voie rectiligne entre deux positions A et B en maintenant le vecteur vitesse du véhicule constant jusqu'en B puis aborde un « rond-point » pour en sortir au point C.

1- Donne la nature du mouvement du véhicule entre :

- 1.1- A et B ;
- 1.2- B et C.

2- Représente qualitativement le vecteur vitesse du véhicule en un point M du "rond-point".

Exercice 3

Un automobiliste quitte une ville A à 8h pour une autre ville C distantes de $AC = 105$ km. A 8h 36 min, à son passage dans un village B, le compteur de vitesse indique une vitesse $V = 72$ km/h. Après une durée $\Delta t = 1$ h 30 min du parcours total, il arrive à destination.

1- Calcule, en m/s, la vitesse instantanée V , dans le village B.

2- Détermine :

- 2-1- la vitesse moyenne V_m , en km/h, du parcours entre les villes A et C ;
- 2-2- la distance AB entre les villes A et B.

3- Détermine la distance entre le village B et la ville C.

Résolution de l'exercice 1

1.b) ;

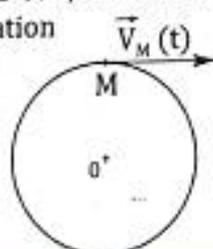
2. c)

Résolution de l'exercice 2

1-

- 1-1- Entre A et B, le mouvement est rectiligne et uniforme.
- 1-2- Entre B et C, le mouvement est circulaire et uniforme.

2- Représentation



Commentaire :

Le vecteur-vitesse est porté par une droite et il est tangent en chaque point du cercle (il est perpendiculaire au support de chaque rayon en tout point de ce cercle).

Résolution de l'exercice 3

1- La vitesse instantanée indiquée est 72 km/h.

$$72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$$

2-

2.1- Vitesse moyenne entre A et B

$$v_m = d/\Delta t \text{ avec } \Delta t = 1 \text{ h } 30 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

$$v_m = 105 / 1,5 ; v_m = 70 \text{ km/h}$$

2.2- Distance entre A et B

$$d = v_m \times \Delta t' \text{ avec } \Delta t' = 8 \text{ h } 36 \text{ min} - 8 \text{ h} = 0,6 \text{ h}$$

$$d = 70 \times 0,6 = 42 \text{ km}$$

3- Distance entre B et C

$$d = d_{AB} + d_{BC} \text{ soit } d_{BC} = d - d_{AB} \text{ soit } d_{BC} = 105 - 42 = 63 \text{ km}$$

Commentaire :

Le compteur de vitesse d'un véhicule est appelé tachymètre. Il indique à tout instant la vitesse instantanée que le conducteur doit contrôler pour limiter raisonnablement l'énergie cinétique du véhicule, source de dégâts en cas d'accident.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation / Application

1 Écris chaque chiffre de l'ensemble G suivi convenablement de la lettre correspondante de l'ensemble F.

- G**
- Vitesse moyenne (\vec{V}_m) 1•
 - Vecteur position (\vec{OM}) 2•
 - Vitesse instantanée (\vec{V}) 3•

- F**
- a $x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$
 - b $\frac{\vec{OM}}{\Delta t}$
 - c $\frac{M_{j-1}M_{j+1}}{t_{j+1} - t_{j-1}}$

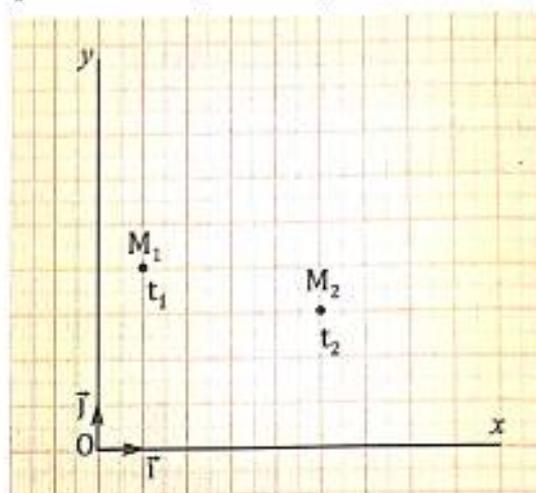
2 Pour chacune des propositions ci-dessous, relève le numéro suivi de la lettre V si elle est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

- 1- Le mouvement d'un mobile est décrit par rapport à un référentiel.
- 2- Dans un mouvement circulaire et uniforme, le vecteur-vitesse est constant.
- 3- Pour repérer un mobile, il faut un repère de temps et un repère d'espace.
- 4- Dans un mouvement rectiligne et varié, le vecteur-vitesse est constant.

3 Reproduis le tableau ci-dessous puis mets une croix dans la case qui convient.

	Mouvement rectiligne et uniforme	Mouvement circulaire et uniforme	Mouvement rectiligne et varié
La trajectoire est une droite.			
Le vecteur vitesse est constant.			
La trajectoire est un cercle.			
La valeur du vecteur vitesse reste inchangée.			

4 Un mobile M se déplaçant dans un repère orthonormé est repéré par deux positions M_1 et M_2 aux dates respectives t_1 et t_2 .



- 1- Donne les coordonnées du point mobile aux différentes dates t_1 et t_2 .
- 2- Exprime les vecteurs-positions de M dans ce repère.

\vec{i} et \vec{j} sont les vecteurs unitaires respectifs des abscisses et des ordonnées.

Exercices de renforcement / Approfondissement

5. L'aiguille du compteur de vitesse d'une automobile sur une route rectiligne indique 90 km/h à la date t . Afin de vérifier son compteur, l'automobiliste conduit le véhicule en maintenant cette vitesse constante et le passager note qu'il s'écoule une durée de 2 min 10 s entre les passages de la voiture devant 2 bornes kilométriques séparées de 3 km.
- 1- Dis ce que représente 90 km/h à la date t .
 - 2- Donne la nature du mouvement du véhicule entre les deux bornes. Justifie ta réponse.
 - 3- Détermine la vitesse du véhicule entre les deux bornes en m/s.
 - 4- Montre que l'indication du compteur de vitesse de ce véhicule n'est pas correcte.

6. Au rouge d'un feu tricolore, un automobiliste est dans son véhicule, immobilisé à 180 m de ce feu. Dès son passage au vert qui dure 36 s, il démarre aussitôt et roule à vitesse constante de 20 km/h. La durée du feu orange est négligée.
- 1- Détermine la distance d_1 parcourue par le véhicule pendant le passage au vert.
 - 2- Montre que le véhicule passe le feu avant son passage à nouveau au rouge.
 - 3- Détermine la distance entre le véhicule et ce feu à son passage au rouge.

7. Dans un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) , un mobile M occupe les positions $A(1; 2)$, $B(2; 1)$ et $C(3; 0)$ au cours de son mouvement.

- 1- Écris les expressions des vecteurs positions \vec{OA} ; \vec{OB} et \vec{OC} .
- 2-
 - 2.1- Représente dans ce repère la trajectoire de M.
 - 2.2- Donne la nature de cette trajectoire.
- 3- Donne la nature du mouvement de M :
 - 3.1- pour une valeur constante de son vecteur vitesse ;
 - 3.2- pour des valeurs différentes de son vecteur vitesse.

8. Dans un repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) , le mouvement d'un mobile M est défini par ses coordonnées cartésiennes telles que :

$$\begin{cases} x = 3t + 2 \\ y = 4t - 3 \end{cases}$$

- 1- Détermine la position du mobile M:
 - 1.1- à l'origine des dates ;
 - 1.2- à la date $t = 3s$.
- 2- Détermine la date à laquelle l'abscisse de M est identique à son ordonnée.

Situations d'évaluation

9. Le club de Physique-Chimie de ton Lycée organise un concours pour sélectionner les meilleurs élèves scientifiques en vue de leur participation à un concours communal. Pour cela, il est demandé aux candidats d'exploiter l'enregistrement des positions ci-dessous du mouvement d'un palet M sur une table à coussin d'air.

M_0

• • • • •

Donnée : la durée entre deux positions consécutives est $\tau = 50$ ms.

Échelle : 1 cm pour 20 cm/s.

Étant candidat, propose ta rédaction.

- 1- Complète les différentes positions de M.
- 2- Détermine :
 - 2.1- la vitesse moyenne entre les instants t_0 et t_4 ;
 - 2.2- les vitesses instantanées de M aux dates t_2 et t_4 .
- 3- Représente les vecteurs-vitesses aux mêmes dates.

- 4- Donne la nature du mouvement de M. Justifie ta réponse.

10. Un élève de la seconde C d'un Lycée, et son papa partent pour les fêtes à Abengourou. Pendant le voyage, il relève certaines données en vue de vérifier ses acquis sur le mouvement d'un mobile dès son retour, avec un groupe de camarades de classe.

Données : l'élève et son père quittent Abidjan à 7 h 00 et désirent arriver à 9 h 30 min.

Les deux villes sont distantes de 210 km.

Le véhicule parcourt 120 km à la vitesse de 80 km/h pour atteindre un village A.

Étant membre de ce groupe, tu es désigné(e) pour rédiger le rapport.

- 1- Détermine :
 - 1.1- le temps mis pour arriver en A ;
 - 1.2- l'heure d'arrivée en A.
- 2- Calcule la distance restant à parcourir.

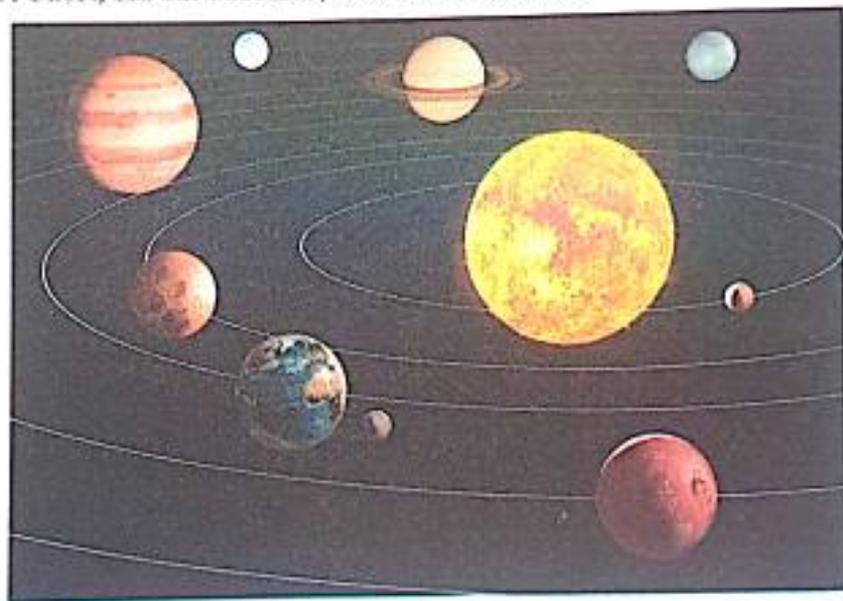
3- Détermine la vitesse supposée constante du véhicule à partir de A, pour arriver à l'heure souhaitée.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

Le mouvement du Soleil est une illusion. Le Soleil se déplace par rapport aux autres étoiles, mais sur des périodes bien plus longues. La Terre tourne autour du Soleil, sur une période approximative de 365 jours et 6 heures. Le mouvement apparent du Soleil s'explique en fait par la rotation de la Terre sur elle-même.

C'est ce mouvement apparent que semble faire le Soleil en un jour pour un observateur situé sur la Terre. En dehors des régions polaires, de l'équateur et des tropiques :

- le matin, le Soleil apparaît à l'Est (bas sur l'horizon, c'est le « lever ») ;
- à midi (heure solaire), le Soleil est placé au Sud ou au Nord, et est au plus haut de sa course apparente ;
- le soir, le Soleil est à l'Ouest, bas sur l'horizon, c'est le « coucher ».



LEÇON

2

ACTIONS MÉCANIQUES OU FORCES

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

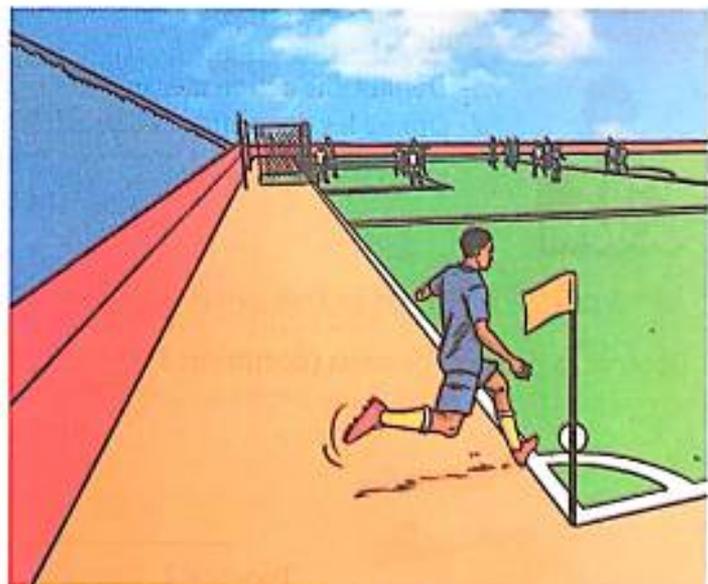
HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	les effets d'une action mécanique.
Définir	une action mécanique.
Modéliser	une action mécanique.
Identifier	les types d'actions mécaniques : - action mécanique localisée ; - action mécanique répartie en volume s'exerçant à distance ; - action mécanique de contact répartie en surface.
Représenter	quelques actions mécaniques : - tension d'un fil ; - poids d'un corps ; - réaction d'un support.
Déterminer	la relation entre la tension et l'allongement d'un ressort.
Utiliser	la relation : $T = k (l - l_0)$.
Énoncer	le principe des interactions ou actions réciproques.
Utiliser	le principe des interactions ou actions réciproques.
Citer	quelques applications des actions réciproques.
Définir	un système mécanique.
Identifier	les forces extérieures agissant sur un système.
Représenter	les forces qui s'exercent sur un système.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Effets dynamiques et statiques
- Forces de contact, forces à distance, forces localisées, forces réparties
- Constante de raideur
- Interactions
- Système mécanique
- Forces extérieures

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de la 2^{de} C, assiste à un match de football au Stade de sa ville. Un joueur exécute un corner. Son coéquipier tête le ballon qui ensuite est arrêté dans une envolée spectaculaire par le gardien de l'équipe adverse. Il est marqué par cette belle phase de jeu. Le lendemain, en classe, il en parle à ses camarades. Et ensemble, sous la conduite de leur professeur de Physique-Chimie, ils entreprennent d'identifier les différents types d'actions mécaniques, de modéliser une action mécanique, de déterminer la relation entre la tension et l'allongement d'un ressort puis de représenter les forces qui s'exercent sur un système.



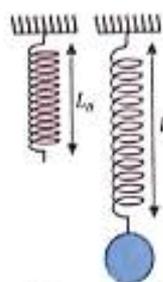
I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCOUVRIR LES EFFETS D'UNE ACTION MÉCANIQUE

Observe le document ci-dessous (document 1)



Document 1a : tir d'un ballon



Document 1b : déformation d'un ressort

- 1- Donne l'effet du coup de pied sur le ballon immobile.
- 2- Identifie la cause de la déformation du ressort.
- 3- Dis si les deux actions ont les mêmes effets.

Je fais le point de l'activité

- 1- Le coup de pied déplace le ballon. Il lui communique une vitesse qui le met en mouvement (document 1a).
- 2- Lorsqu'on suspend la boule à l'extrémité inférieure du ressort, il s'allonge. Cette déformation du ressort est due au poids de la boule (document 1b).
- 3- Les effets de ces deux actions diffèrent : le coup de pied met le ballon en mouvement et la boule déforme le ressort.

Pour qu'un corps se mette en mouvement, s'arrête ou se déforme, il doit nécessairement être soumis à une action mécanique ou force.

Une action mécanique peut changer la direction, le sens ou la valeur du vecteur-vitesse du mouvement d'un mobile.

Une action mécanique ou force est capable de :

- mettre un corps en mouvement ou modifier son mouvement : c'est son effet dynamique ;
- déformer un corps ou le maintenir en équilibre ; c'est son effet statique.

Une action mécanique est exercée par un auteur sur un receveur.

J'évalue mes acquis



- 1- Définis une action mécanique.
- 2- Donne les deux effets d'une action mécanique.

ACTIVITÉ 2 : MODÉLISER UNE ACTION MÉCANIQUE

Observe la figure ci-dessous (document 2).



_____ Sol
Document 2 : Chute d'une balle

- 1- Identifie l'auteur de cette chute.
- 2- Nomme l'action mécanique exercée.
- 3- Comment est-elle matérialisée ?

Je fais le point de l'activité

- 1- La balle tombe sous l'action mécanique exercée par la Terre.
- 2- Cette action est appelée poids de la balle : attraction de la Terre.
- 3- Elle est matérialisée par une flèche (vecteur).



_____ Sol

Le poids d'un solide est une force :

- de direction verticale ;
- dirigée vers le bas ;
- appliquée au centre de gravité G du corps ;
- d'intensité proportionnelle à la masse de ce corps.

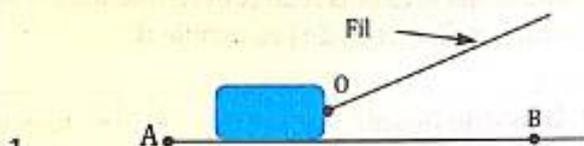
Toute action mécanique est modélisée par un vecteur appelé vecteur force qui est caractérisé par :

- une direction ou droite d'action ;
- un sens ;
- un point d'application ou une origine ;
- une valeur (exprimée en newtons) appelée intensité de la force.

J'évalue mes acquis



Une caisse est déplacée du point A vers le point B par l'intermédiaire d'un fil. Voir figure ci-dessous.



- 1-
 - 1.1- Identifie l'action mécanique qui met la caisse en mouvement.
 - 1.2- Donne l'effet de cette action mécanique.
- 2- Précise pour cette action mécanique :
 - 2.1- la direction ;
 - 2.2- le sens ;
 - 2.3- le point d'application.

ACTIVITÉ 3 : IDENTIFIER LES TYPES D'ACTIONS MÉCANIQUES

Ton professeur de Physique-Chimie te propose les situations suivantes :

- A) l'attraction d'une bille en acier par un aimant ;
 - B) la réaction d'une table sur une bille (posée sur la table) ;
 - C) la chute d'une bille ;
 - D) l'action d'un fil sur une bille suspendue à ce fil ;
- 1- Donne dans chaque cas l'auteur de l'action mécanique exercée sur la bille.
 - 2- Indique les cas où :
 - 2.1- le solide subit cette action mécanique en étant en contact avec son auteur ;
 - 2.2- l'auteur exerce son action à distance sur la bille.

Je fais le point de l'activité

1-L'auteur de chaque action mécanique :

Actions mécaniques	A	B	C	D
Auteur de l'action mécanique	Aimant	Table	Terre	Fil

2-

Forces de contact

Les actions du fil et de la table sur la bille existent grâce au contact établi entre eux et la bille. Ces actions mécaniques sont des forces dites de contact.

Une force de contact est une force dont l'existence nécessite soit :

- un point de contact entre l'auteur de la force et son receveur ; c'est une force de contact localisée. C'est le cas de la tension \vec{T} d'un fil.
- une surface de contact entre l'auteur de la force et son receveur ; c'est une force de contact répartie en surface. C'est le cas de la réaction \vec{R} d'un support sur un corps.

Forces à distance

La Terre et l'aimant exercent leurs actions à distance sur la bille : ces actions mécaniques sont des forces à distance.

Une force à distance s'exerce sur tout le volume du corps ; c'est une force répartie en volume.

J'évalue mes acquis



Réproduis les diagrammes ci-dessous puis relie convenablement chaque élément de l'ensemble A à un ou plusieurs éléments de l'ensemble B.

A

- La force exercée par l'eau sur un corps flottant
- La force exercée sur une pomme qui tombe.
- La force exercée par un câble sur une caisse
- La force exercée par l'eau sur un solide immergé entièrement

B

- Force de contact
- Force à distance
- Force localisée
- Force répartie en volume
- Force répartie en surface

ACTIVITÉ 4 : REPRÉSENTER QUELQUES FORCES

Observe les schémas ci-dessous (document 3) :



Document 3 : Solides en équilibre.

L'intensité de chaque force est 6 N.

- 1- Identifie les forces exercées sur chaque solide homogène.
- 2- Donne les caractéristiques de chacune de ces forces.
- 3- Représente-les.

Échelle : 1 cm pour 3 N.

Je fais le point de l'activité

1- Le solide est soumis à son poids \vec{P} et à la tension \vec{T} du fil (Document 3a).

Sur le document 3b, le solide est soumis à son poids et à la réaction de la table.

2- Pour représenter chacune de ces forces, il faut connaître leurs caractéristiques :

Le poids \vec{P} du solide:

- direction : la verticale ;
- sens : du haut vers le bas ;
- point d'application : centre de gravité de la boule ;
- intensité : $P = 6 \text{ N}$.

La tension \vec{T} du fil:

- direction : la verticale ;
- sens : du bas vers le haut ;
- point d'application : point d'attache du fil à la boule ;
- intensité : $T = 6 \text{ N}$.

La réaction \vec{R} de la table:

- direction : verticale ;
- sens : du bas vers le haut ;
- point d'application : point de contact ;
- intensité : $R = 6 \text{ N}$.

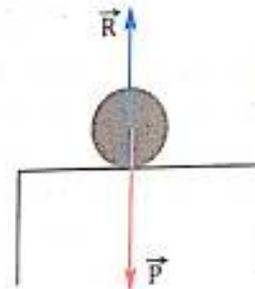
Représentation

1 cm \longrightarrow 2 N

$\vec{P} \rightarrow 2 \text{ cm}$

$\vec{T} \rightarrow 2 \text{ cm}$

$\vec{R} \rightarrow 2 \text{ cm}$



\vec{P} , \vec{T} , \vec{P} et \vec{R} doivent mesurer effectivement 2 cm

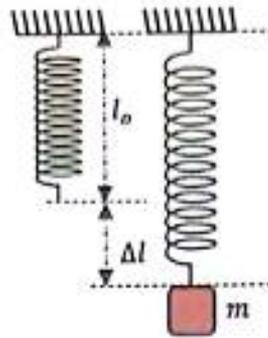
J'évalue mes acquis


Une boule de masse m attachée à l'extrémité inférieure d'un fil repose contre un mur lisse qui lui applique une force horizontale.

Fais le schéma et représente qualitativement les trois forces qui s'exercent sur cette boule.

ACTIVITÉ 5 : DÉTERMINER LA RELATION ENTRE LA TENSION D'UN RESSORT ET SON ALLONGEMENT

1- A l'extrémité libre d'un ressort à spires non jointives, de longueur à vide l_0 , applique différentes forces à l'aide de masses marquées puis relève l'allongement Δl correspondant du ressort à l'équilibre



Document 4 : Dispositif expérimental pour l'étude de l'allongement d'un ressort

- 2- Relève les mesures dans un tableau.
- 3- Représente graphiquement $T = f(\Delta l)$.
- 4- Montre que $T = k \cdot \Delta l$.

Je fais le point de l'activité

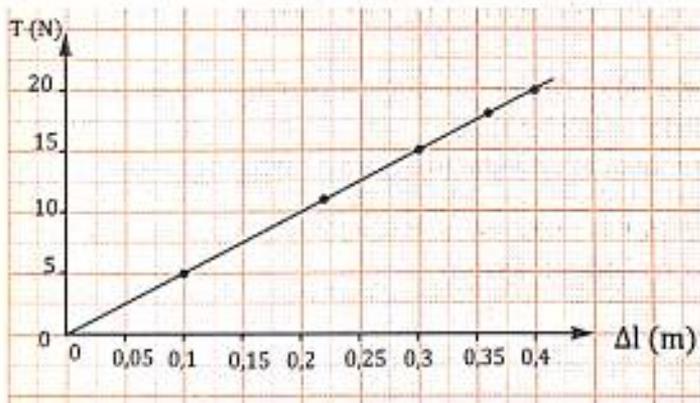
1- A chaque valeur de la force appliquée (poids de la masse marquée) correspond un allongement du ressort.

2- Tableau de mesures

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

T : Tension du ressort

3- Représentation graphique



4- La représentation graphique montre que la courbe obtenue est une droite passant par l'origine du repère : l'intensité T de la tension du ressort et son allongement sont proportionnels.

Soit k le coefficient de proportionnalité. On peut écrire : $T = k \cdot \Delta l$ où T est exprimée en newton(N) et Δl en mètre(m).

$T = k \cdot (l - l_0)$ avec $l - l_0 = \Delta l$.

k est appelée constante de raideur du ressort. Elle est exprimée en newton par mètre (N/m).

J'évalue mes acquis



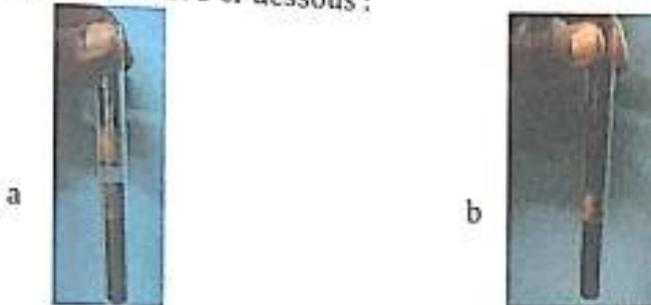
Une force d'intensité F appliquée à l'extrémité libre d'un ressort de longueur à vide $l_0 = 8 \text{ cm}$ et de raideur $k = 40 \text{ N/m}$, l'allonge de $\Delta l = 5 \text{ cm}$.

Détermine :

- 1- la longueur l de ce ressort ;
- 2- la valeur F .

ACTIVITÉ 6 : ÉNONCER LE PRINCIPE DES INTERACTIONS OU ACTIONS RÉCIPROQUES

Observe le document 5 ci-dessous :



Document 5 : Interaction entre deux aimants

Les pôles sud de deux aimants droits A et B sont disposés côte à côte.
Quel constat fais-tu ?

Je fais le point de l'activité

Les deux aimants se repoussent mutuellement (document 5 a). Ils agissent l'un sur l'autre : ils sont en interaction ou en actions réciproques.

Énoncé du principe des interactions :

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$ réciproquement, le corps B exerce sur le corps A, une force $\vec{F}_{B/A}$. On dit qu'il y a interaction entre A et B.

On a alors : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

J'évalue mes acquis



Au cours de leurs interactions, deux corps exercent chacune une force.

Ces deux forces ont :

- 1- les mêmes directions ;
- 2- les mêmes sens ;
- 3- la même origine ;
- 4- des intensités différentes.

Pour chacune des propositions ci-dessus, relève le numéro suivi de la lettre V si elle est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

ACTIVITÉ 7 : UTILISER LE PRINCIPE DES INTERACTIONS

Au cours d'une marche (à pied) sur la plante du pied :

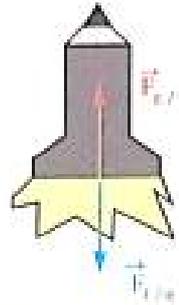
- 1- identifie les deux forces en présence ;
- 2- justifie qu'il y a interaction entre le pied et le sol ;
- 3- identifie la force responsable du déplacement du marcheur.



Document 6 : Interaction entre pieds et sol

Je fais le point de l'activité

1- Au cours d'une marche, la plante du pied agit sur le sol en exerçant une force $\vec{F}_{p/s}$. Simultanément, le sol réagit et exerce une force $\vec{F}_{s/p}$ sur la plante du pied.
 2- Le pied et le sol exercent réciproquement une force l'un sur l'autre : ils sont alors en interaction. La réaction du sol sur le marcheur est la force de propulsion du marcheur. Le principe des interactions est appliqué dans plusieurs domaines tels que la propulsion d'une fusée au cours de laquelle les gaz éjectés sont en actions réciproques avec la fusée qui s'élève.



J'évalue mes acquis

Observe autour de toi et donne deux exemples d'interactions.



ACTIVITÉ 8 : DÉFINIR UN SYSTÈME ET IDENTIFIER DES FORCES EXTÉRIEURES

A l'extrémité inférieure d'un fil attaché à un support, tu suspends une boule. L'ensemble s'immobilise verticalement (Document 7).



Document 7 : Solide suspendu à un fil

- 1- Identifie les forces qui s'exercent sur :
 - la boule;
 - le fil;
 - l'ensemble (boule + fil).
- 2- Conclue.

Je fais le point de l'activité

1- Inventaire des forces

- sur la boule : son poids \vec{P} et la tension \vec{T} du fil ;
- sur le fil : la réaction du support et l'action de la boule sur le fil ;
- sur l'ensemble (boule + fil) : la réaction \vec{R} du support et le poids \vec{P} de la boule.

2- Un système

Suivant le corps choisi, les forces exercées ne sont pas les mêmes. Ce corps choisi est appelé le système.

Un système est un corps déformable ou indéformable que l'on désire étudier.

Une force exercée par le milieu extérieur sur un système donné est appelée force extérieure. Ce sont les forces extérieures appliquées à un système qui assurent son équilibre ou son mouvement.

Une force exercée par une partie d'un système sur une autre partie de ce même système est appelée force intérieure. Les forces intérieures s'annulent par interactions à l'intérieur d'un système indéformable.

J'évalue mes acquis



Tu déposes ton livre sur une table horizontale.

Fais le bilan des forces qui s'exercent sur :

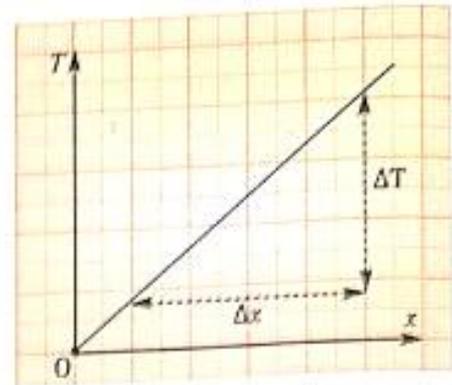
- 1- le livre;
- 2- la table;
- 3- l'ensemble (le livre et la table).

II- RÉSUMÉ DE COURS

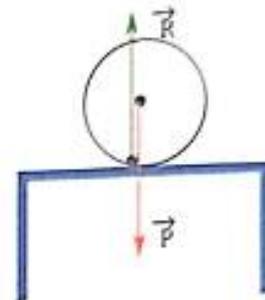
- Une action mécanique est une force qui de par ses effets dynamiques et statiques peut :
 - mettre un corps en mouvement ou modifier son mouvement ;
 - déformer un corps ou le maintenir en équilibre.
- Une force est une grandeur vectorielle dont les caractéristiques sont :
 - la direction (celle de la droite d'action) ;
 - le sens ;
 - le point d'application ;
 - la valeur ou l'intensité exprimée en newtons.
- On identifie en fonction de leurs actions :
 - des forces localisées (la tension d'un fil) ;
 - des forces de contact réparties en surface (la réaction d'un support) ;
 - des forces réparties en volume s'exerçant à distance (le poids d'un corps).
- L'intensité T de la tension d'un ressort et son allongement $(l - l_0)$ sont proportionnels.
 $T = k.(l - l_0)$ où k est appelé constante de raideur du ressort, exprimée en N/m .
- Énoncé du principe des interactions :
 Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, réciproquement, le corps B exerce sur le corps A , une force $\vec{F}_{B/A}$. On dit qu'il y a interaction entre A et B .
 On a alors : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$
- Un système mécanique est un corps ou un ensemble de corps choisi comme objet d'étude.
 Les forces extérieures à un système sont les forces exercées sur celui-ci par des objets extérieurs au système.

III- MÉTHODES

- Pour déterminer la constante de raideur k d'un ressort à partir d'un graphe, il faut :
 - repérer deux points bien situés sur ce graphe, éloignés l'un de l'autre ;
 - calculer les variations ΔT de la tension et Δx de l'allongement du ressort.
 - appliquer la relation : $k = \frac{\Delta T}{\Delta x}$



- Représentation des forces sur un solide posé sur une table.
 - Pour le poids \vec{P} , son point d'application est le centre d'inertie du solide. Il est vertical et dirigé du haut vers le bas (vers le centre de la Terre).
 - Pour la réaction \vec{R} de la table sur le support, force de contact, son point d'application est le point de contact entre l'objet et la table. La réaction \vec{R} est dirigée du bas vers l'objet (le receveur).



IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Voici une liste d'actions mécaniques.

- 1-La chute d'une mangue.
 - 2-L'arrêt d'un ballon par un gardien de but.
 - 3-Le maintien d'une caisse en équilibre.
 - 4-La déviation d'une bille par un aimant.
- Relève le numéro de chacune d'elle puis indique son effet.

Exercice 2

Un ressort s'allonge de $\Delta l = 2$ cm lorsqu'on lui applique une force d'intensité $T = 1$ N. Sa longueur est alors de $l = 8$ cm.

Détermine :

- 1- sa constante de raideur k ;
- 2- sa longueur à vide l_0 .

Exercice 3

Tu déposes ton livre de masse $m = 300$ g sur une table horizontale.

- 1- Cite les forces extérieures qui s'exercent sur le livre.
- 2- Détermine la valeur de son poids \vec{P} . Tu prendras $g = 10$ N/kg.
- 3- Représente ces forces extérieures à l'échelle 1 cm pour 1,5 N.

Résolution de l'exercice 1

1-Effet dynamique ; 2-Effet statique ; 3-Effet statique ; 4-Effet dynamique.

Commentaire :

L'effet dynamique d'une force sur un corps le fait aller plus vite ou moins vite.

Résolution de l'exercice 2

1- Détermination de k

$$k = \frac{T}{\Delta l} \text{ soit } k = \frac{1}{0,02} ; k = 50 \text{ N/m.}$$

2- Calcul de l_0

$$l_0 = 8 - 2 \text{ soit } l_0 = 6 \text{ cm.}$$

Commentaire :

La raideur d'un ressort caractérise la résistance à la déformation élastique de ce ressort. Plus le ressort est raide, plus la valeur de la constante de raideur est grande.

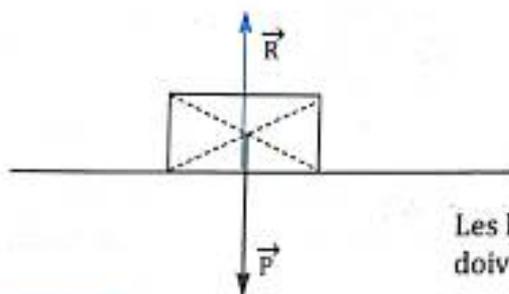
Résolution de l'exercice 3

1- Forces extérieures : le poids \vec{P} du livre et la réaction \vec{R} de la table.

2- La valeur du poids \vec{P}

$$P = mg ; P = 0,3 \times 10 \text{ soit } P = 3 \text{ N.}$$

Représentation



Les longueurs de \vec{P} et \vec{R} doivent être égales à 2 cm

Commentaire :

Appliquer la règle de trois pour calculer les longueurs des forces.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Réarrange les mots et groupes de mots suivants de manière à obtenir une phrase correcte en rapport avec une action mécanique.
 son effet dynamique / Une action / de part / mécanique / peut mettre / en mouvement / un corps / ou / son mouvement / modifier

2 Définis :

- 1- un système mécanique ;
- 2- une force extérieure appliquée à un système mécanique.

3 Recopie le texte ci-dessous puis remplace les pointillés par les mots ou groupes de mots suivants : corps G ; forces ; corps F ; direction ; sens ; intensité.

Deux corps G et F sont en interaction. Le corps

G agit sur le corps F et réciproquement, le agit. Les exercées par ces deux corps ont les mêmes..... et mais leurs sont opposés.

4 Reproduis le tableau ci-dessous puis mets une croix dans la case qui convient.

	Force de contact	Force localisée	Force répartie	Force à distance
Force magnétique				
Force de pesanteur				
Réaction d'un support				
Tension d'un fil				

Exercices de renforcement/ Approfondissement

5 Un ressort de longueur à vide $l_0 = 10$ cm et de constante de raideur $k = 50$ N/m subit une force d'intensité 2 N.

Détermine :

- 1- son allongement Δl ;
- 2- sa longueur l.

6 Tu réalises une expérience dont le schéma est représenté ci-dessous.



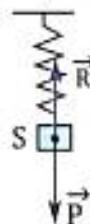
La boule, accrochée à un fil, est aussi en contact avec un mur lisse.

- 1- Identifie les forces qui s'exercent sur la boule.
- 2- Identifie si possible la ou les force(s) :
 - 2-1 de contact localisée (s) ;
 - 2-2 de contact répartie (s) ;
 - 2-3 à distance répartie (s) en volume.

7 Tu disposes d'un ressort de longueur à vide $l_0 = 10$ cm et de constante de raideur $k = 40$ N/m. Tu le suspendis verticalement. L'une des extrémités est fixée à un support. Tu lui appliques une force d'intensité $F = 1$ N à son extrémité libre.

- 1- Détermine sa longueur l.
- 2- Calcule son allongement x.

8 Tu disposes du schéma ci-dessous où un solide S est suspendu à un ressort :

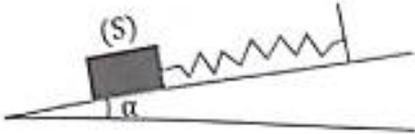


Échelle : 1 cm pour 1 N

- 1- Identifie le système mécanique étudié.
- 2- Nomme les grandeurs vectorielles représentées.
- 3- Calcule leurs valeurs.
- 4- Justifie que le ressort et le solide sont en interaction.

Situations d'évaluation

9 Lors de la préparation du premier devoir de niveau des classes de 2^{de} C, ton groupe de travail se propose de vérifier ses acquis à partir de l'exercice ci-dessous :



Le solide (S) attaché à un ressort de constante de raideur k et de longueur à vide l_0 repose sur un plan incliné lisse. A l'équilibre de ce solide, la longueur du ressort est l .

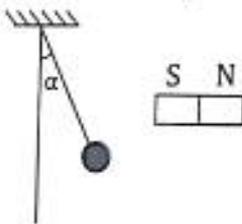
Données : $\alpha = 30^\circ$; $k = 40 \text{ N/m}$; $l = 35 \text{ cm}$; $l_0 = 30 \text{ cm}$.

Les forces seront représentées à l'échelle 1.

Tu es sollicité par tes camarades pour la bonne rédaction de la correction.

- 1- Identifie les forces qui s'exercent sur le solide.
- 2- Détermine la valeur de chacune de ces forces.
- 3- Représente ces forces.

10 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe de travail, sous la supervision de votre professeur de Physique-Chimie, étudie les forces extérieures qui s'exercent sur une bille en acier suspendue à un fil et attirée par un aimant droit. Il met à votre disposition le schéma ci-dessous :

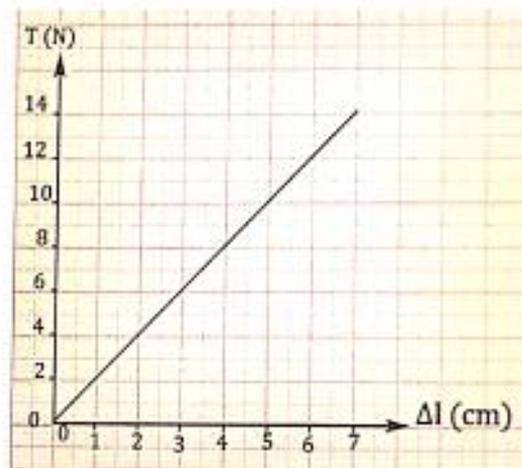


Données : la valeur de la force magnétique est $F_m = 3 \text{ N}$, $\alpha = 30^\circ$.

Tu es le rapporteur du groupe

- 1- Identifie le système.
- 2- Fais l'inventaire des forces qui s'exercent sur le système.
- 3- Précise parmi ces forces, celles qui sont à distance et réparties en volume.
- 4- Représente qualitativement les forces extérieures qui agissent sur le système.

11 Tu es élève d'une classe de 2^{de} C. A la suite du cours sur les actions mécaniques, le professeur de Physique-Chimie veut vérifier vos acquis. Pour cela il vous propose le graphe ci-dessous pour déterminer la constante de raideur k d'un ressort de longueur à vide l_0 .



Donnée : $l_0 = 12 \text{ cm}$.

Tu es désigné(e) comme rédacteur du groupe.

- 1- Dis ce que représente Δl .
- 2- Détermine graphiquement la longueur l du ressort pour $T = 14 \text{ N}$.
- 3- Lis sur le graphique l'allongement de ce ressort lorsqu'on lui applique une force de 6 N .
- 4- Détermine la constante de raideur k de ce ressort.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEX

L'INTERACTION FAIBLE ET LA DATATION DU CARBONE

Il existe quatre interactions fondamentales qui régissent l'Univers :

- l'interaction électromagnétique ;
- l'interaction gravitationnelle ;
- l'interaction nucléaire forte ;
- l'interaction faible.

Cette dernière est la seule qui agit sur les particules faibles, excepté sur les bosons. Elle est responsable de la radioactivité Bêta, elle est donc à l'origine de la désintégration de certains noyaux.

La datation du carbone est possible grâce à cette interaction faible. En effet, le carbone 14 est un isotope radioactif du carbone qui se transforme en azote 14 par désintégration Bêta moins. Sa période radioactive, temps au bout duquel la moitié de ses atomes s'est désintégrée est de 5730 ans.

La technique du carbone 14 permet de dater des objets de quelques centaines d'années à 50000 ans environs.

LEÇON

3

ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS À DEUX FORCES, PUIS À TROIS FORCES

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Énoncer	les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.
Représenter	les forces appliquées à un solide en équilibre soumis à deux forces: - solide sur un plan horizontal ; - solide attaché à un fil.
	les forces s'exerçant sur un solide en équilibre sur un plan incliné.
Définir	les réactions normale et tangentielle.
Appliquer	les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.
Connaître	les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles.
Représenter	les forces appliquées à un solide en équilibre soumis à trois forces.
Appliquer	les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles.

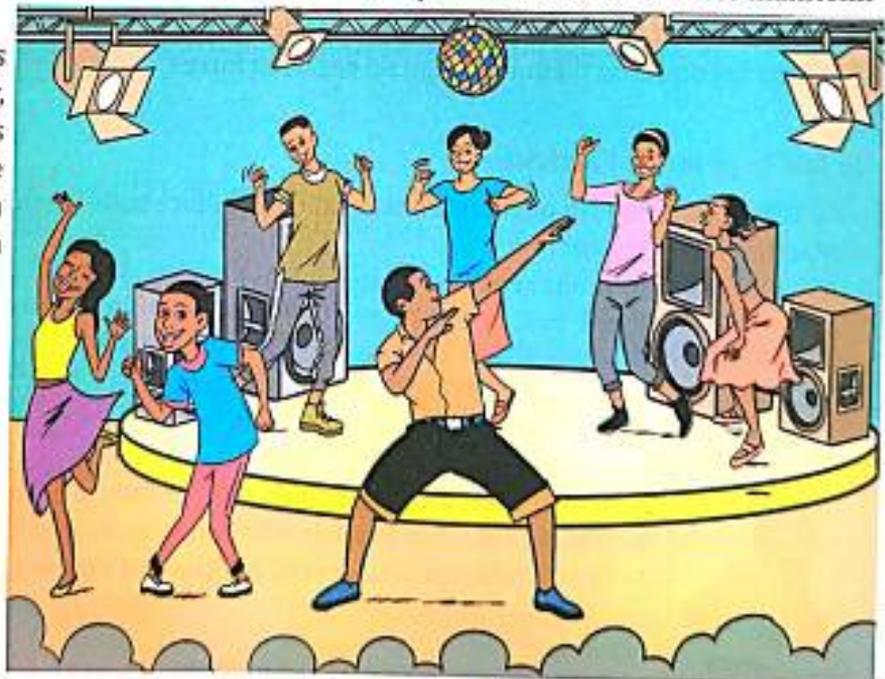
NOTIONS ESSENTIELLES

- Droites d'actions d'une force
- Équilibre d'un solide
- Conditions d'équilibre
- Réaction normale
- Réaction tangentielle
- Droites coplanaires
- Droites concourantes

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Pour le bal de fin d'année du Lycée, un groupe d'élèves 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 sous la conduite de leur professeur, d'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.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : ÉNONCER LES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DEUX FORCES



Document 1 : Équilibre d'un morceau de polystyrène soumis à deux forces

- 1- Observe le schéma ci-dessus.
- 2- Comment sont les droites d'actions des deux fils et les indications des dynamomètres ?
- 3- Énonce les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.

Je fais le point de l'activité

A l'équilibre :

- les droites d'action des deux fils sont confondues ;
- les dynamomètres donnent la même valeur.

Conclusion :

Lorsqu'un solide soumis à deux forces, \vec{F}_1 et \vec{F}_2 , est en équilibre :

- les forces ont la même droite d'action ;
- la somme vectorielle des deux forces est nulle : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$

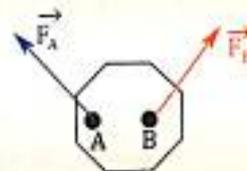


J'évalue mes acquis



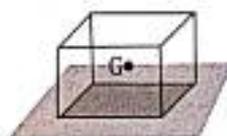
Le solide ci-contre est soumis à deux forces qui sont représentées comme l'indique la figure.

- 1- Dis si ce solide est en équilibre.
- 2- Justifie ta réponse.



ACTIVITÉ 2 : REPRÉSENTER LES FORCES APPLIQUÉES À UN SOLIDE SOUMIS À DEUX FORCES EN ÉQUILIBRE SUR UN PLAN HORIZONTAL

- 1- Observe le solide du document 2 ci-contre.
- 2- Cite les deux forces auxquelles est soumis ce solide.
- 3- Dis comment sont les droites d'action de ces forces.
- 4- Écris la condition d'équilibre qui lie ces deux forces.

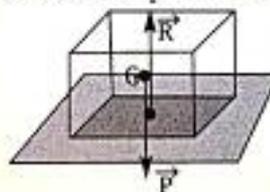


Document 2 : Solide en équilibre sur un plan horizontal

Je fais le point de l'activité

Le solide, posé sur un plan horizontal, est en équilibre sous l'action de son poids \vec{P} et de la réaction \vec{R} du support.

A l'équilibre, \vec{P} et \vec{R} ont la même droite d'action et $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$; alors $P = R$.



J'évalue mes acquis



Tu déposes ton cahier de poids $P = 3 \text{ N}$ sur une table horizontale.

- 1- Cite les deux forces auxquelles est soumis le cahier lorsqu'il est en équilibre.
- 2- Représente ces deux forces à l'échelle $1 \text{ cm} \rightarrow 1,5 \text{ N}$.

ACTIVITÉ 3 : REPRÉSENTER LES FORCES APPLIQUÉES À UN SOLIDE ATTACHÉ À UN FIL ET EN ÉQUILIBRE SOUS L'ACTION DE DEUX FORCES

- 1- Observe un solide suspendu à un fil (document 3).
- 2- Cite les deux forces auxquelles est soumis ce solide.
- 3- Comment sont les droites d'action de ces forces ?
- 4- Écris la condition d'équilibre qui lie ces deux forces.



Document 3 : Solide suspendu, attaché à un fil

Je fais le point de l'activité

Le solide du document 3 est en équilibre sous l'action de son poids \vec{P} et de la tension \vec{T} du fil.

A l'équilibre on a : \vec{P} et \vec{T} ont la même droite d'action.

$\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$. Alors $\vec{P} = -\vec{T}$, soit $P = T$



J'évalue mes acquis



Pour son mariage, Mariam suspend des boules décoratives de poids $P = 0,5 \text{ N}$ sous les bâches à l'aide de fils inextensibles et de poids négligeable.

- 1- Cite les deux forces auxquelles est soumise une boule.
- 2- Représente-les sur un schéma à l'échelle 1 cm pour 1,5 N.

ACTIVITÉ 4 : REPRÉSENTER LES FORCES APPLIQUÉES À UN SOLIDE EN ÉQUILIBRE SUR UN PLAN INCLINÉ

Soient deux solides identiques, l'un sur un plan incliné et lisse et l'autre sur un plan incliné et rugueux (document 4 : figure a et figure b).

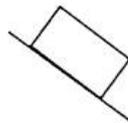


Figure a : Plan incliné lisse.

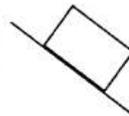


Figure b : Plan incliné rugueux.

Document 4 : Solide sur un plan incliné

- 1- Dis dans lequel des cas le solide reste en équilibre.
- 2- Cite les deux forces auxquelles est soumis le solide dans les deux cas du document 4.
- 3- Représente ces forces sur un schéma.

Je fais le point de l'activité

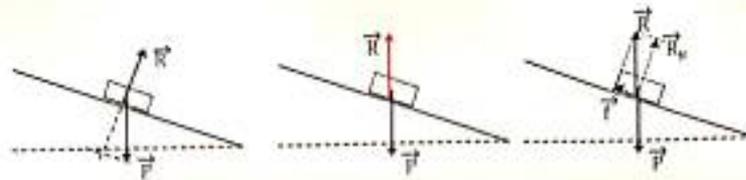
Le solide est en équilibre dans le cas de la figure b.

Lorsqu'on abandonne un solide sur un plan incliné et lisse, le solide ne reste pas en équilibre, il glisse. Dans le cas d'un plan incliné et rugueux, le solide reste en équilibre. Dans les deux cas il est soumis à son poids \vec{P} et la réaction \vec{R} du support.

Lorsqu'il y a équilibre, le poids \vec{P} et la réaction \vec{R} du support se compensent. Dans ce cas, la réaction \vec{R} du plan incliné se décompose en deux composantes :

- la composante normale appelée réaction normale (R_N) est toujours orthogonale au plan incliné ;
- la composante tangentielle appelée réaction tangentielle est la résultante des forces de frottement \vec{f} . Elle est tangente au plan incliné et toujours opposée au déplacement probable du solide.

L'expression de la réaction avec la présence de la résultante des forces de frottement s'écrit donc : $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$.



Plan incliné et lisse

Plan incliné et rugueux

J'évalue mes acquis



Un cube, supposé ponctuel, de poids \vec{P} de valeur $P = 5 \text{ N}$ est en équilibre sur un plan incliné. Les forces de frottements équivalentes à une force constante \vec{f} de valeur $f = 3 \text{ N}$ s'opposent à la descente du cube.

- 1- Donne la valeur de la réaction \vec{R} du support.
- 2- Détermine la valeur de la réaction normale \vec{R}_N .
- 3- Représente ces forces sur un schéma à l'échelle : $1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ N}$.

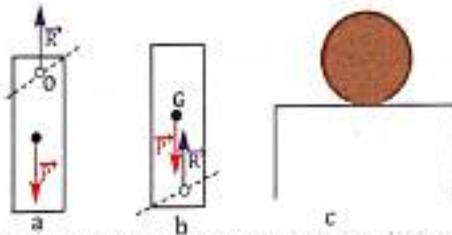
ACTIVITÉ 5 : UTILISER LES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE DANS LE CAS D'UN SOLIDE EN ÉQUILIBRE STABLE OU INSTABLE

Observe les différentes positions d'une règle mobile autour d'un point O (Figure a et b).
On écarte la règle.

- 1- Nomme l'état d'équilibre dans chaque cas.

Observe aussi une sphère posée sur une table horizontale (Fig. c).

- 2- Indique son état d'équilibre.



Document 5 : Solides en équilibre stable ou instable

Je fais le point de l'activité

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

L'équilibre d'un solide soumis à deux forces est stable si les deux forces s'éloignent l'une de l'autre.

5 b : La règle, écartée de cette position d'équilibre, s'en éloigne, effectue des oscillations et occupe la position d'équilibre stable : l'équilibre de départ est dit **instable**.

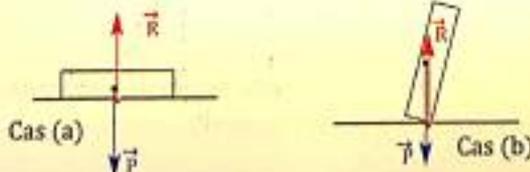
5 c : La sphère, écartée de cette position d'équilibre, reste toujours en équilibre : l'équilibre est dit **indifférent**.

J'évalue mes acquis



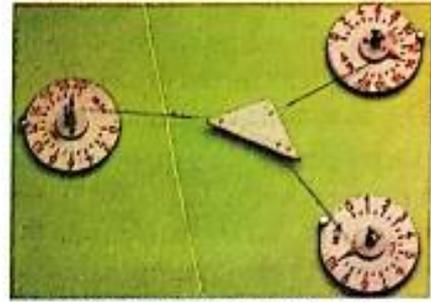
Dans les deux schémas ci-dessous, la planche est en équilibre sous l'action de deux forces.

- 1- Dis dans lequel des cas la planche est en équilibre instable.
- 2- Justifie ta réponse.



ACTIVITÉ 6 : ÉNONCER LES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A TROIS FORCES NON PARALLÈLES

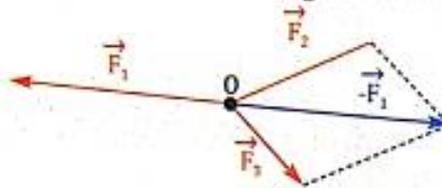
- 1- Réalise à l'aide de trois dynamomètres l'expérience ci-contre.
- 2- Trace à l'aide d'une règle la droite d'action de chaque force.
- 3- Ces droites d'action sont-elles dans le même plan ?
- 4- Ces droites d'action se coupent-elles ?
- 5- Construis la somme vectorielle des forces.
- 6- Conclue.



Document 6 : Solides en équilibre soumis à trois forces

Je fais le point de l'activité

Le solide est en équilibre sous l'action de trois forces : \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 .
 Ces trois forces se trouvent dans le même plan : on dit qu'elles sont coplanaires.
 Leurs droites d'action se coupent en un point : on dit qu'elles sont concourantes.
 La construction vectorielle de ces trois forces donne la figure ci-dessous :



On constate que : $\vec{F}_1 = -(\vec{F}_2 + \vec{F}_3)$, alors $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$.

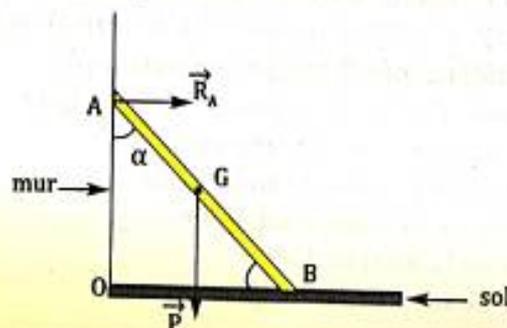
On retient que lorsqu'un solide soumis à l'action de trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 non parallèles est en équilibre, nécessairement :

- ces trois forces sont coplanaires ;
- les droites d'actions de ces trois forces sont concourantes ;
- la somme vectorielle de ces trois forces est nulle : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$.

Remarque : Cette condition peut être généralisée à un nombre quelconque de forces.
 Elle est nécessaire mais pas suffisante pour qu'il y ait équilibre.

J'évalue mes acquis

Une règle posée sur un mur est en équilibre sous l'action de trois forces. Deux des trois forces sont représentées sur la figure ci-dessous.
 Représente qualitativement la réaction \vec{R}_B du sol en B.



II- RÉSUMÉ DE COURS

- Lorsqu'un solide soumis à deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 est en équilibre :
 - les deux forces ont la même droite d'action ;
 - la somme vectorielle de ces deux forces est nulle $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$.
- La réaction \vec{R} du support possède deux composantes : la réaction normale (R_N) et la réaction tangentielle (R_T) qui n'est autre que la résultante des forces de frottement. S'il n'existe pas de forces de frottement, la réaction tangentielle est nulle et la réaction se résume à sa seule composante normale.
- Un solide soumis à l'action de trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 non parallèles, est en équilibre si :
 - ces trois forces sont coplanaires ;
 - leurs droites d'actions sont concourantes ;
 - leur somme vectorielle est nulle : $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$.

III- MÉTHODES

Comment résoudre un exercice sur les équilibres ?

- 1- Définis d'abord le système.
- 2- Fais le bilan des forces appliquées à ce système.
- 3- Représente ces forces sur un schéma clair.
- 4- Écris la condition d'équilibre liant ces forces.
- 5- Résous l'équation vectorielle obtenue :
 - soit par la méthode graphique ;
 - soit par la méthode analytique.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Une brique de masse $m = 1 \text{ kg}$ est posée sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport au plan horizontal. Les frottements la maintiennent en équilibre.

- 1- Représente graphiquement les deux forces s'exerçant sur la brique à l'échelle: $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ N}$.
- 2- A partir de la représentation, déduis les valeurs des deux composantes de la réaction du plan incliné sur la brique.

Exercice 2

Pour mettre en évidence une nouvelle force à distance (force électrique), votre professeur frotte un bâton d'ébonite puis l'approche vers une petite boule de masse $m = 0,05 \text{ g}$ portant une charge positive attachée à un fil isolant de masse négligeable et de longueur $L = 40 \text{ cm}$. A une certaine distance d , le fil s'écarte d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à la verticale et la boule reste en équilibre.

Tu es appelé à déterminer l'intensité de cette force.

- 1- Fais l'inventaire des forces appliquées à cette boule.
- 2- Représente ces forces sur un schéma.
- 3- Écris la condition d'équilibre de la boule.
- 4- Détermine par la méthode analytique :
 - 4.1 la valeur de la tension du fil ;
 - 4.2 la valeur de la force électrique.

Résolution de l'exercice 1

1- Représentation des forces :

Système : la brique.

L'étude s'effectue dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Bilan des forces :

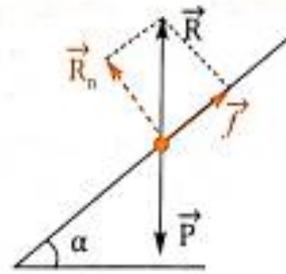
- le poids de la brique : \vec{P} ;
- la réaction du plan incliné \vec{R} .

A l'équilibre $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$.Comme $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ N}$, $P = R = 10 \text{ N} \leftrightarrow 5 \text{ cm}$.

2- Dédouons les valeurs des composantes de la réaction.

On sait que $\vec{R} = \vec{R}_n + \vec{f}$, les projections de \vec{R} sur les axes donnent :

- la mesure de la réaction normale : $\vec{R}_n \leftrightarrow 4,7 \text{ cm}$ donc $R_n = 4,7 \times 2$ d'où $R_n = 9,4 \text{ N}$
- la mesure de la réaction tangentielle (forces de frottement) $\vec{f} \leftrightarrow 1,7 \text{ cm}$ donc $f = 1,7 \times 2$, d'où $f = 3,4 \text{ N}$.



Commentaire :

- Pour la représentation:
 - on calcule d'abord la valeur de \vec{P} ;
 - on construit \vec{P} à l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 2 \text{ N}$ sur le schéma (\vec{P} toujours orthogonal au plan horizontal) ;
 - Comme $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$, on reporte la même mesure pour construire \vec{R} .
- Pour les composantes de \vec{R} :
 - fais la projection de \vec{R} sur la normale puis sur la tangentielle pour trouver respectivement \vec{R}_n et \vec{f} ;
 - mesure et calcule les valeurs à l'aide de l'échelle donnée.

Résolution de l'exercice 2

1- Inventaire des forces

Système : la boule

Bilan des forces

- le poids de la boule : \vec{P} ;
- la tension du fil \vec{T} ;
- la force électrique \vec{F} .

2- Représentation des forces (voir schéma)

3- Intensité de la tension du fil

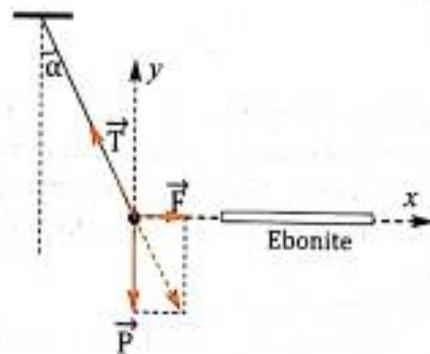
A l'équilibre $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = \vec{0}$.

projection de la relation sur les axes (ox ; oy)

$$\begin{array}{l} \rightarrow \left| \begin{array}{l} P_x = 0 \\ P_y = -P \end{array} \right. \quad \rightarrow \left| \begin{array}{l} T_x = -T \sin \alpha \\ T_y = T \cos \alpha \end{array} \right. \quad \rightarrow \left| \begin{array}{l} F_x = F \\ F_y = 0 \end{array} \right. \end{array}$$

- Sur l'axe (ox) : $0 - T \sin \alpha + F = 0$ soit : $F = T \sin \alpha$
- Sur l'axe (oy) : $-P + T \cos \alpha + 0 = 0$ soit $P = T \cos \alpha$
- on tire : $F = P \tan \alpha = mg \tan \alpha$, alors $F = 8,8 \cdot 10^{-5} \text{ N}$

$$T = \frac{mg}{\cos \alpha} = \frac{F}{\sin \alpha} \quad \text{alors } T = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$



V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1- Donne les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces et celles d'un solide soumis à trois forces.

2- Un objet de poids $P = 2 \text{ N}$, accroché à un ressort vertical de raideur $k = 20 \text{ N/m}$ s'allonge. L'allongement du ressort est alors de :

- a) 20 cm ; b) 10 cm ; c) 5 cm.

Recopie la lettre qui correspond à la bonne réponse.

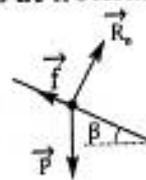
3- Recopie, pour chacune des affirmations suivantes, le numéro suivi de la lettre V si l'affirmation est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

- 1- Un solide soumis à deux forces est en équilibre si ces forces ont la même droite d'action.
- 2- Un solide posé sur un plan incliné est toujours en équilibre si le contact se fait avec frottements.
- 3- Lorsqu'un solide soumis à deux forces est en équilibre, la somme vectorielle des forces est nulle.

4- Lorsqu'un solide soumis à trois forces est en équilibre, les droites d'action de ces forces sont concourantes et coplanaires.

5- Si la condition $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ est remplie, alors le solide soumis à ces deux forces est nécessairement en équilibre.

6- Le schéma ci-dessous représente un solide soumis à son poids \vec{P} , à la réaction normale \vec{R}_n et aux forces de frottement \vec{f} sur un plan incliné.



L'expression f de la valeur des forces de frottement est :

- a) $f = P \cdot \cos \beta$;
- b) $f = P \cdot \sin \beta$;
- c) $f = P \cdot \tan \beta$

Recopie la bonne réponse.

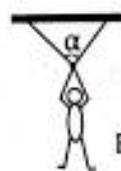
Exercices de renforcement/ Approfondissement

5- Lors d'une compétition, un athlète est suspendu à deux câbles munis d'anneaux de poids négligeable. Sa masse est $m = 80 \text{ kg}$. Lorsqu'il est en équilibre, les deux câbles, de même longueur, font un angle $\alpha = 30^\circ$.

Donnée : $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

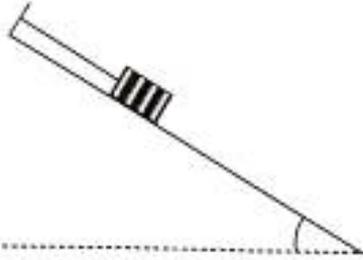
- 1- Fais l'inventaire des forces appliquées à l'athlète.
- 2- Représente ces forces.

3- Détermine les valeurs des tensions des câbles.



Figure

6. Un solide de masse $m = 700 \text{ g}$ est maintenu en équilibre par un fil inextensible sur un plan incliné, dont la surface de contact est lisse. Le plan incliné fait un angle $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale (fig. ci-dessous).

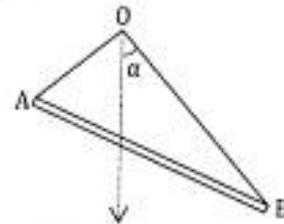


- 1- Fais le bilan des forces qui s'exercent sur le solide.
- 2- Représente ces forces sur un schéma.
Échelle : 1 cm pour 2,5 N.
- 3- Retrouve les valeurs des forces par la méthode analytique.

Donnée: $g = 10 \text{ N/kg}$

7. Une barre homogène de masse $m = 1 \text{ kg}$, de longueur l , est suspendue par ses extrémités A et B en un point O à l'aide de deux fils AO et BO, perpendiculaires en O et de longueurs respectives $l_1 = 18 \text{ cm}$ et $l_2 = 24 \text{ cm}$. On donne $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

- 1- Fais le bilan des forces appliquées à la barre.
 - 2- Construis la somme vectorielle de ces forces en utilisant la condition d'équilibre.
 - 3- Détermine les valeurs des tensions de chaque fil par la méthode géométrique.
- Échelle : 1 cm pour 5 N.



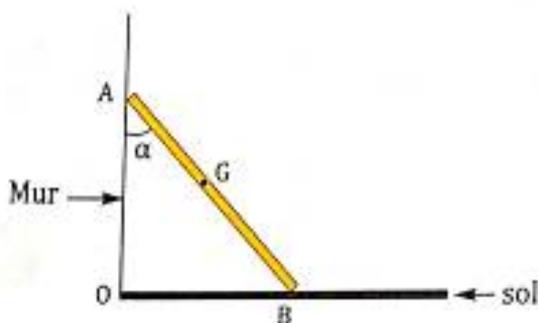
Situations d'évaluation

8. Dans ta classe de 2^{de} C, ton professeur pose sa règle de longueur $AB = \ell$ et de masse m sur un mur vertical OA parfaitement lisse et sur un sol OB rugueux. La règle est en équilibre et fait un angle α avec le mur vertical (voir figure ci-dessous). La réaction \vec{R} du sol en B sur la règle forme un angle β avec la verticale.

Il vous demande d'étudier l'équilibre de cette règle.

Données : $\ell = 1 \text{ m}$; $m = 0,8 \text{ kg}$; $g = 9,8 \text{ N/kg}$;
 $\alpha = 30^\circ$; $\tan \beta = \frac{1}{2} \tan \alpha$

- 1- Cite les forces qui s'exercent sur la règle AB.
- 2- Reproduis le schéma et représente ces forces qualitativement.
- 3- Détermine par la méthode analytique la valeur de chacune des forces.

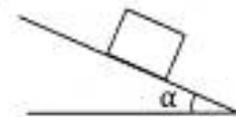


9. Un élève de 2^{de} C d'un Lycée Moderne veut utiliser la méthode graphique pour déterminer les deux composantes de la réaction d'un plan incliné. Il pose une brique de masse $m = 1 \text{ kg}$ sur ce plan incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport au plan horizontal. Les frottements et d'autres forces maintiennent la brique en équilibre.

Données : $g = 10 \text{ N/kg}$

Échelle : 1 cm \leftrightarrow 2 N

Il te sollicite pour l'aider.

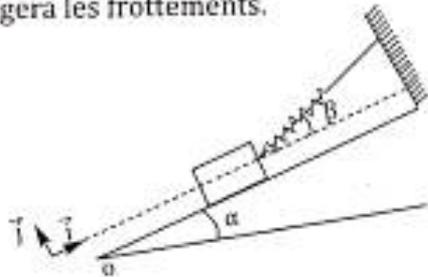


- 1- Fais l'inventaire des forces s'exerçant sur la brique.
- 2- Calcule le poids de cette brique.
- 3- Représente qualitativement les forces s'exerçant sur la brique.
- 4- Détermine, en utilisant la méthode graphique, les valeurs des deux composantes de la réaction du plan incliné sur la brique.

10 Ton ami Kouao veut déterminer la tension d'un ressort de soutien d'un solide sur un plan incliné afin de déterminer son allongement (voir schéma ci-dessous).

Le ressort a une raideur $k = 50 \text{ N.m}^{-1}$ et son axe fait un angle β avec le plan incliné. Le solide a une masse de 3 kg.

Données : $g = 10 \text{ N/kg}$; $\alpha = 45^\circ$; $\beta = 30^\circ$. On négligera les frottements.



Tu veux aider Kouao :

- 1- Précise le système étudié et fais l'inventaire des forces extérieures qui lui sont appliquées.
- 2- Détermine, par la méthode analytique, l'intensité de la tension du ressort et celle de la réaction du plan incliné.
- 3- Dédus des résultats précédents l'allongement du ressort.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

Le savez-vous ?

La basilique de Yamoussoukro est la plus grande au monde. Elle est aussi le plus haut et le plus lourd édifice de la ville de Yamoussoukro. Elle culmine à plus de 158 mètres de haut. Sa coupole de 60 m de haut et 90 m de large est surmontée d'une croix sommitale en or de 40 m.

La lanterne de la basilique à elle seule pèse 320 tonnes, l'équivalent de 30 remorques de 10 tonnes. On estime la masse totale de la basilique à 98000 tonnes. Cette énorme masse repose sur seulement 156 pieux forés à la bentonite de 1,10 m de diamètre enfoncés dans le sol à 30 m de profondeur. Tous ces éléments, bien conçus par des ingénieurs, ont été fabriqués puis montés pièce par pièce. A l'intérieur de la basilique, au-dessus de l'autel où l'on célèbre la messe, se trouve une grosse croix pesante de plusieurs tonnes suspendue à deux fil de métal. Cette croix est en équilibre sous l'action de trois forces : Le poids de la croix elle-même et les tensions des deux fils fins. A l'équilibre on a $P = 2T$.



LEÇON

4

ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	- l'expression du moment d'une force par rapport à un axe fixe; - l'unité internationale du moment d'une force par rapport à un axe fixe.
Déterminer	le moment d'une force par rapport à un axe fixe.
Connaître	les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.
Appliquer	les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Rotation d'un solide autour d'un axe fixe.
- Effet de rotation.
- Moment d'une force par rapport à un axe fixe.
- Théorème des moments.

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Sam, élève en classe de 2^{de} C, accompagne son oncle pour la vente de sa récolte de noix de cajou. L'acheteur des produits dispose d'une balance romaine pour les pesées.

Doutant de la fiabilité de l'instrument de mesure, l'élève conseille à son oncle de ne pas vendre son produit. En classe, il relate ces faits à ses camarades. Ensemble, ils cherchent à comprendre le fonctionnement de cette balance. Pour ce faire, ils entreprennent sous la supervision de leur professeur, de s'informer sur le moment d'une force par rapport à un axe fixe, de le déterminer puis d'appliquer les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

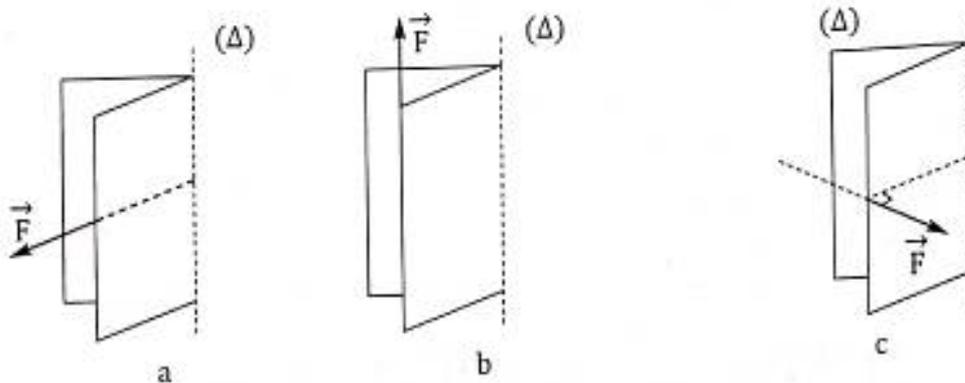


I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : MONTRER QUE L'EFFET DE ROTATION D'UNE FORCE SUR UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE DÉPEND DES CARACTÉRISTIQUES DE LA FORCE ET DU BRAS DE LEVIER

Pour ouvrir une porte, tire-la de trois manières différentes puis observe l'effet de rotation dans chaque cas.

- 1^{er} cas : Exerce une force dont la droite d'action coupe l'axe de rotation de la porte (l'axe de ses gonds).
- 2^{ème} cas : Exerce une force de direction parallèle à l'axe de rotation (l'axe de ses gonds).
- 3^{ème} cas : Exerce une force orthogonale à la porte dont la droite d'action ne coupe pas son axe de rotation. Essaie à de différentes distances de l'axe de rotation faisant ainsi varier la distance entre l'axe de rotation et la droite d'action de la force appelée bras de levier. Note tes observations.



Document 1 : Effet d'une force sur une porte

Je fais le point de l'activité

Effet de rotation d'une force

Dans le 1^{er} cas (Doc 1a), la droite d'action coupe l'axe de rotation. La porte ne tourne pas : il n'y a donc pas de rotation.

Dans le 2^{ème} cas (Doc 1b), la droite d'action est parallèle à l'axe de rotation. La porte ne tourne pas aussi : il n'y a donc encore pas de rotation.

Dans le 3^{ème} cas (Doc 1c) où la droite d'action de la force est orthogonale à l'axe et ne le coupe pas, la porte tourne autour de son axe : il y a rotation.

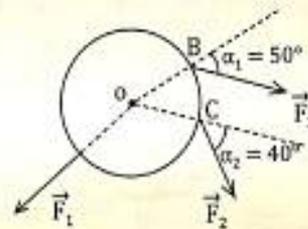
Conclusion

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.

J'évalue mes acquis

Sur le disque ci-contre, relève les forces qui ont un effet de rotation.



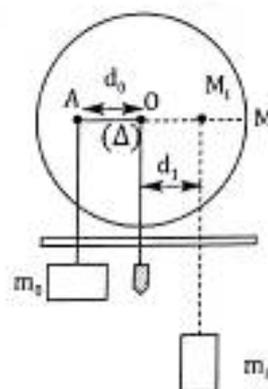
ACTIVITÉ 2 : ÉTABLIR L'EXPRESSION DU MOMENT D'UNE FORCE PAR RAPPORT À UN AXE FIXE

Considère le dispositif ci-contre (Document 2).

- 1- Fixe la masse $m_0 = 30$ g et la distance $OA = d_0 = 4$ cm.
- 2- Fais varier les masses marquées et les distances $d_i = OM_i$ de sorte à établir l'équilibre du dispositif, l'axe AM restant horizontal.
- 3- Complète le tableau ci-dessous.

F (N)	$F_0 = 0,3$	$F_1 = 0,4$	$F_2 = 0,6$	$F_3 = 0,8$
d (m)	$d_0 = 0,04$	$d_1 = 0,03$	$d_2 = 0,02$	$d_3 = 0,015$
$F \times d$ (N.m)				

4- Conclus.



Document 2 : Solide mobile autour d'un axe fixe.

Je fais le point de l'activité**1- Résultats**

F (N)	$F_0 = 0,3$	$F_1 = 0,4$	$F_2 = 0,6$	$F_3 = 0,8$
d (m)	$d_0 = 0,04$	$d_1 = 0,03$	$d_2 = 0,02$	$d_3 = 0,015$
$F \times d$ (N.m)	0,012	0,012	0,012	0,012

2 Interprétation des résultats

Le produit $F \times d$ est constant. Il traduit l'effet de rotation.

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.

3 Définition du moment d'une force

Le moment d'une force \vec{F} traduit la capacité de cette force à faire tourner un solide autour d'un point ou autour d'un axe (Δ) .

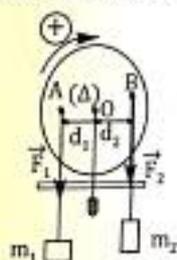
Le moment d'une force \vec{F} est noté $M_{\Delta}(\vec{F})$. L'unité du moment d'une force est le newton mètre (N.m).

Son expression est : $M_{\Delta}(\vec{F}) = F \cdot d$

F s'exprime en newton (N); d s'exprime en mètre (m), donc $M_{\Delta}(\vec{F})$ s'exprime en newton - mètre (N.m).

NB : Le moment est une grandeur algébrique.

Sens positif de rotation choisi.



Si la force \vec{F} tend à faire tourner le disque dans le sens positif choisi, $M_{\Delta}(\vec{F}) > 0$; $M_{\Delta}(\vec{F}_2) = F_2 \cdot d_2$;

Si elle tend à faire tourner le disque dans le sens contraire, $M_{\Delta}(\vec{F}) < 0$; $M_{\Delta}(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot d_1$.

Si une force \vec{F} rencontre l'axe (Δ) , $M_{\Delta}(\vec{F}) = 0$

Conséquences

- Deux forces, ayant le même moment par rapport à un axe, ont 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.

J'évalue mes acquis



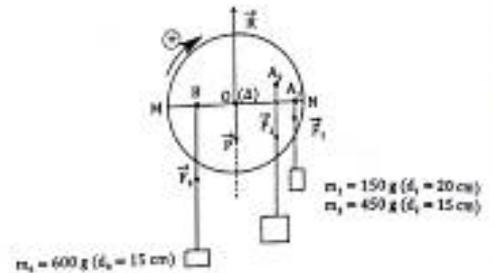
Une tige MN homogène de longueur $\ell = 8 \text{ cm}$ et de poids \vec{P} est mobile autour d'un axe horizontal (Δ) perpendiculaire en son milieu O. Deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 sont appliquées à la tige (Voir figure ci-contre).

Données: $\alpha = 30^\circ$; $\ell = 8 \text{ cm}$; $P = 2 \text{ N}$; $F_1 = 4 \text{ N}$; $F_2 = 4 \text{ N}$.
Détermine les moments par rapport à l'axe (Δ) des forces qui s'exercent sur la tige.



ACTIVITÉ 3: ÉTABLIR LES CONDITIONS D'ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE

Maintiens en équilibre un disque capable de tourner autour d'un axe fixe (Δ) en exerçant des forces à différents endroits comme l'indique la figure ci-contre.



Document 3 : Conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

- 1- Relève dans un tableau les bras de levier de chaque force.
- 2- Calcule le moment de chaque force.
- 3- Fais la somme de tous les moments trouvés.
- 4- Conclus.

Je fais le point de l'activité

Les moments des forces sont consignés dans le tableau ci-dessous :

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)	$d_0 = 0,15$	$d_1 = 0,20$	$d_2 = 0,15$	$d' = 0$	$d'' = 0$
M_Δ (N.m)	- 0,90	+ 0,30	+ 0,60	0	0

En faisant la somme des moments de toutes les forces appliquées au disque, on obtient :

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

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

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

On constate que cette somme est nulle.

Énoncé 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 nulle :

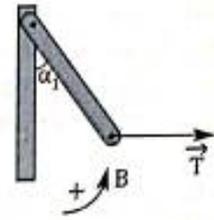
$$\sum M_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) = 0.$$

Remarque: Cette condition est nécessaire pour qu'il y ait équilibre mais elle n'est pas suffisante. Ce qui signifie que la somme des moments des forces peut être nulle sans que le solide soit en équilibre ; c'est le cas d'un solide en mouvement de rotation uniforme.

J'évalue mes acquis



Une tige homogène de longueur $l = 60 \text{ cm}$ et de poids $P = 10 \text{ N}$ est articulée en A dans un mur vertical. On applique à l'extrémité B de la tige une force \vec{F} d'intensité $F = 3 \text{ N}$ pour la maintenir en équilibre (voir la figure ci-contre).



- 1- Fais l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur la tige mobile AB.
- 2- Représente sur un schéma ces forces.
- 3- Donne l'expression du moment de chaque force par rapport à un axe (Δ) passant par A.
- 4- Détermine la valeur de l'angle α_1 que forme la tige avec le mur vertical.

II- RÉSUMÉ DE COURS

• Moment d'une force

- Le moment d'une force est égal au produit de l'intensité F de la force par la longueur d du bras de levier : $M_{\Delta}(\vec{F}) = F \cdot d$.

F s'exprime en newton (N); d s'exprime en mètre (m), donc $M_{\Delta}(\vec{F})$ s'exprime en newton - mètre (N.m).

- Le moment d'une force est une grandeur algébrique :

il est positif si la force a tendance à faire tourner le solide dans le sens arbitraire choisi, $M_{\Delta}(\vec{F}) > 0$;

il est négatif si la force a tendance à faire tourner le solide dans le sens opposé au sens arbitraire choisi, $M_{\Delta}(\vec{F}) < 0$;

il est nul si la droite d'action de la force rencontre l'axe de rotation ou est parallèle à l'axe de rotation, $M_{\Delta}(\vec{F}) = 0$.

• Théorème des moments

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

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

- Cette condition est nécessaire mais pas suffisante.

III- MÉTHODES

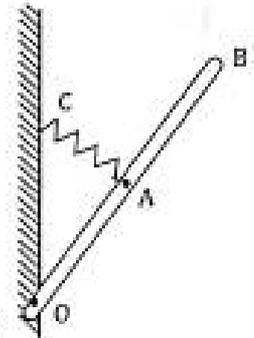
Comment résoudre un exercice sur les équilibres d'un solide mobile autour d'un axe fixe ?

- 1- Identifie d'abord le système étudié et écris son nom en premier.
- 2- Inventorie les forces appliquées au système étudié.
- 3- Représente ces forces sur un schéma soigné.
- 4- Identifie l'axe (Δ) de rotation ou le point autour duquel il y a la rotation.
- 5- Applique le théorème des moments.
- 6- Choisis un sens de rotation.
- 7- Exprime le moment de chaque force en tenant compte du sens de rotation choisi.
- 8- Résous l'équation obtenue.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Tu désires déterminer la tension du ressort du dispositif schématisé ci-contre en utilisant le théorème des moments. La barre OB de masse m , homogène, est articulée autour de son extrémité O dans un mur. Elle est mobile dans le plan vertical et maintenue en équilibre à l'aide d'un ressort AC .

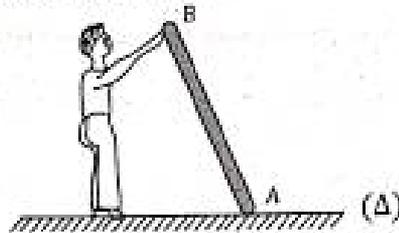


- 1- Représente les forces extérieures appliquées à la barre.
- 2- Détermine la valeur de la tension du ressort en utilisant le théorème des moments.

Données: $OB = 2OA = 1,2 \text{ m}$; $AC = 0,8 \text{ m}$; $OC = 1 \text{ m}$; $\widehat{CAO} = 90^\circ$; $m = 5 \text{ kg}$; $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$. (Δ)

Exercice 2

Une poutre homogène, de masse m , repose sur le sol par son extrémité A . un homme la soulève en exerçant une force (\vec{F}) à l'autre extrémité B , perpendiculairement à la poutre en maintenant le point A immobile (voir figure).



- 1- Détermine l'expression de l'intensité de la force (\vec{F}) en fonction de m , g et α lorsque la poutre fait un angle α avec le plan horizontal.
- 2- Calcule la valeur de \vec{F} pour $\alpha = 45^\circ$. Données : $m = 10 \text{ kg}$; $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

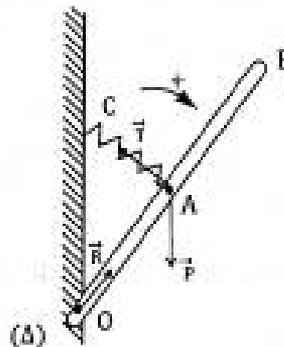
Résolution de l'exercice 1

- 1- Représentation des forces

Système : la barre.

Bilan des forces :

- \vec{T} , tension du ressort ;
- \vec{R} , réaction du mur sur la barre ;
- \vec{P} , poids de la barre.



- 2- Valeur de la tension du ressort

Appliquons le théorème des moments.

$$M_A(\vec{P}) + M_A(\vec{R}) + M_A(\vec{T}) = 0;$$

$M_A(\vec{R}) = 0$ car la droite d'action de \vec{R} rencontre l'axe de rotation en O .

$P \cdot OA \cdot \sin\alpha + 0 - T \cdot OA = 0$, alors $T = P \sin\alpha$.

Dans le triangle OAC rectangle en A , $\sin\alpha = \frac{AC}{OC}$, donc $T = mg \cdot \frac{AC}{OC}$
 $T = 39,2 \text{ N}$.

Résolution de l'exercice 2

1- Expression de l'intensité de la force (\vec{F})

Système : la poutre.

Bilan des forces : le poids \vec{P} de la poutre ; la force \vec{F} de l'opérateur et la réaction \vec{R} du sol en A.

Représentation des forces

Appliquons le théorème des moments à la poutre : $M_A(\vec{F}) + M_A(\vec{R}) + M_A(\vec{P}) = 0$ $M_A(\vec{R}) = 0$ car \vec{R} coupe l'axe Δ ; $-F \cdot AB + P \cdot \frac{AB}{2} \cdot \cos\alpha + 0 = 0$, alors $F = \frac{P}{2} \cos\alpha$ $2 \cdot F = \frac{10 \times 10}{2} \cos 45^\circ$; $F = 35,4 \text{ N}$.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1

- Définis le moment d'une force.
- Donne l'expression du moment d'une force d'intensité F , de bras de levier d , par rapport à un axe (Δ) de rotation.

2 Recopie pour chacune des propositions suivantes, le numéro correspondant à (aux) la bonne(s) réponse(s).

Le moment d'une force traduit la capacité de cette force à faire tourner un solide autour d'un axe (Δ).

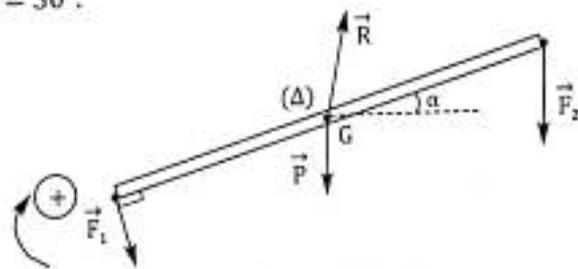
- L'unité internationale de moment est
 - m/N ;
 - N.m^{-1} ;
 - N.m .
- Le moment d'une force est nul signifie que la droite d'action de la force :
 - est orthogonale à l'axe de rotation ;
 - rencontre l'axe de rotation ;
 - est parallèle à l'axe de rotation.
- Lorsque la somme des moments de toutes les forces est nulle, alors
 - le solide peut être immobile ;
 - le solide est en mouvement de rotation ;
 - le solide peut être mobile mais n'est pas en mouvement de rotation.

3

Recopie, pour chacune des propositions ci-dessous, le chiffre suivi de la lettre V si la proposition est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

- Le moment d'une force par rapport à un axe est le produit de l'intensité de la force par la distance de l'axe de rotation au point d'application de la force.
- Lorsqu'un solide soumis à trois forces est en équilibre, la somme algébrique des moments des forces par rapport à un axe quelconque est nulle.
- Pour qu'un solide soumis à trois forces soit en équilibre, deux conditions doivent obligatoirement être satisfaites : $\sum \vec{F} = \vec{0}$ et $\sum M_{F/\Delta} = 0$.
- La relation $\sum M_{F/\Delta} = 0$ implique que le solide auquel s'appliquent les forces \vec{F} ne tourne pas autour de l'axe (Δ).
- L'unité de moment d'une force par rapport à un axe est le newton-mètre.
- Lorsque les relations $\sum \vec{F} = \vec{0}$ sont vérifiées et $\sum M_{F/\Delta} = 0$, le solide auquel s'appliquent les forces \vec{F} a un mouvement de rotation.

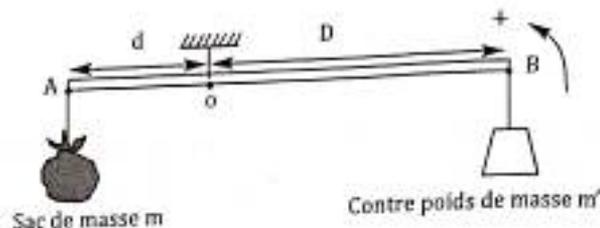
4 Une barre homogène de longueur $l = 50$ cm et de masse $m = 500$ g, mobile autour d'un axe fixe (Δ) passant par son centre de gravité est soumise à des forces comme l'indique la figure ci-dessous :
Données : $F_1 = 5$ N ; $F_2 = 8$ N ; $g = 10$ N/kg et $\alpha = 30^\circ$.



Complète le tableau ci-dessous après l'avoir reproduit

Les différentes forces	Expression des moments	Valeurs des moments
\vec{R}	$M_\Delta(\vec{R}) =$	
\vec{P}	$M_\Delta(\vec{P}) =$	
\vec{F}_1	$M_\Delta(\vec{F}_1) =$	
\vec{F}_2	$M_\Delta(\vec{F}_2) =$	

5 Yao désire connaître la masse m de son petit sac de cacao avant de le vendre. Il utilise une balance romaine comme l'indique la figure ci-dessous. Le fléau AB est mobile autour d'un axe fixe (Δ) passant par le point O.
Données : la masse du contrepois est $m' = 3$ kg ; $d = 10$ cm et $D = 100$ cm.
Lorsque la balance est en équilibre, son centre de gravité est au point O.

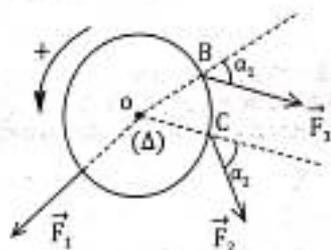


- 1- Fais le bilan des forces qui s'exercent sur la balance et représente-les.
- 2- Écris, en utilisant le théorème des moments, la relation traduisant l'équilibre de la balance.
- 3- Détermine la masse m du sac.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

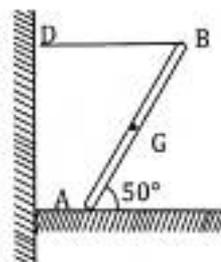
6 Sur un disque de rayon 20 cm, on exerce des forces d'intensité égale à 30 N et situées dans le plan vertical du disque.

- 1- Détermine le moment de ces forces par rapport à un axe (Δ) passant par O, centre du disque, et perpendiculaire au plan du disque.



- 2- Vérifie par le théorème des moments que le disque n'est pas en équilibre.
Données $\alpha_1 = 50^\circ$; $\alpha_2 = 40^\circ$.

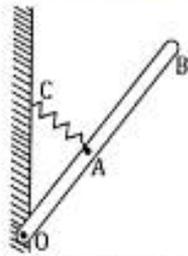
7 Une tige homogène AB de longueur $l = 60$ cm et de poids $P = 20$ N peut tourner autour de son extrémité fixe A. Un fil horizontal fixé en B maintient la barre dans une position d'équilibre. La barre fait un angle $\alpha = 50^\circ$ avec l'horizontale.



- 1- Représente sur un schéma, les forces qui s'exercent sur la barre.
- 2- Détermine :
 - 2.1- la valeur T de la tension du fil ;
 - 2.2- les caractéristiques de la réaction en A sur la tige ;
 - 2.3- la valeur de la force subie par le mur au point D.

Situations d'évaluation

8. Un élève de 2^{de} C observe, sur le chantier de monsieur Yeboua, une planche suspendue à un mur à l'aide d'un ressort. La planche peut tourner autour d'un axe (Δ) passant par son extrémité O. L'élève te sollicite pour l'aider à déterminer la valeur de la tension du ressort.



Données : $OB = 2OA = 1,2 \text{ m}$; $OC = 1 \text{ m}$; $\widehat{CAO} = 90^\circ$; $m = 5 \text{ kg}$; $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$.

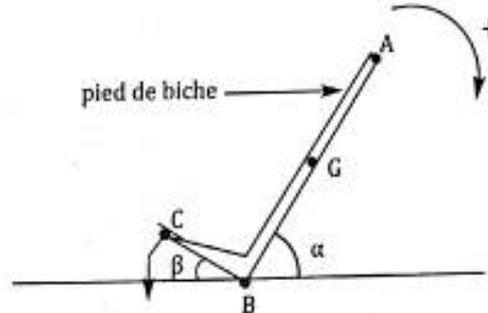
- 1- Fais le bilan des forces appliquées à la planche.
- 2- Représente ces forces sur un schéma.
- 3- Détermine par la méthode analytique la valeur de chaque force.
- 4- Vérifie par le théorème des moments la valeur de la tension du ressort.

9. Un élève d'une classe de seconde C, passant devant un atelier de menuiserie, voit un manoeuvre arracher une pointe avec un outil appelé pied de biche. Il est impressionné par la facilité avec laquelle cet ouvrier arrache ces clous. Le pied de biche est constitué d'une tige AC coudée en B et comportant une fourche en C. La masse de la partie BC est négligeable devant celle de la tige. L'opérateur exerce sur cet outil au point A une force \vec{F} d'intensité 20 N perpendiculaire à AB. Le clou exerce en C une force \vec{F}' perpendiculaire à BC. Le pied de biche, qui peut pivoter autour de B est en équilibre. On admet l'existence

des forces de frottement s'opposant au glissement du pied de biche.

Données $AB = 40 \text{ cm}$; $BC = 6 \text{ cm}$, $\alpha = 60^\circ$, $\widehat{ABC} = 90^\circ$; $\beta = 30^\circ$;

$AG = GB$; $m = 1 \text{ kg}$ et $g = 10 \text{ N/kg}$. G est le centre de gravité du pied de biche.



- 1- Représente les forces qui s'exercent sur le pied de biche.
- 2- Écris les conditions d'équilibre du pied de biche.
- 3- Exprime les moments des forces s'exerçant sur l'outil.
- 4- Détermine :
 - 4.1- la valeur de la force \vec{F}' ;
 - 4.2- les valeurs des forces de frottement et de la réaction normale.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

Un manège est sous forme d'un plateau circulaire garni de différentes sortes de montures et supports ou des personnes, principalement des enfants, prennent place pour faire des tours lorsqu'il est mis en mouvement. Son mouvement est généralement un mouvement de rotation autour d'un axe fixe. L'axe peut être horizontal : dans ce cas le mouvement s'effectue dans un plan.



[Faint, illegible text from the main body of the page]

LEÇON

5

PRINCIPE DE L'INERTIE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

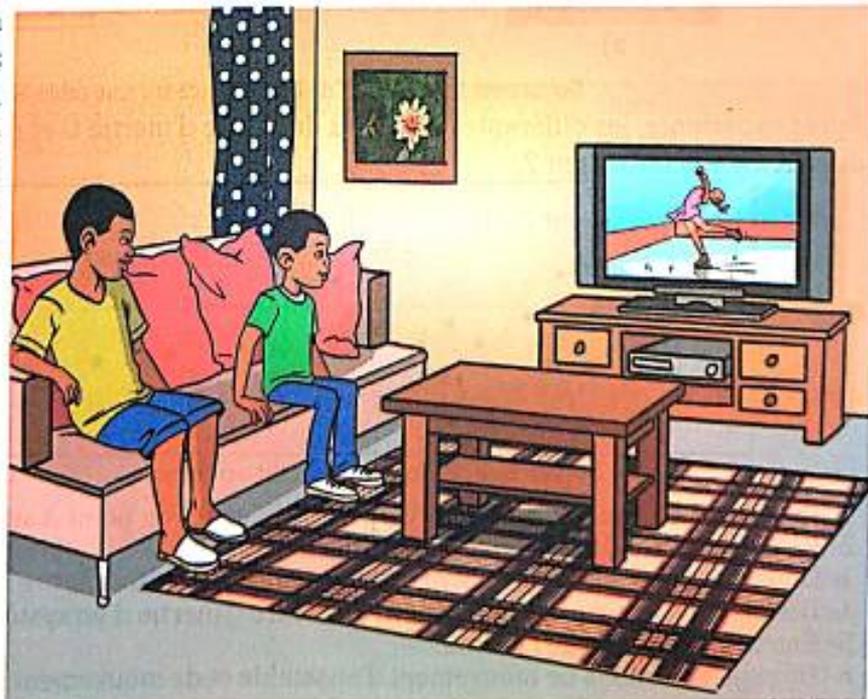
HABILITÉS	CONTENUS
Définir	- un système isolé. - un système pseudo- isolé.
Déterminer	le centre d'inertie d'un solide et de quelques solides homogènes.
Connaître	la relation barycentrique.
Déterminer	- le centre d'inertie d'un système de deux solides. - la nature du mouvement du centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo isolé.
Énoncer	le principe de l'inertie.
Appliquer	le principe de l'inertie.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Système isolé
- Système pseudo-isolé
- Centre d'inertie
- Barycentre
- Relation barycentrique
- Mouvement du centre d'inertie
- Référentiels galiléens

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. Émerveillé, Kotolaba en classe avec ses camarades, sous la supervision du professeur, décident de déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie d'un solide, d'énoncer et d'appliquer le principe de l'inertie.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉFINIR UN SYSTÈME ISOLÉ, UN SYSTÈME PSEUDO-ISOLÉ

- 1- Rappelle la définition d'un système.
- 2- Définis un système isolé.
- 3- Définis un système pseudo isolé et donne-en un exemple.

Je fais le point de l'activité

1- Système

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

2- Système isolé

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

3- Système pseudo-isolé

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

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

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

J'évalue mes acquis



1- Complète les phrases ci-dessous.

- a) Lorsqu'un système est soumis à des forces qui se compensent, il est dit.....
- b) Lorsqu'un système n'est soumis à aucune force, il est dit.....

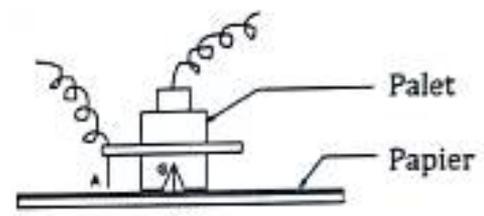
2- Nomme le type de système que forme une balle qui flotte sur l'eau.

ACTIVITÉ 2 : METTRE EN ÉVIDENCE LE CENTRE D'INERTIE D'UN SOLIDE ISOLÉ OU PSEUDO-ISOLÉ À PARTIR D'UN ENREGISTREMENT

Le dispositif ci-dessous est formé d'un palet auto porteur, d'une table à coussin d'air, d'un papier collé sur celle-ci servant à enregistrer les positions du centre d'inertie G et d'un autre point A du palet à intervalles de temps égaux τ .



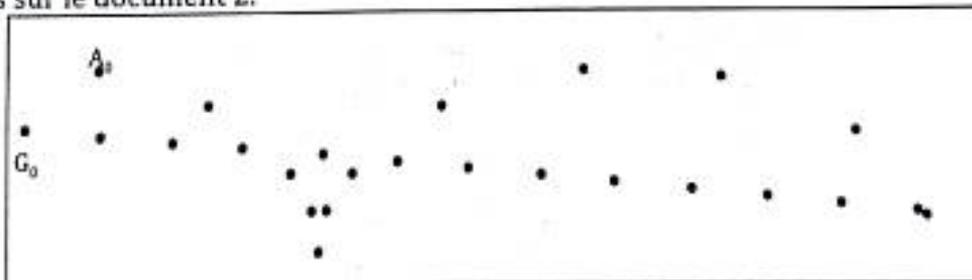
a)



b)

Document 1 : Dispositif de l'expérience sur une table à coussin d'air.

Après expérience, les différentes positions du centre d'inertie G et d'un point extérieur au palet sont données sur le document 2.

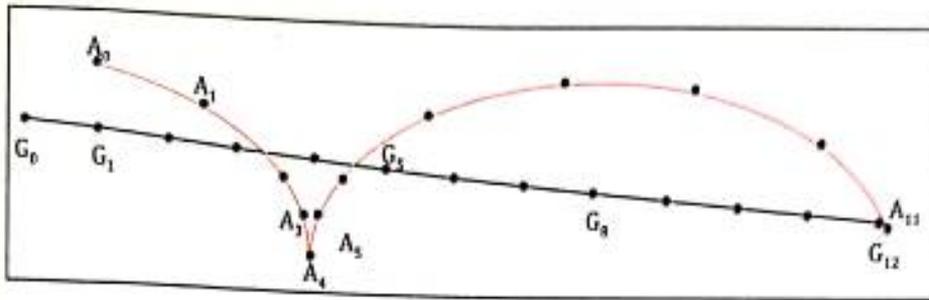


Document 2 : Enregistrement sur aérotable

- 1- Repère les différentes positions du point G et celles du point A sur l'enregistrement.
- 2- Relie par un trait les différentes positions G_n .
- 3- Donne la nature du mouvement de chacun des points G et A.
- 4- Déduis-en la nature du mouvement du centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé.
- 5- Énonce le principe de l'inertie.
- 6- Dégage les notions de mouvement d'ensemble et de mouvement propre.

Je fais le point de l'activité

- 1- Le point G a un mouvement rectiligne et uniforme car sa trajectoire est une droite et le centre d'inertie du mobile parcourt des distances égales pendant les mêmes durées.



- 2- Le point A a un mouvement curviligne.

3- Conclusion.

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

4- Énoncé 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 et uniforme s'il est en mouvement.

5- Mouvement d'ensemble et mouvement propre d'un système**a) Mouvement d'ensemble**

Ce mouvement est défini par le mouvement du centre d'inertie. C'est le cas du point G sur l'enregistrement du document 2.

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

b) Mouvement propre d'un système

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

J'évalue mes acquis

Réarrange les mots et groupes de mots suivants de sorte à constituer deux phrases.

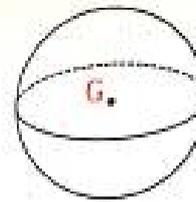
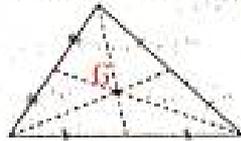
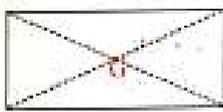
- 1- est soumis / rectiligne uniforme. / à des forces / ou en mouvement / Si un corps / qui se compensent / alors il est immobile / ou à aucune force,
- 2- d'un solide pseudo-isolé / de rotation uniforme / est un mouvement / Le mouvement propre / son centre d'inertie / autour de

ACTIVITÉ 3 : DÉTERMINER GRAPHIQUEMENT LES CENTRES D'INERTIE DE QUELQUES SOLIDES HOMOGÈNES DE FORMES GÉOMÉTRIQUES SIMPLES

- 1- Utilise les propriétés de symétrie pour trouver le centre d'inertie G de quelques solides homogènes de formes géométriques simples : le carré ou le rectangle, le triangle, le cercle, la sphère, le cylindre...
- 2- Détermine graphiquement le centre d'inertie G d'un ensemble de deux solides homogènes de formes simples.

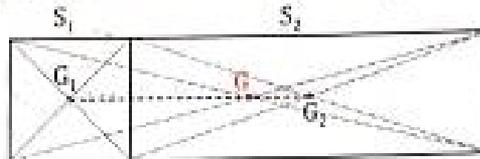
Je fais le point de l'activité

1- Cas d'un solide de forme géométrique simple



2- Cas d'un ensemble de solides simples

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



La détermination du centre d'inertie des deux solides nous fait remarquer que :

- $G \in [G_1 ; G_2]$
- G est plus proche de G_2 (le centre d'inertie du solide le plus lourd).

J'évalue mes acquis



Détermine graphiquement le centre d'inertie d'un carré et d'un triangle rectangle.

ACTIVITÉ 5 : ÉTABLIR LA RELATION BARYCENTRIQUE

Considère un système constitué de deux solides S_1 de masse m_1 et S_2 de masse m_2 tel que : $m_2 = 3m_1$. (Celui de la figure ci-dessus)

1. Exprime les rapports $\frac{m_2}{m_1}$ et $\frac{GG_1}{GG_2}$.
2. Dédus de ces rapports, une relation vectorielle entre \vec{GG}_1 et \vec{GG}_2 .
3. Etablis pour un point O quelconque, une relation entre \vec{OG} , \vec{OG}_1 et \vec{OG}_2 .

Je fais le point de l'activité

on a : $\frac{m_2}{m_1} = 3$ et $\frac{GG_1}{GG_2} = 3$, d'où $\frac{m_2}{m_1} = \frac{GG_1}{GG_2}$

$m_1 \vec{GG}_1 = m_2 \vec{GG}_2$, ce qui donne : $m_1 \vec{GG}_1 = - m_2 \vec{GG}_2$ soit $m_1 \vec{GG}_1 + m_2 \vec{GG}_2 = \vec{0}$



Soit un point O quelconque : $\vec{OG} = \frac{m_1 \vec{OG}_1 + m_2 \vec{OG}_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{OG}_1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{OG}_2$

Cette relation est une relation barycentrique.

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.

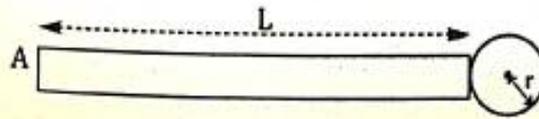
En remplaçant le point O par le point G_1 , on obtient : $\vec{G_1G} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{G_1G_2}$

J'évalue mes acquis



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 respectifs 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.



II- RÉSUMÉ DE COURS

- Un système mécanique isolé est un système qui n'est soumis à aucune force extérieure.
- Un système mécanique pseudo-isolé est un système qui est soumis à des forces extérieures qui se compensent à chaque instant.
- 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 et uniforme s'il est en mouvement.
- Dans un référentiel, le mouvement d'ensemble d'un système mécanique est celui de son centre d'inertie.
- La position du centre d'inertie d'un système de deux solides peut être établie en utilisant la relation barycentrique :

$$\vec{OG} = \frac{m_1 \vec{OG}_1 + m_2 \vec{OG}_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{OG}_1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{OG}_2$$

Le mouvement propre est le mouvement d'un point du système autre que le centre d'inertie.

III- MÉTHODES

Pour déterminer le centre d'inertie G d'un ensemble de deux solides, il faut :

- d'abord placer les centres d'inertie G_1 et G_2 respectifs du solide (S_1) et du solide (S_2) ;
- ensuite établir ou utiliser la relation barycentrique.

$$\vec{OG} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{OG}_1 + \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{OG}_2 ;$$

- faire coïncider l'origine O à l'un des centres d'inertie G_1 ou G_2 pour annuler des vecteurs ;

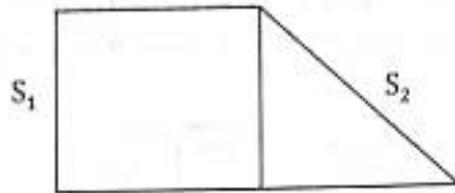
(on obtient alors une relation vectorielle simple comme ceci $\vec{G}_1\vec{G} = \frac{n}{p} \vec{G}_1\vec{G}_2$)

- Partager le segment G_1G_2 en p parties et placer G à la n nième partie.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 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.

Exercice 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.



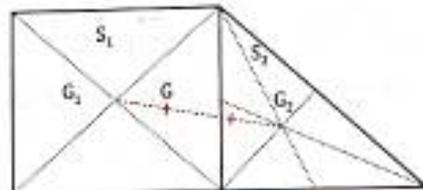
Détermine la position du centre d'inertie de cette molécule à l'échelle 1 cm pour 25 pm ($1 \text{ pm} = 10^{-2} \text{ m}$).
Les masses molaires atomiques sont : $M_{\text{H}} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$. $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Résolution de l'exercice 1

En observant la figure, on remarque que $m_1 = 2m_2$, d'où $\vec{G}_1\vec{G} = \frac{1}{3} \vec{G}_1\vec{G}_2$.

Commentaire :

On divise le segment G_1G_2 en trois et on prend le $1/3$ à partir de G_1 pour placer G . on pouvait aussi placer G à partir de G_2 , il serait placé à $2/3$ de G_2G_1 .



Résolution de l'exercice 2

Nous savons que G est tel que : $\vec{G}_H\vec{G} = \frac{m(\text{Cl})}{m(\text{H}) + m(\text{Cl})} \vec{G}_H\vec{G}_{\text{Cl}}$

$$\text{Or } m(\text{H}) = \frac{M(\text{H})}{N_A} \text{ et } m(\text{Cl}) = \frac{M(\text{Cl})}{N_A}$$

$$\vec{G}_H\vec{G} = \frac{M(\text{Cl})}{M(\text{H}) + M(\text{Cl})} \vec{G}_H\vec{G}_{\text{Cl}}$$

Avec les valeurs, on a $G_HG = 0,983 \times 127,4 \text{ pm}$, donc $G_HG = 125,2 \text{ pm}$

Commentaire :

Le centre d'inertie G de la molécule de chlorure d'hydrogène est placé à 125,2 pm du centre d'inertie de l'atome d'hydrogène.

Pour le représenter, mesure 0,2 cm à partir de H.



V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Définis:

- un système isolé ;
- un système pseudo-isolé.

2 Pour chacune des propositions suivantes :

- le centre d'inertie d'un solide homogène triangulaire est le point de concours de ses médianes ;
- la Terre est un système isolé ;
- le centre d'inertie d'un solide hétérogène rectangulaire est le point de concours de ses diagonales ;
- un solide enfermé dans une enceinte est isolé ;
- un mobile qui n'est soumis à aucune force est un système pseudo-isolé ;
- si les forces appliquées à un corps se compensent, ce corps est un système pseudo-isolé, recopie le numéro de la proposition et écris à la suite la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

3 Mets en ordre les mots et expressions ci-dessous de sorte à obtenir une phrase correcte en rapport avec la leçon sur le centre d'inertie.

au repos / s'il est en mouvement / d'un système isolé / le centre d'inertie / mouvement rectiligne uniforme / a un/ reste / ou pseudo-isolé: / Dans / s'il est initialement au repos. / un référentiel galiléen,

4 Un mobile autoporteur lancé et abandonné sur une table à coussin d'air horizontale marque la position de son centre d'inertie toutes les 10 ms entre deux points consécutifs distants de 15 cm.

- Indique la nature du mouvement du palet.
- Détermine la vitesse du centre d'inertie du palet.
- Dis si cette vitesse est la même pour un point situé hors de l'axe du palet.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

5 Parmi les gaz d'échappement des véhicules, il s'en trouve un, très toxique, qui favorise le réchauffement climatique: le monoxyde de carbone CO dont la molécule est représentée ci-dessous.



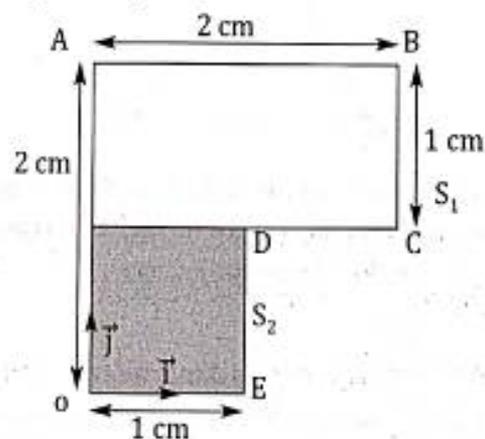
La distance entre les atomes de carbone et d'oxygène dans la molécule CO est de 113 pm.

On donne : $M(C) = 12 \text{ g/mol}$ et $M(O) = 16 \text{ g/mol}$;
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Détermine la position du centre d'inertie de cette molécule à partir de l'atome de carbone.

6 Dans une salle de dessin d'un centre de formation professionnelle, un élève utilise une pièce à usiner à la forme d'une équerre qui est découpée en deux parties comme indiquée sur la figure ci-après. La pièce est découpée dans une plaque métallique

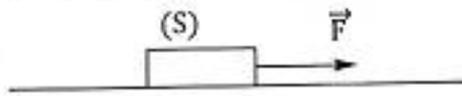
homogène d'épaisseur constante.



- Reproduis la figure et place les centres d'inertie G_1 et G_2 de S_1 et S_2 .
- Déduis-en leurs coordonnées dans le repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) .
- Détermine les coordonnées du centre d'inertie G de la pièce dans le repère orthonormé (O, \vec{i}, \vec{j}) .
- Place G sur la figure.

Situations d'évaluation

7. Au cours d'une évaluation, votre professeur désire tester vos acquis sur le principe de l'inertie. Il schématise au tableau la figure ci-dessous.



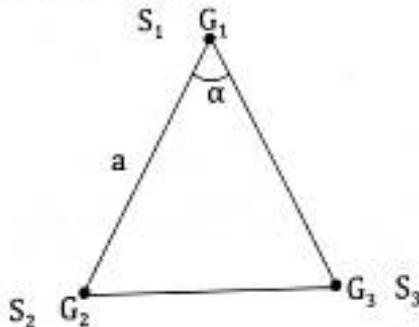
Le solide (S) de masse m se déplace à la vitesse constante sous l'action d'une force constante, horizontale \vec{F} .

On donne : $g = 10 \text{ N/kg}$; $m = 300 \text{ g}$; $F = 4 \text{ N}$.

Il vous est demandé de déterminer l'intensité R de la réaction du sol sur le solide.

- 1- Énonce le principe de l'inertie.
- 2- Fais le bilan des forces extérieures qui agissent sur le solide.
- 3- Détermine, en appliquant le principe de l'inertie, l'intensité de la réaction \vec{R} de la piste sur le solide.

8. Au cours d'un concours d'excellence organisé par le conseil d'enseignement de Physique-Chimie, votre professeur vous propose le schéma ci-dessous constitué de trois solides.



Ces trois solides ponctuels, S_1 , S_2 et S_3 de masses respectives m_1 , m_2 et m_3 , qui forment un triangle isocèle en S_1 sont tels que :

$$m_2 = m_3 = \frac{m_1}{2}.$$

G_1 , G_2 et G_3 sont les centres d'inertie respectifs de S_1 , S_2 et S_3 . Il vous est demandé de déterminer le centre d'inertie du système de ces trois solides.

Soit G' le centre d'inertie du système formé par S_1 , S_2 et S_3 .

Données : $\alpha = 30^\circ$; $G_1G_2 = 30 \text{ cm}$.

- 1- Indique en te justifiant, la position du centre d'inertie G du système $\{S_2 ; S_3\}$.
- 2- Exprime $G'G$ en fonction de α et a .
- 3- Calcule $G'G$.

9. Au cours d'un concours d'excellence « Super Crack » à l'intention des élèves de 2^{de} C, chaque élève doit déterminer la position du centre d'inertie de la barre représentée ci-dessous.



La barre est constituée pour moitié d'aluminium de masse volumique $\mu_1 = 2,7 \text{ g/cm}^3$ et pour l'autre moitié de cuivre de masse volumique $\mu_2 = 8,9 \text{ g/cm}^3$. La longueur de la barre est $L = 40 \text{ cm}$. La section de la barre est $S = 1 \text{ cm}^2$. Prenant part à cette compétition, tu es sollicité(e) pour donner ta solution.

- 1- Calcule le rapport $\frac{m_1}{m_2}$ des masses d'aluminium et de cuivre.
- 2- Détermine la position du centre d'inertie G du système par rapport au point O , extrémité de la barre.
- 3- Détermine la masse de la bille, pratiquement ponctuelle, qu'il faudra coller en O pour que le nouveau centre d'inertie G' de l'ensemble soit au milieu de la barre.

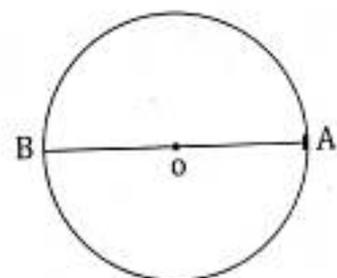
10. Aminata, élève en classe de seconde C, accompagne son père réparer la roue de sa voiture dans un garage de la place.

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 $m_2 = 60 \text{ g}$ 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 $AB = 406 \text{ mm}$ et de masse $m_1 = 9,20 \text{ kg}$.

Tu es invité(e) 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- Applique la relation barycentrique à la jante et à la plaquette affectées de leurs masses respectives.
- 3- 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.
- 4- Détermine la position G_1 à laquelle le centre d'inertie de la jante avait été déplacé, par rapport au point O .

11 En vue de vérifier le principe de l'inertie, chaque groupe d'élèves de ta classe effectue un enregistrement au laboratoire de Physique-Chimie du lycée, sous la supervision du professeur.

Le système étudié est un ensemble de deux palets S_A et S_B de centres d'inertie respectifs A et B , de masses respectives m_A et m_B telles que $m_A = 2m_B$, reliés par un fil élastique de masse négligeable.

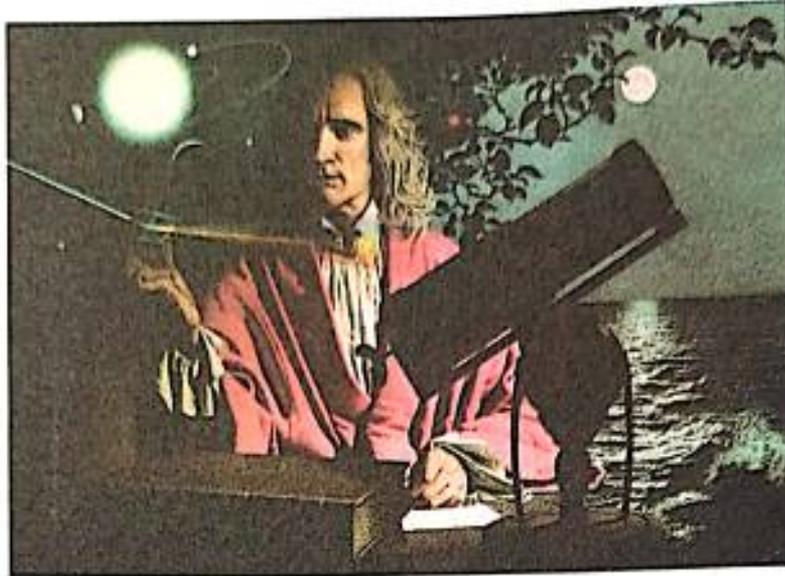
Les élèves lancent le système sur une table à coussin d'air où les forces de frottement sont négligeables. Le dispositif d'enregistrement permet de repérer les positions des centres d'inertie A (A_0, A_1, A_2, \dots) et B (B_0, B_1, B_2, \dots) des palets S_A et S_B à intervalles de temps égaux τ (voir schéma ci-après à l'échelle). Tu es désigné pour présenter le travail de ton groupe.



- 1- Définis un système isolé et un système pseudo-isolé.
- 2- Explique si chaque palet pris individuellement est un système pseudo-isolé.
- 3- Détermine :
 - 3.1 les positions du centre d'inertie G (G_0, G_1, G_2, \dots) du système constitué par les deux palets ;
 - 3.2 la nature du mouvement du centre d'inertie de ce système à partir de l'enregistrement obtenu.
- 4- Dédus-en le principe de l'inertie.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

PRINCIPE DE L'INERTIE D'ISAAC NEWTON ISAAC NEWTON (1642-1727)



Mathématicien, physicien et astronome anglais, il est le fondateur de la mécanique classique. L'ensemble des connaissances en mécanique est synthétisé et enrichi dans son œuvre : *philosophiae naturalis principia mathematica*, qu'il publie en 1687. Il donne une forme logique parfaite à la mécanique, qui repose sur trois lois :

- le principe de l'inertie : tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui et ne le contraigne à changer d'état ;
- le principe fondamental de la dynamique ;
- le principe de l'action et de la réaction.

Ces trois lois ont bouleversé le monde et hisser la mécanique au-delà de ses frontières d'alors. Grâce à ces lois, on peut expliquer le mouvement des projectiles, le mouvement des planètes autour du Soleil, le mouvement des satellites autour de la Terre, les marées etc.

TABLEAU DES HABILETÉS ET DES CONTENUS

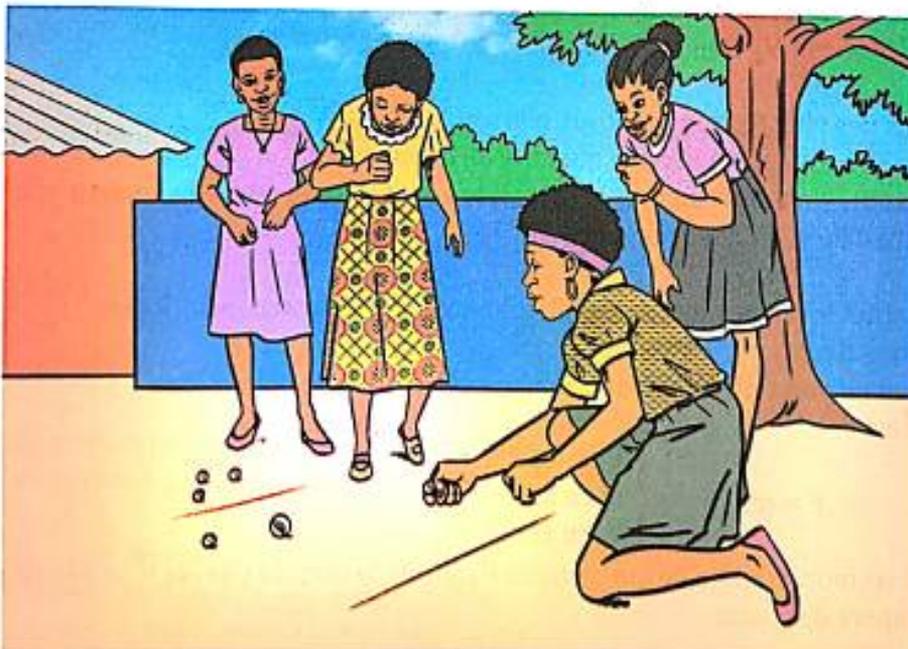
HABILETÉS	CONTENUS
Définir	le vecteur- quantité de mouvement.
Connaître	l'unité de quantité de mouvement.
Déterminer	les caractéristiques du vecteur-quantité de mouvement.
Représenter	le vecteur-quantité de mouvement.
Connaître	la loi de conservation du vecteur-quantité de mouvement.
Appliquer	la conservation du vecteur-quantité de mouvement.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Vecteur quantité de mouvement
- L'unité de quantité de mouvement
- Loi de conservation du vecteur quantité de mouvement

SITUATION D'APPRENTISSAGE

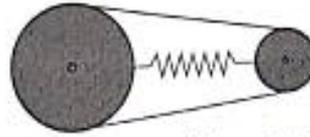
Une élève en classe de 2^{de} C d'un Lycée assiste à une partie de jeu de billes. Elle constate que lorsqu'une petite bille frappe de plein fouet une grosse bille immobile, cette dernière reste immobile ou se déplace faiblement, tandis que la petite bille recule nettement. Elle partage ces observations avec ses camarades de classe. L'un d'eux demande ce qui se passerait si ces deux billes étaient lancées l'une contre l'autre. Afin de répondre à cette question et expliquer les observations faites par leur camarade, les élèves décident, sous la conduite 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.



I- ACTIVITÉS

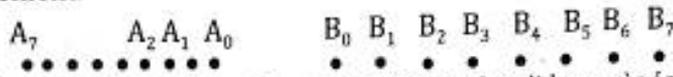
ACTIVITÉ 1 : METTRE EN ÉVIDENCE EXPÉRIMENTALEMENT LE PRODUIT M.V

Tu disposes sur une table à coussin d'air horizontale, de deux (2) solides autoporteurs A et B de masses $m_A = 2 m_B$ reliés, par deux (2) fils et un ressort (voir document 1).



Document 1 : Deux solides autoporteurs reliés

- Indique si le système est isolé ou non.
- Tu brûles les deux fils d'attache du système immobile.
Note tes observations.
- Relève à intervalles de temps réguliers $\tau = 60$ ms, l'enregistrement des positions des solides (1) et (2) sur un document (doc.2).
- Détermine les vitesses des centres d'inertie des solides A et B puis la valeur des produits $m_1 v_A$ et $m_2 v_B$.
- Définis la quantité de mouvement.



Document 2 : Enregistrement des positions des centres d'inertie de solides après éclatement.

Je fais le point de l'activité

Les deux solides sont pseudo -isolés.

Lorsqu'on brûle le fil, on observe un éclatement du système. Les solides A et B partent dans des sens opposés. Le plus lourd (solide A) a une vitesse plus faible que le moins lourd (solide B). La trajectoire du centre d'inertie de chaque solide est rectiligne et les points sont équidistants : les deux solides sont donc animés d'un mouvement rectiligne et uniforme comme prévu par le principe de l'inertie.

- Les expressions des vitesses de chaque solide sont:

$$\vec{V}_{GA} = \frac{\vec{A_0 A_2}}{2\tau}, \quad \vec{V}_{GB} = \frac{\vec{B_1 B_3}}{2\tau}$$

En faisant le rapport de leurs intensités, on obtient : $\frac{V_{GA}}{V_{GB}} = \frac{A_0 A_2}{B_1 B_3} = 0,5 ; \frac{m_A}{m_B} = 0,5 ;$

alors $\frac{V_{GA}}{V_{GB}} = \frac{m_B}{m_A}$, donc $m_A V_{GA} = m_B V_{GB}$.

Comme les sens des vitesses sont opposés, alors $m_A \vec{V}_{GA} = - m_B \vec{V}_{GB}$.

Posons : $\vec{P} = m\vec{V}$. \vec{P} est appelé vecteur quantité de mouvement.

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.

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

L'unité de quantité de mouvement est le kilogramme mètre par seconde (kg.m.s^{-1})

Caractéristiques de \vec{P}

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

La valeur de \vec{P} est :

$$P = mV_G \text{ avec } \begin{cases} P \text{ en } \text{kg.m.s}^{-1} ; \\ m \text{ en } \text{kg} ; \\ V_G \text{ en } \text{m.s}^{-1} . \end{cases}$$

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

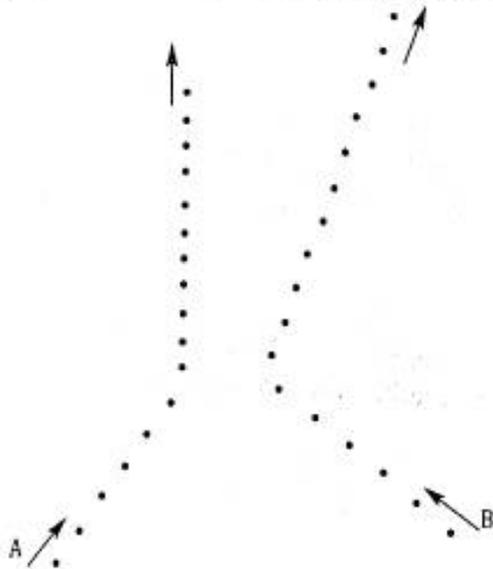
J'évalue mes acquis



Calcule la quantité de mouvement d'une automobile de masse $m = 900 \text{ kg}$ lancée à la vitesse $V = 108 \text{ km.h}^{-1}$.

ACTIVITÉ 2 : DÉTERMINER LES CARACTÉRISTIQUES DU VECTEUR-QUANTITÉ DE MOUVEMENT D'UN SYSTÈME CONSTITUÉ DE DEUX SOLIDES PSEUDO-ISOLÉS

Deux mobiles autoporteurs A et B de masses respectives $m_A = 100 \text{ g}$ et $m_B = 50 \text{ g}$ sont lancés l'un vers l'autre (document 3). Avant le choc, les mobiles sont pseudo-isolés, leurs mouvements sont rectilignes et uniformes. Les positions successives des centres d'inertie des deux mobiles sont repérées à des intervalles de temps réguliers $\tau = 40 \text{ ms}$. On obtient l'enregistrement du document 4



Document 4 : Enregistrement du choc entre deux solides pseudo-isolés



Document 3 : Choc entre deux mobiles autoporteurs sur table à coussin d'air

- 1- Reproduis le document 4 et place le centre d'inertie du système, noté G à chaque instant.
- 2- Détermine la nature du mouvement de A, de B et de G avant et après le choc.
- 3- Détermine les vitesses de A, de B et de G avant et après le choc.
- 4- Détermine les valeurs des quantités de mouvement du mobile A, du mobile B et du système formé par les deux mobiles avant et après le choc.
- 5- Trace les vecteurs quantité de mouvement du mobile A, du mobile B et du système formé par les deux mobiles avant et après le choc.
- 6- Compare les vecteurs quantité de mouvement avant et après le choc.
- 7- Conclus.

Je fais le point de l'activité

La position du centre d'inertie G du système {A+B} est donnée par la relation barycentrique :

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

$$\text{soit } O = A, \text{ d'où } \vec{AG} = \frac{m_B}{m_A + m_B} \vec{AB}$$

$$\frac{m_B}{m_A + m_B} = \frac{1}{3}, \text{ d'où } \vec{AG} = \frac{1}{3} \vec{AB}$$

Système	Avant le choc (t_1)			Après le choc (t_2)		
	$v(\text{m/s})$	$P(\text{kg.m/s})$	(\vec{P})	$v'(\text{m/s})$	$P'(\text{kg.m/s})$	(\vec{P}')
A (100g)	0,312	0,0312	3,12 cm	0,212	0,0212	2,12 cm
B (50g)	0,362	0,0181	1,81 cm	0,275	0,0137	1,37 cm
(A+B)	0,237	0,0355	3,55 cm	0,237	0,0355	3,55 cm

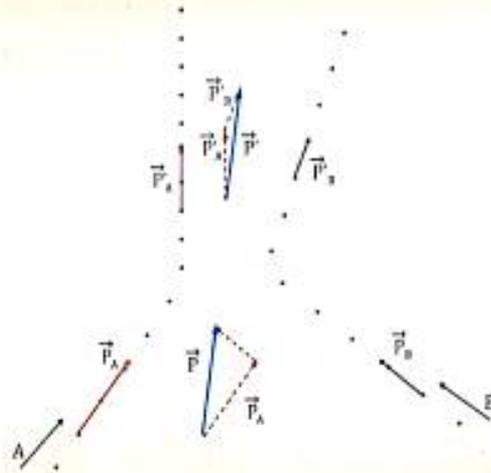
On constate que : Avant et après le choc, on a toujours :

$$\vec{P} = \vec{P}_A + \vec{P}_B, \text{ ce qui implique alors } (m_A + m_B)\vec{V}_G = m_A\vec{V}_A + m_B\vec{V}_B.$$

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

$$\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 \text{ soit } (m_1 + m_2)\vec{V}_G = m_1\vec{V}_{G1} + m_2\vec{V}_{G2}$$



J'évalue mes acquis



Deux palets A et B se déplacent respectivement aux vitesses $v_A = 0,20 \text{ m/s}$ et $v_B = 0,4 \text{ m/s}$ sur une table à coussin d'air, muni d'un repère $(O; \vec{i})$, en sens inverses. Les palets se déplacent suivant l'axe $(O; \vec{i})$ et elles se heurtent de plein fouet. Après collision, ils restent accrochés et l'ensemble évolue à la vitesse $v = 0,2 \text{ m/s}$. On donne : $m_A = 400 \text{ g}$ et $m_B = 800 \text{ g}$.



- 1- Détermine les coordonnées du vecteur quantité de mouvement de chaque palet avant le choc dans le repère $(O; \vec{i})$.
- 2- Fais la somme de ces deux vecteurs quantité de mouvement.
- 3- Détermine les coordonnées du vecteur quantité de mouvement du système $\{A, B\}$ après le choc dans le même repère.
- 4- Compare la somme des quantités de mouvement de A et B à la quantité de mouvement du système $\{A, B\}$ après le choc. Conclue.

ACTIVITÉ 3 : MONTRER LA CONSERVATION DE LA QUANTITÉ DE MOUVEMENT D'UN SYSTÈME ISOLÉ OU PSEUDO-ISOLÉ :

Utilise le même enregistrement du document 4.

- 1- Représente le vecteur-quantité de mouvement \vec{P} du système avant le choc puis le vecteur-quantité de mouvement \vec{P}' du système après le choc.
- 2- Compare leur direction, sens et norme.
- 3- Conclue.

Je fais le point de l'activité

Les vecteurs quantités de mouvement \vec{P} avant le choc et \vec{P}' après le choc ont la même direction, le même sens et la même valeur : le vecteur quantité de mouvement se conserve donc avant et après un choc.

Conclusion

Le vecteur-quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé, déformable ou non se conserve. \vec{P} (après) le choc = \vec{P} (avant) le choc.

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

J'évalue mes acquis



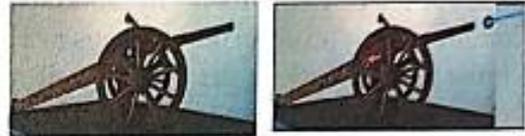
Deux voitures A et B se déplacent respectivement à la vitesse $v_A = 0,25 \text{ m/s}$ et $v_B = 0,20 \text{ m/s}$ sur une même voie rectiligne en sens inverses. Elles se heurtent de plein fouet. Après collision, elles restent accrochées. On donne : $m_A = 300 \text{ g}$ et $m_B = 900 \text{ g}$. Les frottements sont négligeables.

- 1- Calcule la quantité de mouvement de chacune des voitures A et B avant le choc.
- 2- Compare ces deux valeurs puis déduis le sens dans lequel se déplace le système après le choc.
- 3- Donne les expressions du vecteur-quantité de mouvement du système {A, B} avant et après le choc.
- 4- Détermine la vitesse V du système après le choc.

ACTIVITÉ 4 : APPLIQUER LA LOI DE CONSERVATION AU REcul D'UNE ARME À FEU

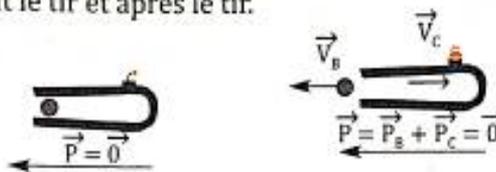
Un canon de masse $M = 1 \text{ tonne}$ éjecte un boulet de masse $m = 10 \text{ kg}$ à la vitesse $V = 1000 \text{ ms}^{-1}$.

- 1- Indique le sens du mouvement du canon observé après éjection du boulet.
- 2- Détermine la vitesse de recul du canon.



Je fais le point de l'activité

- 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 {boulet + canon} est au repos avant le tir, donc la quantité de mouvement du système est nulle : $\vec{P} = (m+M) \vec{V}_c = \vec{0}$

Les forces de frottement sont supposées négligeables. Le système est pseudo-isolé. (son poids est compensé par la réaction du sol)

La quantité de mouvement est conservée. : $\vec{P} = (m+M) \vec{V}_c = m\vec{v}_B + M\vec{v}_C = \vec{0}$

Après le tir, la quantité de mouvement du système {boulet + canon} reste nulle.

$$\vec{0} = m\vec{v}_B + M\vec{v}_C \quad \vec{v}_C = -\frac{m}{M}\vec{v}_B$$

Le boulet et le canon vont en sens inverse ; le canon recule.

$$v_C = \frac{m}{M} v_B \quad \text{A.N. } v_C = 1000 \times \frac{10}{1000} = 10 \text{ m.s}^{-1}$$

II- RÉSUMÉ DE COURS

- Le vecteur quantité de mouvement d'un système mécanique est le produit de sa masse par le vecteur vitesse de son centre d'inertie : $\vec{P} = m\vec{V}$. Sa valeur est $P = mV$ et son unité est le kilogramme mètre par seconde (kg.m. s^{-1}).
- Le vecteur quantité de mouvement \vec{P} d'un système de deux solides est égal à la somme des vecteurs quantité de mouvement de chaque solide.
 $\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 ; (m_1 + m_2)\vec{V}_G = m_1\vec{V}_{G1} + m_2\vec{V}_{G2}$
- Le vecteur quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé, déformable ou non se conserve. $\vec{P}(\text{après}) = \vec{P}(\text{avant})$.

III- MÉTHODES

Pour l'étude des chocs :

- écris les vecteurs quantité de mouvement des deux systèmes avant le choc ;
- écris les vecteurs quantité de mouvement des deux systèmes après le choc ;
- utilise la loi de conservation de la quantité de mouvement ;
- projette la relation vectorielle obtenue dans un repère.

IV- EXERCICES RÉVOLUS

Exercice 1

Un objet immobile de masse $M = 12 \text{ kg}$, contenant des explosifs, se sépare en deux fragments. Juste après l'explosion, les deux fragments ont des vitesses respectives de $v_1 = 25 \text{ m/s}$ et $v_2 = 50 \text{ m/s}$.

On suppose les frottements négligeables.

- 1- Comment sont les directions et sens des deux vecteur-vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_2 ?
- 2- Donne les expressions des quantités de mouvement \vec{P} avant et \vec{P}' après l'explosion.
- 3- Détermine à partir de la conservation de la quantité de mouvement, les masses m_1 et m_2 des fragments.
- 4- Calcule la quantité de mouvement de chaque fragment.

Exercice 2

Réarrange les mots, groupes de mots et l'expression ci-dessous de sorte à construire une phrase en rapport avec la conservation de la quantité de mouvement.

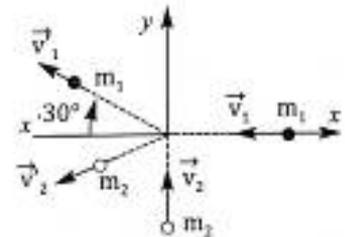
pseudo-isolé / quantité de mouvement / Le vecteur / isolé ou / d'un système / $\vec{P}_{\text{avant}} = \vec{P}_{\text{après}}$ / se conserve

Exercice 3

Un corps A de masse $m_1 = 3 \text{ kg}$ se déplace à la vitesse $v_1 = 6 \text{ m/s}$. Un corps B de masse $m_2 = 1,5 \text{ kg}$ se déplace à la vitesse $v_2 = 4 \text{ m/s}$. Les deux corps se rencontrent. Après le choc, le corps A a une vitesse $v_1' = 5 \text{ m/s}$ et le corps B, une vitesse \vec{v}_2' (voir figure ci-contre). On suppose les frottements négligeables.

Détermine :

- 1- l'angle entre l'axe (x'x) et \vec{v}_2' ;
- 2- la valeur de la vitesse \vec{v}_2' de B après le choc.



Résolution de l'exercice 1

1- Les deux vecteurs-vitesse ont la même direction mais des sens opposés.

Avant l'explosion : $\vec{P} = M\vec{v} = \vec{0}$ et après le choc : $\vec{P}' = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$

2- Expression des quantités de mouvement :

3- Masse de chaque fragment :

D'après la loi de la conservation, $\vec{P} = \vec{P}'$, on tire $m_1\vec{v}_1 = -m_2\vec{v}_2$

$m_1 = 2m_2$ et comme $m_1 + m_2 = M = 10 \text{ kg}$, on obtient $3m_2 = 12 \text{ kg}$ donc $m_2 = 4 \text{ kg}$; $m_1 = 8 \text{ kg}$

4- Quantité de mouvement de chaque fragment.

$P_1 = m_1v_1 = 200 \text{ kg.m.s}^{-1}$ et $P_2 = m_2v_2 = 200 \text{ kg.m.s}^{-1}$.

Commentaire :

- Savoir que l'objet est pseudo isolé, d'après le principe de l'inertie après son explosion, le centre d'inertie des deux fragments doit avoir un mouvement rectiligne uniforme.
- Choisir un axe de projection des vecteurs-vitesse pour tirer la relation $m_1\vec{v}_1 = -m_2\vec{v}_2$ en y insérant les valeurs de V_1 et V_2 , on obtient $m_1 = 2V_2$.
- Savoir que $M = m_1 + m_2 = 12 \text{ kg}$.

Résolution de l'exercice 2

Le vecteur quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé se conserve : $\vec{P}_{\text{avant}} = \vec{P}_{\text{après}}$

Commentaire :

Se rappeler qu'une phrase commence par une lettre majuscule et se termine par un point.

Résolution de l'exercice 3

Avant le choc : la quantité de mouvement du système est $\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$.

Après le choc : $\vec{P}' = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$.

Les corps A et corps B sont isolés avant et après le choc.

La quantité de mouvement se conserve : $\vec{P} = \vec{P}'$

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}'_1 + m_2\vec{v}'_2$$

Par projection sur l'axe (O, x) :

$$-m_1v_1 + 0 = -m_1v'_1\cos 30^\circ - m_2v'_2\cos\alpha$$

$$m_2v'_2\cos\alpha = m_1v_1 - m_1v'_1\cos 30^\circ \quad (1)$$

Par projection sur l'axe (O, y) :

$$0 + m_2v_2 = m_1v'_1\sin 30^\circ - m_2v'_2\sin\alpha$$

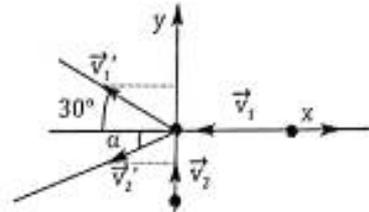
$$m_2v'_2\sin\alpha = m_1v'_1\sin 30^\circ - m_2v_2 \quad (2)$$

$$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \tan\alpha = \frac{m_1v'_1\sin 30^\circ - m_2v_2}{m_1v_1 - m_1v'_1\cos 30^\circ}$$

$$\text{A.N. } \tan\alpha = \frac{3 \times 5\sin 30^\circ - 1,5}{4} = 0,29940; \quad \alpha = \tan^{-1}(0,29940) = 16,67^\circ$$

$$2 \cdot (2) \Rightarrow v'_2 = \frac{m_1v'_1\sin 30^\circ - m_2v_2}{m_2\sin\alpha}$$

$$\text{A.N. } v'_2 = \frac{3 \times 5\sin 30^\circ - 1,5}{4} = 3,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

**Commentaire :**

Exercice complexe. Pour le résoudre, suivre la démarche ci-dessous.

Faire une représentation qualitative des vecteurs-vitesse dans le repère (O, x, y) en ramenant les vecteurs \vec{v}'_1 et \vec{v}'_2 à l'origine des axes. Faire la projection sur les axes (O, x) et (O, y). Ne pas oublier l'orientation de l'axe (O, x) dans la projection. Rechercher l'expression littérale de $\tan\alpha$ en fonction des données du texte. Déduire l'expression littérale de v'_2 en fonction des données du texte et de α .

V- JE M'EXERCE*Exercices de fixation/ Application*

1 Recopie et complète les phrases ci-dessous par les mots ou expressions qui conviennent.

- 1- Le vecteur quantité de mouvement d'un solide est égal au produit de sa par le de son centre d'inertie.
- 2- La quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé est
- 3- Le vecteur quantité de mouvement d'un système de deux solides est égal à la des de chaque solide.

2 Une bille de masse $m = 0,2 \text{ kg}$ décrit une trajectoire circulaire dans le sens des aiguilles d'une montre avec une vitesse constante $v = 10 \text{ m/s}$.

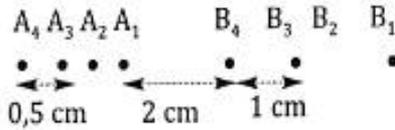
- 1- Calcule sa quantité de mouvement.
- 2- Donne les caractéristiques de son vecteur-quantité de mouvement.
- 3- Représente son vecteur-quantité de mouvement à l'échelle : $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}$.

3 Un train de 20 tonnes roulant à la vitesse de 9 km/h sur une voie horizontale heurte un autre train de 30 tonnes roulant à $3,6 \text{ km/h}$ en sens inverse. On considère les deux trains pseudo-isolés.

- 1- Détermine le sens du mouvement après accrochage.
- 2- Détermine la vitesse de l'ensemble après accrochage.

Exercices de renforcement / Approfondissement

4 L'enregistrement ci-dessous représente les différentes positions de deux mobiles autoporteurs identiques de masse $m = 610$ g, animés d'un mouvement rectiligne sur une table horizontale. Les positions étant repérées à intervalles de temps réguliers ($\tau = 40$ ms). Après le choc, les deux mobiles restent accrochés l'un à l'autre.



- 1- Donne la nature du mouvement de chaque mobile
- 2- Calcule la vitesse de chaque mobile.
- 3- Détermine la quantité de mouvement du système formé par les deux mobiles.
- 4- Détermine, en considérant que la quantité de mouvement se conserve, la vitesse du centre d'inertie de l'ensemble.

5 Une boîte de masse $M = 2$ kg, contenant des explosifs, se sépare en deux fragments. Juste après l'explosion, les deux fragments ont des vitesses

respectives de $V_1 = 2$ m/s et $V_2 = 5$ m/s.

- 1- Donne les expressions des quantités de mouvement \vec{P} avant et \vec{P}' après l'explosion.
- 2- A partir de leur conservation, détermine la masse de chaque fragment.
- 3- Détermine la quantité de mouvement P_1 de l'ensemble des deux fragments.

6 Un palet D_1 de masse $m_1 = 200$ g, se déplaçant sur une table à coussin d'air horizontale, heurte un autre palet D_2 immobile de masse $m_2 = 300$ g. Après le choc, D_1 est dévié de 40° par rapport à son vecteur vitesse. La vitesse du centre d'inertie de D_1 est de $v' = 0,4$ m/s avant le choc et de $v_1 = 0,2$ m/s après le choc.

- 1- Détermine la quantité de mouvement \vec{P} et \vec{P}' du palet D_1 respectivement avant et après le choc.
 - 2- Représente les vecteurs quantité de mouvement du palet D_1 avant et après le choc.
- Échelle: $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,02 \text{ kgm.s}^{-1}$
- 3- Détermine graphiquement la direction et la vitesse \vec{v}_2 du palet D_2 après le choc.
 - 4- Retrouve ces résultats par la méthode analytique.

Situations d'évaluation

7 Ton ami Yao, un élève de 2^{de} C accompagne son père à un concours d'adresse. Son père tire son arme à feu. Une balle de masse $m = 28$ g, quitte le canon avec une vitesse $v = 400$ m/s. L'arme à feu a une masse $M = 2$ kg.

Juste après le tir, Yao constate un mouvement de recul de son père. Yao te demande de lui expliquer ce recul.

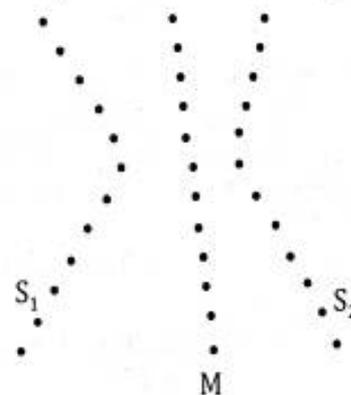
- 1- Donne la valeur de la quantité de mouvement de la balle puis de l'arme à feu avant le tir.
- 2- Calcule la quantité de mouvement de la balle après le tir.
- 3- Justifie le mouvement de recul du père de Yao.
- 4- Détermine la valeur V de la vitesse de recul du canon.

8 Au lendemain d'une séance de travaux pratiques effectués avec ses élèves de la classe de seconde, le professeur de Physique-Chimie décide de vérifier l'acquisition des connaissances de ces derniers. Pour ce faire, il distribue à chacun d'eux le document ci-après ; c'est un enregistrement des positions de deux solides S_1 et S_2 en mouvement, de masses respectives $m_1 = 710$ g et $m_2 = 1070$ g. Les deux mobiles lancés sur une table à coussin

d'air, se sont heurtés à un moment donné avant de continuer leurs mouvements. Les positions ont été repérées à intervalles de temps successifs égaux $\tau = 40$ ms.

Le professeur a indiqué préalablement sur l'enregistrement, les positions d'un point M du système formé par les deux solides S_1 et S_2 .

En tant qu'élève de la classe, tu dois montrer au professeur que tu sais appliquer la loi de conservation du vecteur-quantité de mouvement.



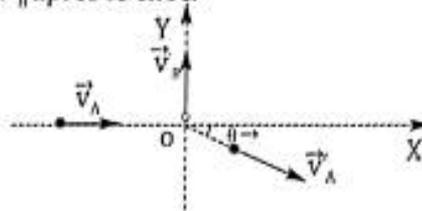
1. Dis ce que représente le point M pour le système formé par les solides S_1 et S_2 .
2. Détermine :

- 2.1 la valeur du vecteur-quantité de mouvement \vec{P} du système formé par les solides avant le choc;
- 2.2 la valeur du vecteur-quantité de mouvement \vec{P}' du système formé par les solides après le choc.
3. Représente le vecteur quantité de mouvement du système formé par les solides après le choc.
4. Dédus des questions précédentes que le vecteur quantité de mouvement du système se conserve.

9 Au cours de la préparation d'un devoir de physique, votre professeur propose un exercice dans lequel les grandeurs physiques seront déterminées à partir de l'enregistrement d'un choc entre deux palets A et B sur une table à coussin d'air. Le palet A de masse m_A en mouvement rectiligne et uniforme de vitesse \vec{v}_A vient heurter le palet B, immobile, de masse m_B . Après le choc, les deux palets empruntent des directions différentes avec des vecteurs-vitesses

\vec{v}'_A et \vec{v}'_B .

Le vecteur-vitesse v'_B du palet B fait un angle de 90° avec l'horizontale (voir le schéma ci-dessous). Données : $v_A = 0,25 \text{ m/s}$; $m_A = 2 m_B$; $\theta = 60^\circ$. Tu t'intéresses aux valeurs des vecteurs vitesses \vec{v}'_A et \vec{v}'_B après le choc.



- 1- Donne les expressions vectorielles des quantités de mouvement de chaque palet (A et B) avant et après le choc.
- 2- Établis la relation entre $m_A, m_B, \vec{v}_A, \vec{v}'_A$ et \vec{v}'_B .
- 3- Détermine, dans le repère (O, X, Y), les coordonnées des vecteurs-vitesses \vec{v}_A, \vec{v}'_A et \vec{v}'_B .
- 4- Détermine :
 - 4.1- les expressions de \vec{v}'_A, \vec{v}'_A et θ ;
 - 4.2- les valeurs de \vec{v}'_A et \vec{v}'_B .

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

Le principe fondamental de la dynamique dit :

Les changements qui arrivent dans la quantité de mouvement d'un système sont proportionnels à la force motrice et se font dans la ligne droite où cette force a été imprimée. La traduction mathématique de cette loi est : $\frac{\Delta \vec{P}}{\Delta t} = \sum \vec{F}_{ext}$

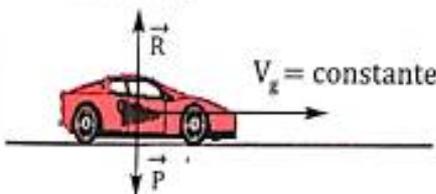
Des cas pratiques dans notre environnement du principe fondamental de la dynamique

Le vélo



En pédalant, la chaîne transmet au pneu arrière la force motrice nécessaire qui le met en rotation puis entraîne le vélo en avant.

La voiture



Dans une voiture, cette force motrice provient du moteur. Imprimée à l'arbre de transmission, elle pousse la voiture en avant.

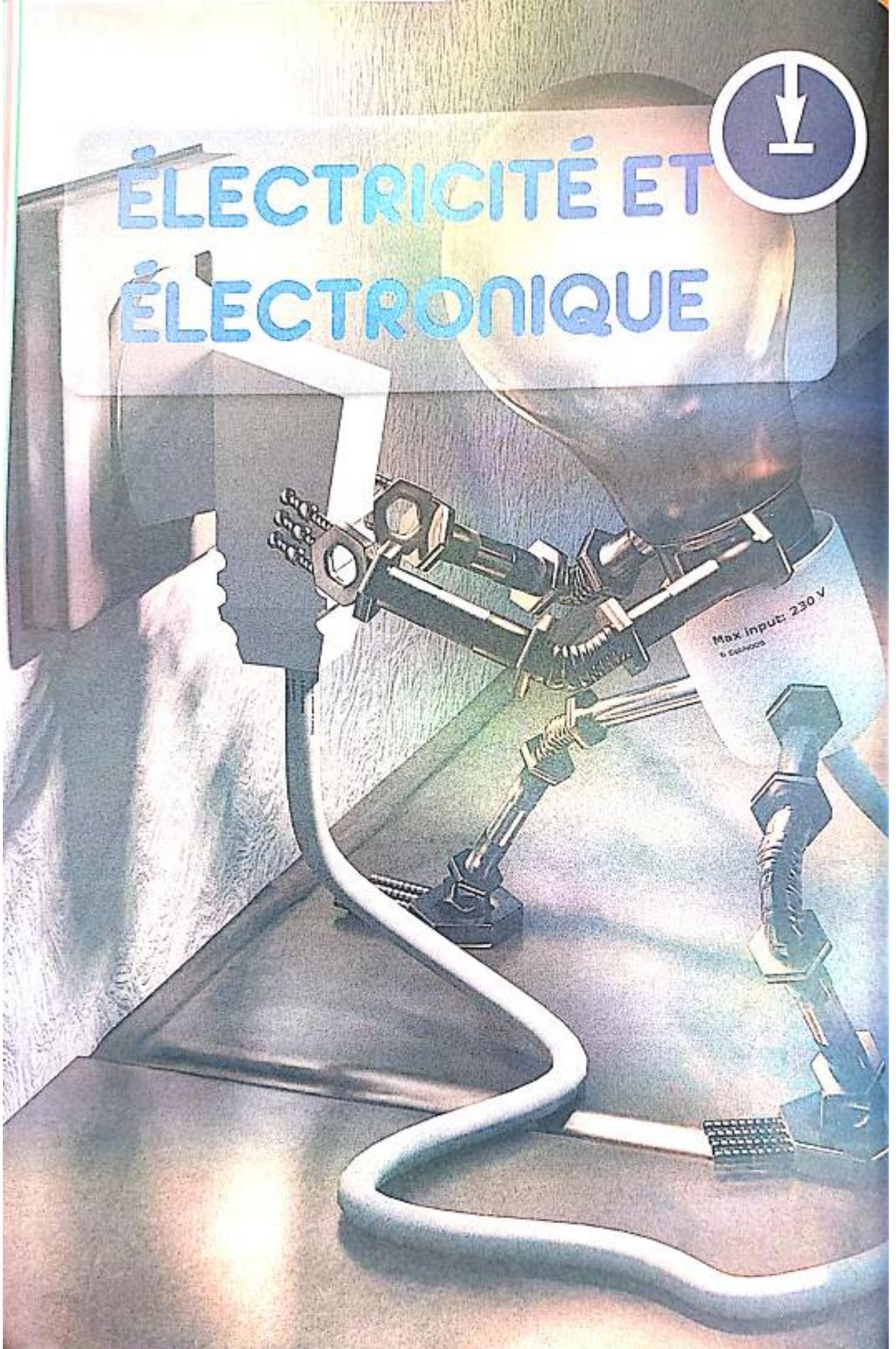
La fusée



La force motrice provient de l'éjection de gaz en arrière qui propulse la fusée.

Des gaz sont chauffés à l'intérieur d'une chambre de combustion puis éjectés par des orifices appelés tuyères. Plus la vitesse d'éjection est grande, plus la force de propulsion de la fusée dans les airs est grande.

ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE



LEÇON

7

LE COURANT ÉLECTRIQUE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	<ul style="list-style-type: none">• la nature du courant électrique dans les métaux.• la nature du courant électrique dans les électrolytes.• le sens conventionnel du courant électrique.
Représenter	le sens du courant électrique.
Expliquer	la circulation du courant électrique : <ul style="list-style-type: none">- dans les métaux ;- dans les électrolytes.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Électrons libres
- Électrolytes
- Anode et cathode
- Sens conventionnel du courant électrique
- Cations
- Anions
- Double migration d'ions

SITUATION D'APPRENTISSAGE

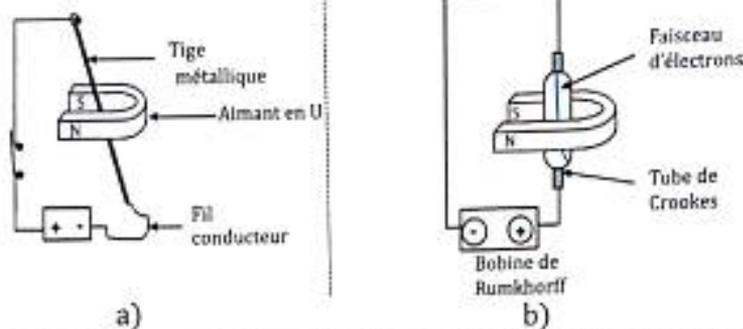
Un élève en classe de 2^{de} C a appris à travers un documentaire à la télévision que certains bracelets qu'on croit en or sont en fait plaqués en or par électrolyse d'une solution contenant des ions or. Intrigué par cette information et soucieux de comprendre cette opération, il informe ses camarades 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.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCOUVRIR LA NATURE ET LE SENS DE DÉPLACEMENT DES PORTEURS DE CHARGES DANS UN CONDUCTEUR MÉTALLIQUE

- 1- Réalise le montage schématisé ci-dessous (document 1a) ; la tige métallique est en cuivre.
 - 1- Décris tes observations quand tu fermes le circuit.
 - 2- Permute les bornes du générateur et décris tes observations.
- 11- Le document 1b représente le schéma de l'expérience réalisée par le professeur avec un tube de Crookes.
 - 1- Décris tes observations lorsque le professeur approche l'aimant du tube de Crookes puis inverse les pôles de l'aimant.
 - 2- Compare l'action de l'aimant sur le conducteur métallique et sur le faisceau.
 - 3- Dédus la nature et le sens de déplacement des porteurs de charge dans les métaux.
 - 4- Explique la circulation du courant électrique dans les métaux.
 - 5- Conclue.



Document 1 : Actions comparées d'un aimant sur un conducteur métallique et sur un faisceau d'électrons

Je fais le point de l'activité

- Lorsqu'on ferme le circuit, on observe une déviation du conducteur mobile en cuivre (Document 1 a).
- La déviation change de sens lorsqu'on permute les bornes du générateur.
- Dans le tube de Crookes, lorsqu'on approche l'aimant, on observe aussi une déviation du faisceau d'électrons (Document 1b).
- La déviation change aussi de sens comme le conducteur lorsqu'on inverse les pôles de l'aimant.
- Sous l'action d'un aimant, le conducteur métallique et le faisceau d'électrons dans le tube de Crookes sont déviés de la même manière.
- Le passage du courant dans les métaux est donc dû au déplacement des "électrons non liés" appelés électrons libres.
- Ces électrons libres ont un sens de déplacement lié aux bornes du générateur : de la borne négative vers la borne positive du générateur.

Conclusion

Dans un conducteur métallique, le passage du courant électrique est assuré par un déplacement ordonné d'ensemble des électrons libres de la borne négative vers la borne positive à l'extérieur du générateur.

J'évalue mes acquis

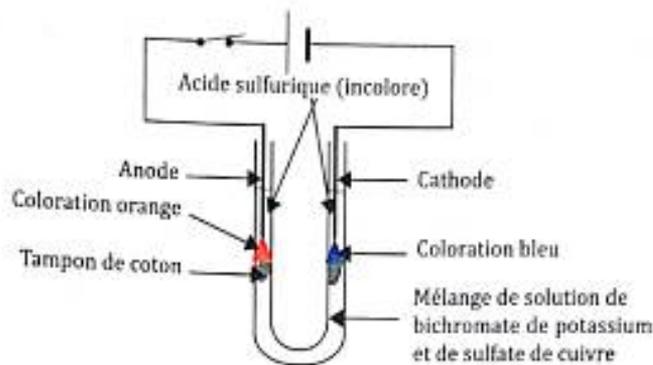


Gogbeu teste plusieurs objets (clé en fer ; bouteille en plastique ; morceau de miroir, bracelet en argent ; fil de cuivre ...) pour vérifier s'ils conduisent le courant électrique.

- 1- Relève parmi ces objets ceux qui conduisent le courant électrique.
- 2- Précise les porteurs de charges responsables de la conduction du courant électrique dans un métal.

ACTIVITÉ 2 : DÉCOUVRIR LA NATURE ET LE SENS DE DÉPLACEMENT DES PORTEURS DE CHARGES DANS UN ÉLECTROLYTE

- 1- Réalise le montage schématisé ci-dessous en mélangeant une solution de dichromate de potassium et une solution de sulfate de cuivre II convenablement préparées dans un tube en U puis en ajoutant dans chaque branche du tube, une solution diluée d'acide sulfurique.
- 2- Plonge les électrodes en carbone dans le mélange de chaque branche, ferme le circuit puis observe au bout d'un certain temps les colorations de la solution à chaque électrode.
- 3- Décris tes observations.
- 4- Dédus-en le sens de déplacement des porteurs de charge et la nature du courant électrique dans les électrolytes.



Document 2 : Nature et sens du courant électrique dans un électrolyte

Je fais le point de l'activité

Lorsqu'on ferme le circuit électrique, au bout d'un certain temps, la solution préalablement incolore d'acide sulfurique surnageante, prend :

- une coloration bleue caractéristique des ions cuivre II Cu^{2+} à la cathode ;
- une coloration orangée caractéristique des ions dichromate $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ à l'anode.

Au passage du courant électrique dans la solution, les ions positifs Cu^{2+} migrent vers la cathode tandis que les ions négatifs $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ migrent vers l'anode.

Conclusion

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

J'évalue mes acquis



Dans un tube en U, on réalise l'électrolyse d'un mélange de solution de permanganate de potassium contenant des ions MnO_4^- de couleur violette et d'une solution de sulfate de cuivre II contenant des ions Cu^{2+} de couleur bleue. On introduit dans chaque branche du tube en U un surnageant incolore.

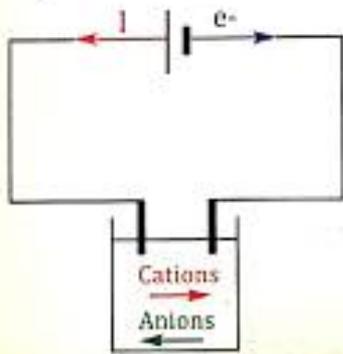
- 1- Fais le schéma du montage.
- 2- Indique sur ce schéma l'anode et la cathode.
- 3- Donne les colorations autour de chaque électrode après une heure d'expérience.
- 4- Dédus le sens de migration de chaque ion.

ACTIVITÉ 3 : RELIER LE SENS CONVENTIONNEL DU COURANT ÉLECTRIQUE AU SENS DE DÉPLACEMENT DES PORTEURS DE CHARGES

- 1- Nomme les porteurs de charges dans les conducteurs puis dans les électrolytes.
- 2- Indique le sens de déplacement de ces porteurs de charges dans les conducteurs et dans les électrolytes par rapport aux bornes du générateur.
- 3- Dédus-en le sens conventionnel du courant électrique.
- 4- Représente le sens conventionnel du courant électrique.

Je fais le point de l'activité

- Dans les conducteurs métalliques, les porteurs de charge sont des électrons. A l'extérieur du générateur, ils se déplacent dans le conducteur de la borne négative du générateur vers la borne positive de celui-ci.
- Dans les électrolytes, les porteurs de charge sont des ions (anions et cations). Leur déplacement se fait en sens inverse. Les anions (porteurs de charges négatives) se déplacent de la cathode reliée à la borne négative (-) du générateur vers l'anode reliée à la borne positive (+) du générateur. Les cations (porteurs de charges positives) migrent de l'anode reliée à la borne positive (+) du générateur vers la cathode reliée à la borne négative (-) du générateur.
- Par convention, on choisit le sens contraire du déplacement des porteurs de charges négatives comme sens du courant.
- Donc à l'extérieur du générateur, le courant électrique circule de la borne positive (+) vers sa borne négative(-) dans le sens contraire des porteurs de charges négatives. On représente ce sens par des flèches comme indiqué sur la figure ci-dessous.



Remarque : Dans un électrolyte, le sens conventionnel du courant électrique est le sens de déplacement des cations.

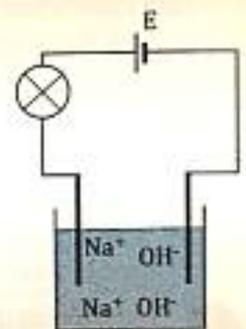
J'évalue mes acquis



Ton ami a schématisé le circuit électrique permettant de réaliser l'électrolyse d'une solution aqueuse de soude. 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.



II- RÉSUMÉ DE COURS

- Le courant électrique est dû à un déplacement de porteurs de charges.
- Dans un conducteur métallique, les porteurs de charges sont des électrons libres.
- Dans un électrolyte, les porteurs de charge sont des ions.
- Le sens conventionnel du courant, à l'extérieur du générateur est de la borne positive vers la borne négative. C'est le sens contraire de circulation des électrons.

III- MÉTHODES

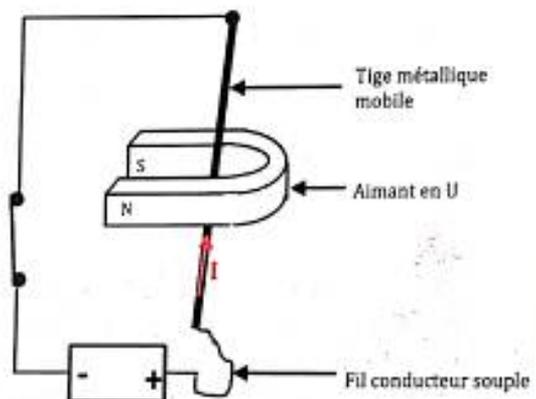
- Pour retrouver le sens de déplacement des porteurs de charge :
 - recherche d'abord les bornes du générateur ;
 - indique par une flèche le sens conventionnel du courant.
- Dans les conducteurs métalliques, les électrons circulent dans le sens contraire au sens conventionnel du courant.
- La cathode, c'est l'électrode reliée à la borne négative du générateur ; l'anode est celle reliée à la borne positive du générateur.
- Les anions migrent vers l'anode.
- Les cations migrent vers la cathode.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Koffi réalise le montage ci-contre. Il observe une déviation de la tige métallique

- 1- Nomme les porteurs de charges responsables de cette déviation.
- 2- Indique le sens de déviation de la tige si l'on permute les bornes de la pile.
- 3- Indique par une flèche le sens du courant électrique dans la tige.

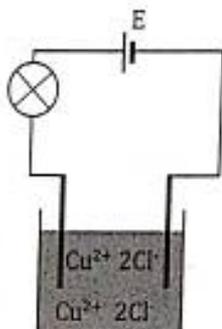


Exercice 2

Ton ami a schématisé le circuit électrique permettant de réaliser l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de cuivre II. Cette solution contient les ions Cu^{2+} et Cl^- dispersés.

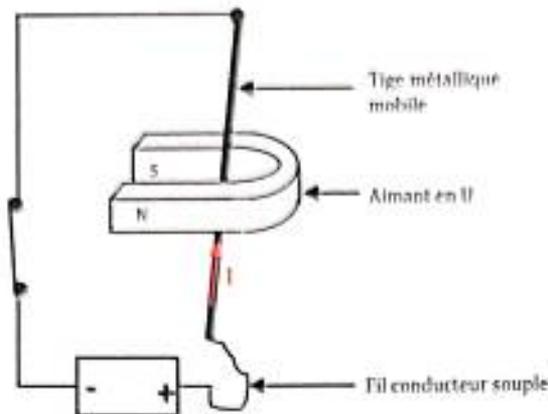
Indique sur le schéma :

- 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.



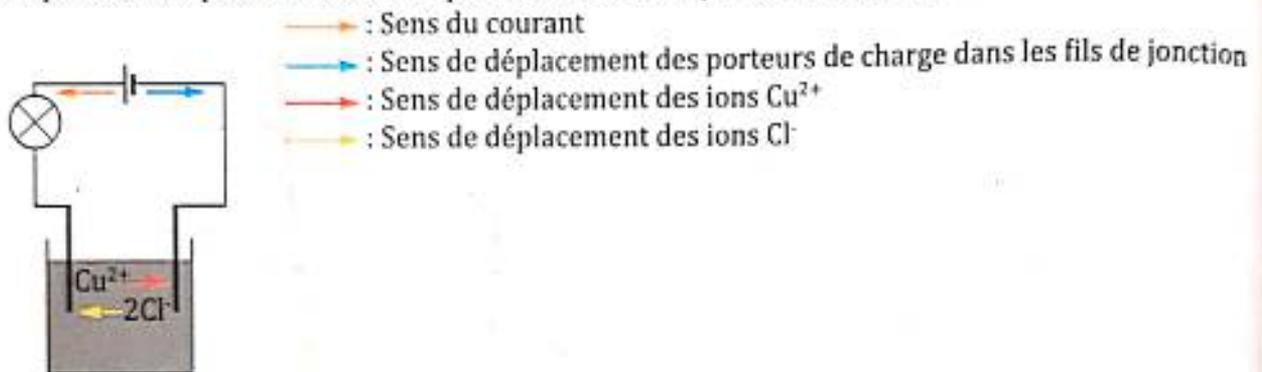
Résolution de l'exercice 1

- 1- Les porteurs de charges sont des électrons libres.
- 2- Si l'on permute les bornes, la tige dévie de la gauche vers la droite.
- 3- Sens du courant dans la tige (voir flèche)



Résolution de l'exercice 2

Les réponses aux questions sont indiquées sur le schéma par des flèches de couleurs différentes.



V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Recopie et complète les phrases ci-dessous par les mots et expressions qui conviennent.

- 1- Dans un conducteur électrique, le passage du courant électrique est dû au ... des porteurs de charges.
- 2- Dans un métal, les porteurs de charges sont desalors que dans un électrolyte ce sont des.....
- 3- Dans un électrolyte, le passage du courant électrique est dû à la double des ; les cations migrent vers ...et les anions vers.....

2 Écris, pour chacune des propositions suivantes, le numéro suivi de la lettre V si la proposition est

vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

- 1- Le courant électrique dans un conducteur métallique est dû au déplacement des électrons.
- 2- Les électrons, dans un conducteur, se déplacent dans le sens conventionnel du courant électrique.
- 3- Le sens conventionnel du courant électrique dans les métaux est lié au sens de déplacement des électrons.
- 4- Dans un électrolyte, les porteurs de charges sont des ions.
- 5- Le sens conventionnel du courant électrique dans un électrolyte est le sens de déplacement des cations.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

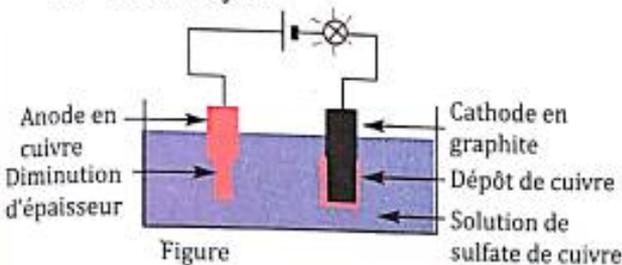
3. Cite les porteurs de charges dans les conducteurs électriques suivants :

- 1- une solution de chlorure de sodium (eau salée) ;
- 2- l'aluminium ;
- 3- une solution de soude.

4. Thibault a schématisé le circuit électrique permettant de réaliser l'électrolyse d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre à anode soluble (Figure). Cette solution contient les ions Cu^{2+} et SO_4^{2-} dispersés.

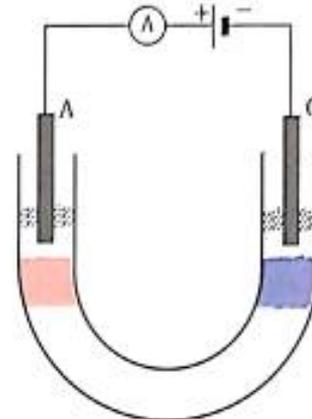
Indique sur le schéma :

- 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.



5. Dans un tube en U, tu verses une solution constituée de dichromate de potassium et de sulfate de cuivre. Puis tu réalises l'électrolyse de la solution. (Voir figure ci-dessous).

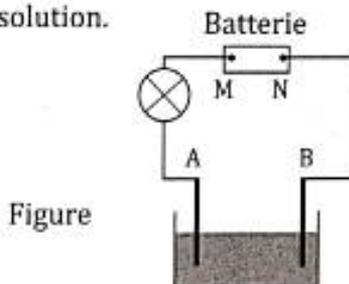
- 1- Écris les formules des ions en solution.
- 2- Indique le sens de déplacement de chaque ion en solution.



Figure

Situations d'évaluation

6. Au cours d'une séance de travaux pratiques au Lycée, ton groupe d'élèves réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium (voir figure). Vous utilisez une batterie dont vous ignorez les bornes. Le groupe constate la formation de dichlore qu'il identifie par la décoloration de l'indigo à l'électrode B. Vous souhaitez connaître les bornes de la batterie. Propose ta solution.



- 1- Précise la nature du courant électrique :
 - 1.1- dans la solution de chlorure de sodium ;
 - 1.2- dans les fils conducteurs.
- 2- Indique le sens de déplacement :
 - 2.1- des ions sodium Na^+ et chlorure Cl^- dans la solution ;
 - 2.2- des électrons dans les fils conducteurs.
- 4- Déduis-en les signes des bornes de la batterie.

7. Pendant une journée culturelle au Lycée, Gueu et Soro, des élèves de 2^{de} C assistent à la réalisation du montage simple allumage par des élèves de 6^e. Après fermeture du circuit, la lampe s'allume normalement. Gueu veut expliquer l'existence du courant électrique dans les métaux à son ami Soro qui n'a pas encore étudié la leçon. Tu assistes à cet échange et tu décides d'aider Soro.

- 1- Fais le schéma normalisé du circuit simple allumage.
- 2- Sur le schéma, indique le sens du courant électrique dans le conducteur métallique.
- 3- Nomme les porteurs de charges responsables du courant électrique dans le conducteur.
- 4- Sur le même schéma, indique en rouge le sens de déplacement de ces porteurs de charges.

8. Au cours d'une expérience dans ta classe de 2^{de}, le professeur de Physique-Chimie réalise l'électrolyse d'une solution. Il utilise le chlorure de sodium comme électrolyte. Interrogés, certains élèves ont du mal à nommer les porteurs de charges contenus dans cet électrolyte. Tu décides de les aider.

1- Définis un électrolyte.

2- Nomme les porteurs de charges présents dans

l'électrolyte utilisé au cours de cette expérience.

3- Nomme les porteurs de charges qui se déplacent dans le sens conventionnel du courant électrique.

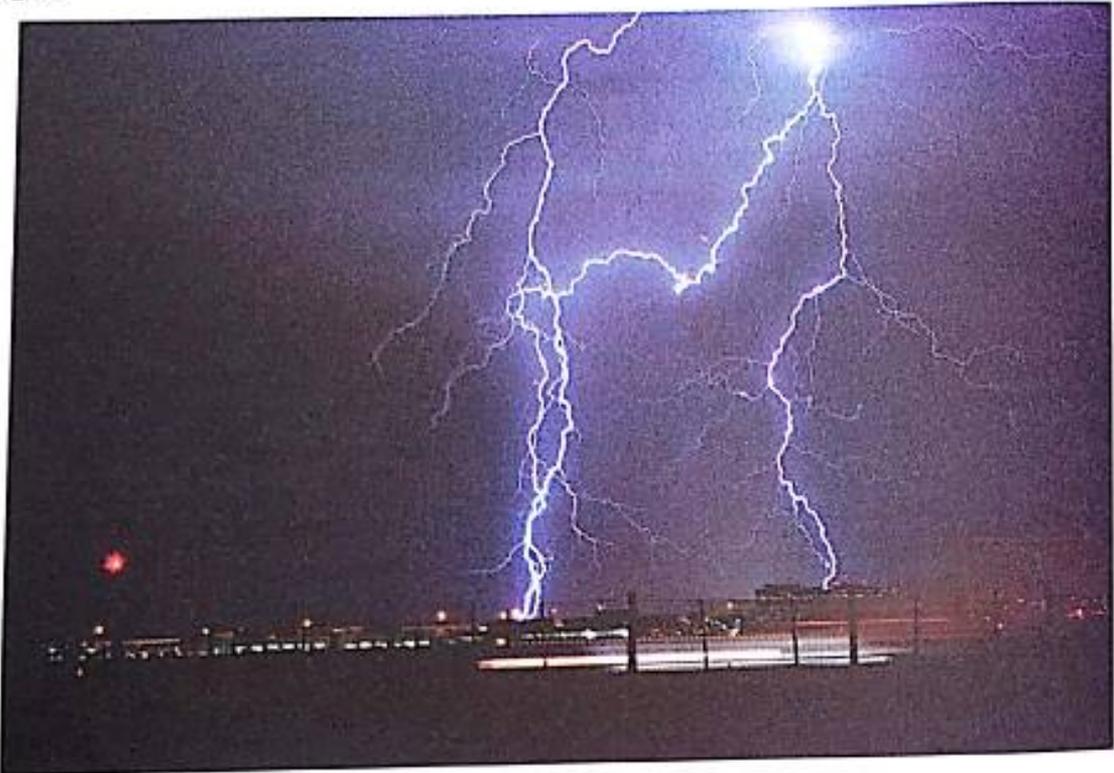
4- Nomme les porteurs de charges qui se déplacent dans le sens contraire au sens conventionnel du courant électrique.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

LES ECLAIRS : UN PHÉNOMÈNE ÉLECTRIQUE ATMOSPHÉRIQUE.

La Terre est limitée par une atmosphère gazeuse en contact avec la croûte solide et la surface liquide des océans. Il se développe des charges électriques négatives à la surface de la Terre par les frottements continus dus à la rotation. Dans la haute atmosphère, l'air est ionisé par des rayons cosmiques.

En temps orageux, les mouvements ascendants et descendants d'air froid et chaud concentrent des charges positives au-dessus des nuages (cumulo-nimbus). La base du nuage est chargée négativement. La séparation des charges de signes contraires a pour conséquence la naissance d'éclairs qui sont de gigantesques décharges électriques à travers l'air ionisé. Ces décharges se font soit à l'intérieur d'un même nuage, soit entre nuages voisins, soit entre nuage et sol. Ces éclairs sont essentiellement constitués d'électrons qui en rencontrant les molécules gazeuses de l'air, les ionisent tout en leur cédant une partie de leur énergie.



LEÇON

8

INTENSITÉ D'UN COURANT CONTINU

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

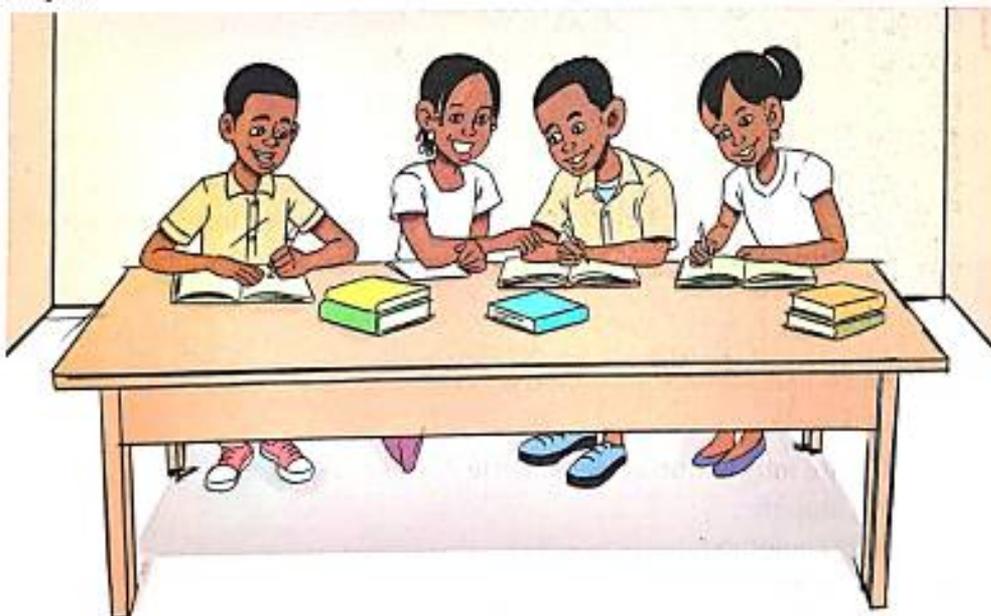
HABILITÉS	CONTENUS
Définir	- la quantité d'électricité, - l'intensité du courant électrique.
Connaître	- l'expression de la quantité d'électricité, - l'expression de l'intensité du courant électrique, - l'unité légale de la quantité d'électricité.
Connaître	les lois du courant continu: - dans un circuit série ; - dans un circuit avec dérivations.
Appliquer	les lois du courant continu.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Quantité d'électricité
- Intensité du courant électrique
- Coulomb
- Les lois du courant continu

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Au cours d'une séance d'études en groupe, des élèves d'une classe de 2^{de} C découvrent dans une revue scientifique que l'intensité du courant électrique est une grandeur liée à la quantité d'électricité transportée par les porteurs de charges. Ils veulent en savoir davantage ; ainsi le lendemain, ils partagent cette information avec leur professeur de Physique-Chimie. Avec son aide, ils décident de définir la quantité d'électricité et l'intensité du courant électrique puis d'appliquer les lois du courant continu dans un circuit électrique.



I- ACTIVITÉS

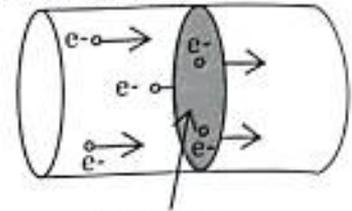
ACTIVITÉ 1 : DÉFINIR LA QUANTITÉ D'ÉLECTRICITÉ, L'INTENSITÉ DU COURANT ÉLECTRIQUE

Tes camarades et toi avez appris que le courant électrique est dû à un déplacement de porteurs de charges électriques que sont les électrons (dans un métal) et les ions (dans un liquide).

Observe cette coupe d'un conducteur dans lequel circulent des électrons.

Un grand nombre d'électrons que nous pouvons désigner par n traversent la section S pendant un certain temps de durée Δt .

- 1- Donne la quantité totale de charges électriques qui traversent la section S pendant la durée Δt .
- 2- Détermine la quantité d'électricité qui traverse S en 1 seconde.
- 3- Propose une définition de :
 - la quantité d'électricité ;
 - l'intensité du courant électrique.



Section S
Document 1 : Section d'un circuit électrique

Je fais le point de l'activité

Un (1) électron transporte une électricité $-e$ (e : charge élémentaire). Un certain nombre d'électrons n vont transporter $n \times (-e)$ charges électriques pendant la durée Δt .

La quantité d'électricité qui traverse la section S par unité de temps est : $Q = n|-e| = ne$

Définitions

- La quantité d'électricité notée Q est la charge électrique totale qui traverse une section d'un conducteur pendant une durée Δt .

$$Q = ne$$

Elle s'exprime en coulomb de symbole C.

- L'intensité du courant continu noté I est la quantité d'électricité qui traverse une section du conducteur par unité de temps.

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

J'évalue mes acquis



Pour chacune des propositions suivantes, recopie le numéro de la proposition et la lettre correspondant à la bonne réponse.

- 1- La quantité d'électricité Q transportée par un ensemble N de porteurs de charge ayant chacun une charge q est donnée par :

a) $Q = \frac{N}{|q|}$;

b) $Q = |q| \times \frac{1}{N}$;

c) $Q = N \times |q|$.

- 2- Soit Q la quantité d'électricité qui traverse une section S pendant une durée Δt . L'intensité du courant I est donnée par la relation :

a) $I = \frac{Q}{\Delta t}$;

b) $I = Q \times \Delta t$;

c) $I = \frac{\Delta t}{Q}$.

- 3- L'unité internationale de quantité d'électricité est :

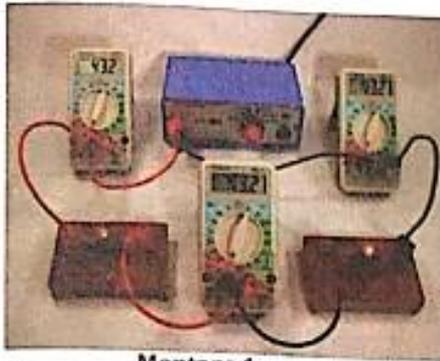
a) l'ampère ;

b) le coulomb ;

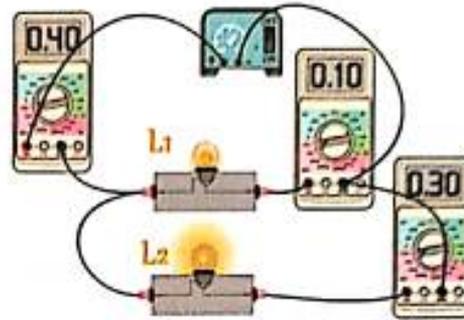
c) le volt.

ACTIVITÉ 2 : DÉCOUVRIR LES LOIS DU COURANT CONTINU

Réalise les montages ci-dessous avec des lampes différentes :



Montage 1



Montage 2

Document 2 : Lois des intensités du courant électrique

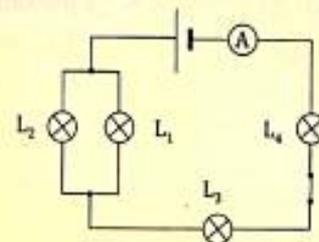
- Pour chacun des montages, indique comment :
 - sont montées les lampes L_1 et L_2 ;
 - sont montés les ampèremètres dans le circuit.
- Relève les valeurs indiquées par les ampèremètres pour chaque circuit lorsque l'interrupteur est fermé.
- Conclus.

Je fais le point de l'activité

- Montage 1 : les lampes L_1 et L_2 sont sur la même boucle (ou branche) du circuit qui joint la borne positive du générateur à sa borne négative.
Les lampes sont montées en série.
 - Montage 2 : les lampes L_1 et L_2 sont sur deux branches différentes.
Les lampes sont montées en dérivation.
 - Les ampèremètres sont insérés en série.
Le relevé des valeurs montre que pour le :
 - montage 1, l'intensité du courant électrique a la même valeur ($I = 43,2 \text{ mA}$) en tout point du circuit ;
 - montage 2, l'intensité du courant électrique qui circule dans la branche principale ($I = 0,4 \text{ A}$) est égale à la somme des intensités des courants ($I_1 = 0,1 \text{ A}$; $I_2 = 0,3 \text{ A}$) qui circulent dans les branches dérivées : $I = I_1 + I_2$.
 - L'intensité du courant électrique qui circule dans un circuit série a la même valeur en tout point du circuit.
 - Dans un circuit électrique comportant des dérivations, l'intensité du courant qui circule dans la branche principale est égale à la somme des intensités des courants qui circulent dans les branches dérivées $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$. C'est la loi des nœuds.
- Remarque :** Dans un circuit comportant des dérivations, un nœud est un point du circuit où se rencontrent au moins trois fils.

J'évalue mes acquis

- Dans le montage schématisé ci-contre, les lampes sont identiques.
L'ampèremètre mesure une intensité de courant de $0,3 \text{ A}$.
- Dis comment est montée la lampe L_1 par rapport à L_2 ; les lampes L_3 et L_4 . Justifie tes réponses.
 - Détermine les intensités des courants électriques qui traversent chacune des lampes .
 - Justifie les valeurs trouvées.



II- RÉSUMÉ DE COURS

1- Définitions et expressions

- Quantité d'électricité

La quantité d'électricité notée Q est la charge électrique totale qui traverse une section d'un conducteur pendant une durée Δt .

- Soit N le nombre de porteurs de charges électriques et q la charge de chaque porteur.

$$Q = N \times |q|$$

Remarque : si les porteurs de charges sont des électrons alors $q = -e$.
 e est la charge élémentaire de valeur $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

- Intensité du courant électrique.

L'intensité du courant continu noté I est la quantité d'électricité Q qui traverse une section du conducteur par unité de temps.

$$I = \frac{Q}{\Delta t} ; I \text{ s'exprime en ampère (A) et } \Delta t \text{ en seconde (s).}$$

2- Lois des intensités d'un courant continu

- Loi d'unicité

Dans un circuit électrique comportant des dipôles en série, l'intensité du courant électrique a la même valeur en tout point du circuit.

$$I = I_1 = I_2 = \dots$$

- Loi des nœuds

Dans un circuit avec dérivations, la somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants partant de ce nœud.

$$\sum I \text{ arrivant} = \sum I \text{ partant.}$$

III- MÉTHODES

La formule $I = \frac{Q}{\Delta t}$ peut s'écrire : $\frac{I}{1} = \frac{Q}{\Delta t}$. $Q \times 1 = I \times \Delta t$ soit $Q = I \times \Delta t$.

La quantité d'électricité (en coulombs) s'obtient aussi en multipliant l'intensité (en ampère) par le temps (en seconde).

En divisant les deux membres de cette égalité par I , on obtient la valeur de la durée Δt : $\Delta t = \frac{Q}{I}$

- Appliquer la loi des nœuds

Pour un nœud du réseau, vous connaissez toutes les intensités des courants arrivant au nœud et partant de ce nœud **sauf une**. Le sens de ce dernier courant est souvent également inconnu.

Tu rechercheras, sans tenir compte de l'intensité inconnue :

- les intensités des courants arrivant au nœud et leur somme : $\sum I \text{ arrivant}$;
- les intensités des courants partant du nœud et leur somme : $\sum I \text{ partant}$.

• Si $\sum I \text{ arrivant} > \sum I \text{ partant}$, alors l'intensité inconnue part du nœud et son intensité I est telle que :
 $\sum I \text{ arrivant} = \sum I \text{ partant} + I$

• Si $\sum I \text{ arrivant} < \sum I \text{ partant}$, alors l'intensité inconnue arrive au nœud et son intensité I est telle que :
 $\sum I \text{ arrivant} + I = \sum I \text{ partant}$.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Recopie et complète les phrases suivantes avec les mots ou les groupes de mots qui conviennent.

- L'intensité du courant électrique est le quotient de la ... par la durée Δt . Elle s'exprime en ... et se mesure à l'aide d'un ...
- L'intensité du courant électrique est ... en tout point d'un circuit série.
- Dans un circuit avec dérivation, la ... des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des ... des courants qui en repartent.

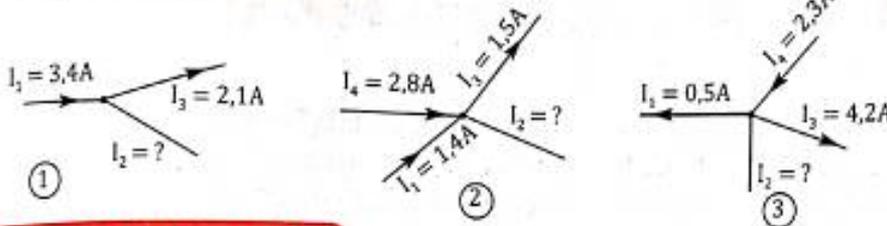
Exercice 2

Un conducteur métallique est traversé par $N = 4,6875 \cdot 10^{20}$ électrons en $\Delta t = 30$ s.

- Détermine la quantité d'électricité qui a traversé ce conducteur.
 - Déduis-en l'intensité I du courant qui a traversé ce conducteur.
- On donne : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Exercice 3

- Indique, sur les schémas ci-dessous, le sens du courant électrique d'intensité I_2 .
- Calcule sa valeur.



Résolution de l'exercice 1

- L'intensité du courant électrique est le quotient de la **quantité d'électricité** par la durée Δt . Elle s'exprime en **ampère** et se mesure à l'aide d'un ampèremètre.
- L'intensité du courant électrique est **la même** en tout point d'un circuit série.
- Dans un circuit avec dérivation, **la somme** des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme **des intensités** des courants qui en repartent.

Commentaire :

Se référer à l'unité internationale d'intensité du courant électrique, à l'instrument de mesure et aux lois des intensités d'un courant continu.

Résolution de l'exercice 2

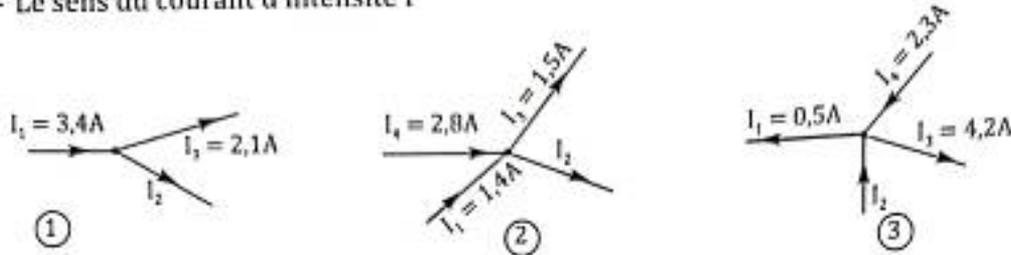
- La quantité d'électricité : $Q = N \times |e| = 4,6875 \cdot 10^{20} \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 75$ C.
- L'intensité du courant : $I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{75}{30} = 2,5$ A.

Commentaire :

Savoir utiliser les formules de calcul de Q et de I .

Résolution de l'exercice 3

1- Le sens du courant d'intensité I



$I_3 < I_1$ donc I_2 part du nœud nœud

$I_4 + I_1 > I_3$ donc I_2 part du nœud

$I_3 + I_1 > I_4$ donc I_2 arrive au

2- Calcule de la valeur de I_2

Schéma 1

$$I_1 = I_2 + I_3 ; I_2 = I_1 - I_3 = 1,3 \text{ A}$$

Schéma 2

$$I_4 + I_1 = I_3 + I_2$$

$$I_2 = I_4 + I_1 - I_3 = 2,7 \text{ A}$$

Schéma 3

$$I_3 + I_1 = I_4 + I_2$$

$$I_2 = I_3 + I_1 - I_4 = 2,4 \text{ A}$$

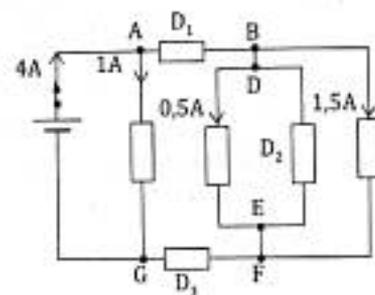
V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Recopie, pour chacune des propositions ci-dessous, le numéro et écris à la suite la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

- Plus il y'a d'électrons dans un circuit, plus l'intensité du courant est grande.
- L'ampère, c'est 2 coulombs qui circulent en 1 seconde.
- L'unité du courant électrique est l'ampère.
- La lettre qui symbolise l'intensité du courant électrique est Q.
- L'unité internationale de la quantité d'électricité est le coulomb.
- L'ampèremètre se branche en série dans un circuit.

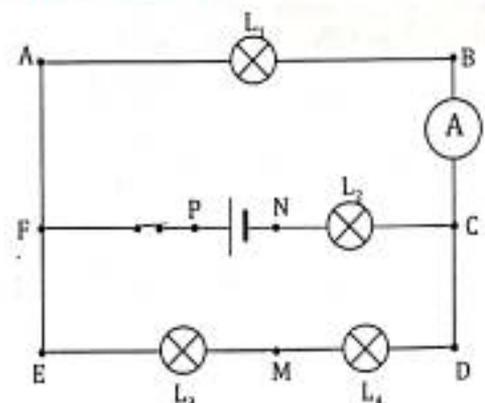
2 Dans le circuit de la figure ci-dessous, un certain nombre de courants ont une intensité connue. Applique la loi des nœuds pour déterminer les sens et les intensités des courants traversant les dipôles D_1 , D_2 et D_3 .



Exercices de renforcement/ Approfondissement

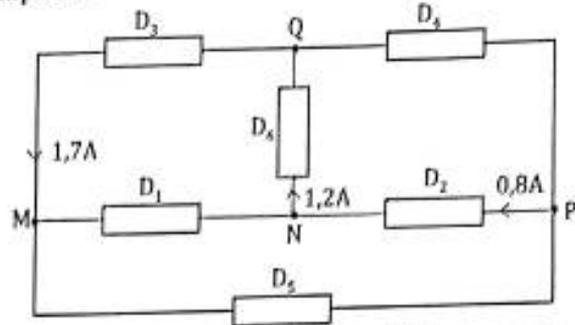
1 Le montage schématisé ci-contre comprend un générateur et quatre (4) lampes. Le générateur débite un courant d'intensité I. L'ampèremètre A comporte 100 divisions et possède les calibres 5 A, 1 A, 300 mA et 100 mA. La section du fil AF est traversée par une quantité d'électricité Q pendant une durée Δt .

Données : $Q = 30 \text{ C}$; $\Delta t = 1 \text{ min}$; $I = 0,8 \text{ A}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



- 1- Calcule :
 - 1.1-l'intensité du courant électrique I_1 qui traverse la lampe L_1 ;
 - 1.2-le nombre d'électrons qui traversent la section AF pendant la durée Δt .
- 2-
 - 2.1-Parmi les calibres cités ci-dessus, précise le plus adapté pour la mesure de I_1 .
 - 2.2-Déduis-en la valeur de la division devant laquelle l'aiguille de l'ampèremètre s'arrête.
- 3- Précise :
 - 3.1-les nœuds du circuit ;
 - 3.2-le sens du courant dans chaque branche.
- 4- Détermine les valeurs des intensités qui traversent les lampes L_2 , L_3 et L_4 .

Soit le circuit ci-dessous comprenant six (06) dipôles.

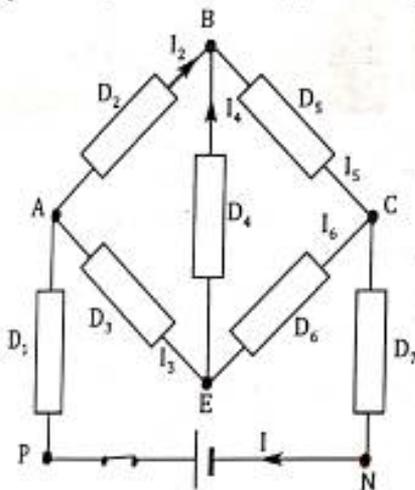


- 1- Détermine le sens et l'intensité du courant qui traverse chacun des dipôles D_1 , D_2 et D_3 .
- 2- Parmi ces dipôles, précise le générateur. Justifie ta réponse.

Situations d'évaluation

Dans le cadre de l'exécution de ses activités, le Conseil d'Enseignement de Physique-Chimie de ton lycée organise un concours pour primer le meilleur élève. Il propose aux candidats le montage électrique schématisé ci-dessous. Ce montage comporte six (06) dipôles récepteurs et un générateur.

On donne : I (P vers A) = 500 mA,
 I_2 (A vers B) = 300 mA, I_4 (E vers B) = 100 mA.



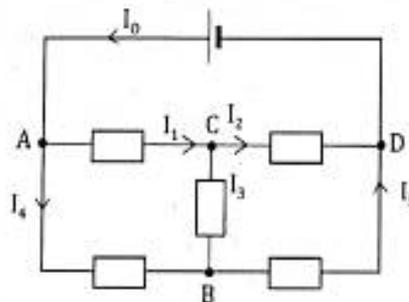
Tu participes à ce concours.

- 1- Enonce les lois du courant électrique continu dans un circuit avec dérivations.
- 2- Indique :
 - 2.1-la branche principale et les branches dérivées du circuit électrique ;
 - 2.2-le sens du courant dans les dipôles D_3 ; D_5 et D_6 .

- 3- Détermine :
 - 3.1- les intensités I_3 , I_5 et I_6 des courants qui traversent les dipôles D_3 , D_5 et D_6 ;
 - 3.2-la quantité d'électricité qui circule dans le fil PA par minute ;
 - 3.3-le nombre d'électrons qui traversent une section de ce fil par minute.

Au cours d'une séance de travaux dirigés, votre professeur vous propose le circuit électrique ci-dessous en vue d'évaluer l'utilisation d'un ampèremètre à aiguille pour mesurer le courant électrique dans la branche BC. L'ampèremètre dispose des calibres : 0,1 A ; 0,5 A ; 1 A et 5 A et ayant un cadran gradué de 0 à 100.

Données : $I_1 = 0,2$ A ; $I_2 = 0,1$ A ; $I_3 = 0,05$ A.



Tu es sollicité (e) pour proposer ta solution.

- 1- Écris la loi des nœuds
 - 1.1- au point A ;
 - 1.2- au point C ;
 - 1.3- au point D.

2. Détermine les intensités des courants I_4 , I_5 et I_6 .
3. Reprends le schéma et place l'ampèremètre de sorte à mesurer I_3 .
4. Détermine :
 - 4.1 le calibre à utiliser pour une bonne lecture de I_3 ;
 - 4.2 la position de l'aiguille sur le cadran.

U Une installation électrique comporte seize (16) lampes montées en dérivation aux bornes du générateur. Chaque lampe porte les inscriptions 220 V, 0,3 A, et toutes fonctionnent correctement. Pour la protéger, on dispose d'un fusible de calibre 0,5 A. Deux de tes amis discutent sur la protection de cette installation.

L'un soutient qu'en utilisant seize (16) lampes puissantes de 0,5 A chacune, le fusible de 5 A peut

tenir. L'autre n'est pas de cet avis.

Ils te sollicitent pour les départager.

- 1- Fais le schéma du circuit.
- 2- Indique où il faut placer le fusible pour protéger l'installation.
- 3- Détermine l'intensité du courant dans le circuit à la sortie du générateur :
 - 3.1 pour les lampes portant les inscriptions 220 V - 0,3 A ;
 - 3.2 pour les lampes portant les inscriptions 220 V - 0,5 A.
- 3- Indique ce qui va se passer si on utilisait les lampes 220 V - 0,5 A.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

POISSONS ÉLECTRIQUES



Quelques 300 espèces de poissons sont capables de produire de l'électricité pour s'orienter dans l'espace, localiser des proies et communiquer. Ces espèces constituent un exemple d'évolution convergente : une même solution a été trouvée pour vivre dans des eaux troubles ou sombres dans lesquelles la vision est peu utile.

Actif la nuit, le poisson-chat électrique utilise les décharges électriques pour étourdir ses proies ou pour se défendre.

Les décharges sont produites par des batteries d'électroplaques qui sont des fibres musculaires modifiées. La décharge peut atteindre 350 V mais n'est pas connue pour être mortelle pour l'homme.

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Définir	la tension électrique ou différence de potentiel (d.d.p.) entre deux points d'un circuit électrique.
Représenter	une tension continue entre deux points d'un circuit électrique.
Déterminer	une tension continue.
Connaître	les lois de la tension en courant continu : - pour un circuit série ; - pour un circuit avec dérivations.
Appliquer	les lois de la tension en courant continu.
Déterminer	les caractéristiques d'une tension variable : - tension triangulaire ; - tension en créneaux ; - tension sinusoïdale.

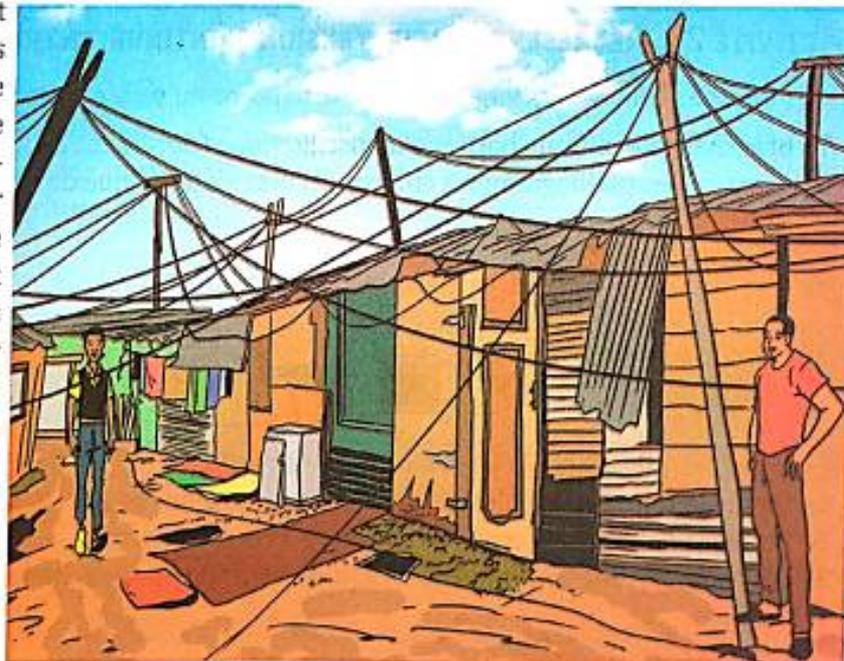
NOTIONS ESSENTIELLES

- Tension électrique ou différence de potentiel (d.d.p.)
- Tension continue
- Un circuit série
- Un circuit avec dérivations
- Lois des tensions
- Tension triangulaire
- Tension en créneaux
- Tension sinusoïdale.

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves en classe de 2^{de} C1 d'un Lycée Moderne habitent un quartier reconnu pour ses installations électriques anarchiques. Chaque soir, ils constatent que tantôt l'éclat des lampes augmente brutalement, tantôt il baisse de façon drastique, conséquence dit-on, d'une fluctuation de la tension électrique.

Préoccupés par cette situation et soucieux d'en savoir davantage, ils en parlent aux autres élèves de la classe. Ensemble, avec l'aide de leur professeur de Physique-Chimie, ils décident de s'informer sur la tension électrique, de connaître les lois qui la régissent en courant continu, de les appliquer et enfin de déterminer les caractéristiques d'une tension variable.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉFINIR LA TENSION ÉLECTRIQUE OU DIFFÉRENCE DE POTENTIEL (D.D.P.) ENTRE DEUX POINTS D'UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE

Observe les schémas de la figure ci-dessous :



Figure A



Figure B

Document 1 : Analogie hydraulique de la tension électrique

- 1- Donne les causes de la circulation de l'eau dans la figure A du document 1.
- 2- Dis pourquoi cette circulation cesse dans le cas de la figure B.
- 3- Établis une analogie entre la circulation de l'eau et le courant électrique.
- 4- Définis la tension électrique.

Je fais le point de l'activité

La circulation de l'eau dépend de la différence d'altitudes et du débit de l'eau.

Comme pour l'eau, un courant électrique ne peut circuler que lorsqu'il existe une différence d'état électrique appelée différence de potentiel entre les deux bornes du générateur.

Définition de la tension électrique

On appelle tension électrique ou différence de potentiel (d.d.p.), la différence d'états électriques qui règne entre deux points A et B d'un circuit électrique.

On la note U_{AB} . $U_{AB} = V_A - V_B$

Son unité internationale est le volt de symbole V.

J'évalue mes acquis

- 1- Donne l'unité de la tension électrique.
- 2- Cite deux dipôles qui maintiennent une tension électrique entre leurs bornes.

ACTIVITÉ 2 : REPRÉSENTER UNE TENSION CONTINUE ENTRE DEUX POINTS D'UN CIRCUIT ÉLECTRIQUE

- Tu branches une pile aux bornes d'un oscilloscope (document 2).
- Observe sur les oscillogrammes ci-dessous, la caractéristique de la tension aux bornes de la pile.



Document 2 : Tension, grandeur algébrique

- 1- Donne le rôle d'un oscilloscope.
- 2- Donne la nature de la tension observée sur l'écran.
- 3- Dis comment elle se comporte lorsqu'on permute les branchements des bornes de la pile.
- 4- Conclue.

Je fais le point de l'activité

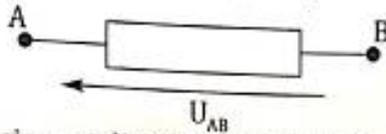
Un oscilloscope est un appareil qui permet de visualiser la tension électrique aux bornes d'un dipôle.

Pour la tension aux bornes d'une pile, il s'agit d'une ligne droite et horizontale qui change de position par rapport à l'axe du temps lorsqu'on permute les bornes de la pile.

Quand la tension est positive, sa caractéristique est au-dessus de l'axe du temps et quand elle est négative, sa caractéristique est en-dessous.

La tension est donc une grandeur algébrique. On la représente aux bornes d'un dipôle par une flèche.

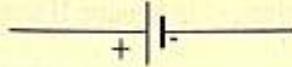
Exemple :



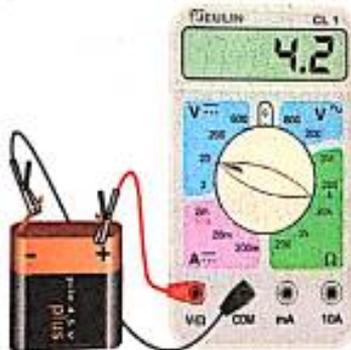
NB: La flèche tension est dirigée vers la 1^{ère} lettre.

J'évalue mes acquis

Représente la tension aux bornes de la pile dont le symbole est ci-dessous schématisé.

**ACTIVITÉ 3 : DÉTERMINER UNE TENSION CONTINUE**

- 1- Donne le nom de l'appareil qui permet de mesurer la tension électrique.
- 2- Dis comment se branche cet appareil aux bornes d'un dipôle.



Document 3 : Mesure d'une tension continue

Je fais le point de l'activité

La tension électrique se mesure à l'aide d'un voltmètre. Pour la mesurer, on prend le soin au préalable de choisir la nature de la tension (continue ou sinusoïdale) ainsi que le calibre le plus grand. On procède par la suite au choix du calibre adapté.

Le voltmètre se branche en dérivation aux bornes du dipôle pour lequel on désire connaître la tension.

Pour le voltmètre électronique, la valeur mesurée s'affiche sur l'écran.

Pour le voltmètre analogique, on procède par l'utilisation d'un opérateur.

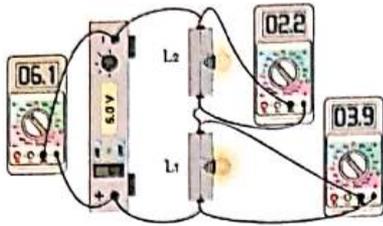
J'évalue mes acquis

Réarrange les mots et groupes de mots suivants de sorte à construire une phrase correcte en rapport avec la tension électrique.

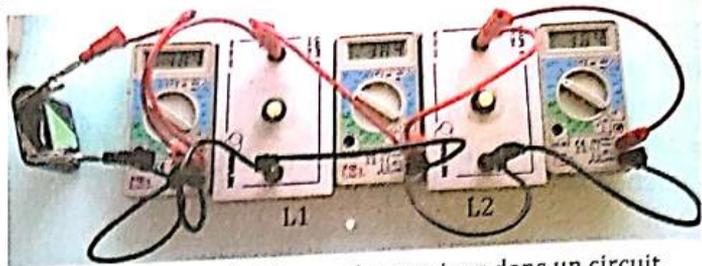
dipôle. / voltmètre / qui se monte / Une tension / à l'aide / en dérivation / d'un / aux bornes / électrique / se mesure / du

ACTIVITÉ 4 : DÉCOUVRIR ET APPLIQUER LES LOIS DE LA TENSION ÉLECTRIQUE EN COURANT CONTINU POUR UN CIRCUIT SÉRIE ET POUR UN CIRCUIT AVEC DÉRIVATIONS.

Observe les images des montages électriques ci-dessous.



Document 4 : Mesure des tensions dans un circuit en serie.



Document 5 : Mesure des tensions dans un circuit avec dérivation.

- 1- Dis comment sont montées les lampes L_1 et L_2 dans chaque montage.
- 2- Pour le montage du document 4 :
 - donne les valeurs des tensions U_1 et U_2 aux bornes des lampes L_1 et L_2 ;
 - établis la relation entre ces tensions et la tension U aux bornes du générateur.
- 3- Pour le montage du document 5 :
 - donne les valeurs des tensions U_1 et U_2 aux bornes des lampes L_1 et L_2 ;
 - établis la relation entre ces tensions et la tension U aux bornes du générateur.

Je fais le point de l'activité

Dans le montage du document 4, les lampes L_1 et L_2 sont montées en série. $U = 6,1 \text{ V}$; $U_1 = 2,2 \text{ V}$ et $U_2 = 3,9 \text{ V}$. On constate que $U = U_1 + U_2$.

Dans le montage du document 5, les lampes L_1 et L_2 sont montées en dérivation. $U = 3,84 \text{ V}$; $U_1 = 3,84 \text{ V}$ et $U_2 = 3,84 \text{ V}$. On constate que $U = U_1 = U_2$.

- Dans un montage en série, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des différents dipôles. Ce qui implique la loi des mailles.

Une maille est un contour fermé ou une boucle de circuit.

Loi des mailles :

Dans un circuit fermé, la somme algébrique des tensions électriques aux bornes des dipôles est nulle.

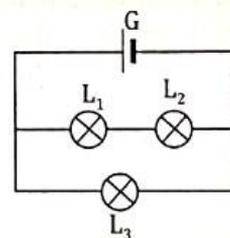
Dans un montage en dérivation, la tension aux bornes du générateur est la même que la tension aux bornes de chaque branche dérivée.

J'évalue mes acquis



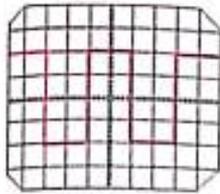
On considère le schéma ci-dessous où les lampes L_1 et L_2 sont identiques et la tension U_3 aux bornes de L_3 est 9 V.

- 1- Dis comment sont montées :
 - 1.1- les lampes L_1 et L_2 ;
 - 1.2- la lampe L_3 par rapport à l'association des lampes L_1 et L_2 .
- 2- Détermine la tension électrique aux bornes :
 - 2.1- du générateur ;
 - 2.2- de la lampe L_2 .

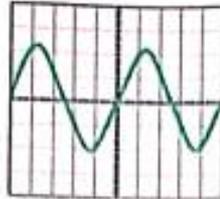


ACTIVITÉ 5 : DÉTERMINER LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE TENSION VARIABLE

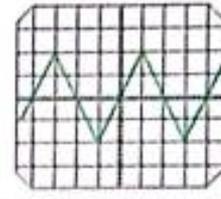
Observe les oscillogrammes des tensions variables ci-dessous pour lesquels la sensibilité verticale est de 5V/div. et la sensibilité horizontale est de 10 ms/div.



Tension en créneau ou rectangulaire



Tension sinusoïdale



Tension triangulaire ou en dents de scie

Détermine dans chaque cas :

- 1- la tension maximale U_m ;
- 2- la période T ;
- 3- la fréquence N .

Je fais le point de l'activité

Que la tension variable soit en créneau, sinusoïdale ou triangulaire, elle possède les caractéristiques ci-après :

1- La période (T)

La période T représente la plus courte durée au bout de laquelle la tension se reproduit identique à elle-même.

Elle a pour unité la **seconde** de symbole s .

On la calcule en utilisant la relation suivante : $T = k_H \times d$

avec $\left\{ \begin{array}{l} k_H : \text{sensibilité horizontale ;} \\ d : \text{nombre de divisions horizontales (de la période).} \end{array} \right.$

2- La fréquence (N)

C'est le nombre de périodes contenues dans une seconde.

Elle est égale à l'inverse de la période et s'exprime en **hertz (Hz)**

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

3- La tension maximale

La **tension maximale** encore appelée **amplitude** d'une tension variable est la **plus grande valeur** que peut prendre cette tension. Elle se mesure à l'aide de l'oscilloscope et se note U_m ou U_{max} .

On la calcule en utilisant la relation suivante : $U_{max} = k_v \times d$

avec $\left\{ \begin{array}{l} k_v : \text{sensibilité verticale ;} \\ d : \text{nombre de divisions verticales (de la tension).} \end{array} \right.$

4- La tension efficace

La **tension efficace** d'une tension variable est la valeur de la tension mesurée à l'aide d'un voltmètre en mode alternatif. Elle se note U_{eff} ou U .

5- Relation entre tension efficace et tension maximale

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

J'évalue mes acquis



Recopie, pour chacune des propositions ci-dessous, le numéro suivi de la lettre V si la proposition est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

- 1- Toute tension variable est périodique.
- 2- Une tension alternative et sinusoïdale est périodique.
- 3- La valeur maximale d'une tension variable se mesure à l'aide d'un oscilloscope.
- 4- La valeur efficace d'une tension variable se mesure à l'aide d'un oscilloscope.

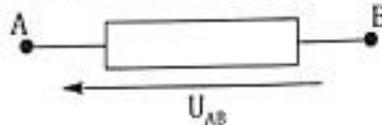
II- RÉSUMÉ DE COURS

- On appelle tension électrique ou différence de potentiel (d.d.p.), la différence d'états électriques qui existe entre deux points A et B d'un circuit électrique.

On la note U_{AB} , $U_{BA} = V_A - V_B$.

Son unité internationale est le volt de symbole V.

- L'oscilloscope est l'appareil qui permet de visualiser la tension aux bornes d'un appareil. Pour la tension aux bornes d'une pile, il s'agit d'une ligne droite qui change de position par rapport à l'axe des temps lorsqu'on permute les bornes de la pile.



- La tension électrique se mesure à l'aide d'un voltmètre. On prend le soin au préalable de choisir la nature de la tension ainsi que le calibre le plus grand. On procède par la suite au choix du calibre adapté.

Le voltmètre se branche en dérivation aux bornes du dipôle pour lequel on désire connaître la tension.

Pour le voltmètre électronique, la valeur mesurée s'affiche sur l'écran.

Pour le voltmètre analogique, on procède par l'utilisation d'un opérateur.

- Les lois des tensions électriques

- Dans un montage en série, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes des différents dipôles.
- Dans un montage en dérivation, la tension aux bornes du générateur est la même que la tension aux bornes de chaque branche dérivée.

- Loi des mailles :

Dans un circuit fermé, la somme algébrique des tensions électriques aux bornes des dipôles est nulle.

- Toute tension variable, en créneau, sinusoïdale ou triangulaire, possède les caractéristiques ci-après :

- La période (T)

La période T représente la plus courte durée au bout de laquelle la tension se reproduit identique à elle-même.

- La fréquence (N)

C'est le nombre de périodes contenues dans une seconde. Elle est égale à l'inverse de la période et

s'exprime en hertz (Hz) $N = \frac{1}{T}$

- La tension maximale

La tension maximale encore appelée amplitude d'une tension variable est la plus grande valeur que peut prendre cette tension. Elle se mesure à l'aide de l'oscilloscope et se note U_m ou U_{max} .

- La tension efficace

La tension efficace d'une tension variable est la valeur de la tension mesurée à l'aide d'un voltmètre en mode alternatif. Elle se note U_{eff} ou U.

- Relation entre tension efficace et tension maximale

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

III- MÉTHODES

Pour mesurer une tension électrique avec un voltmètre, on utilise un multimètre réglé sur la fonction voltmètre. Il se monte en dérivation aux bornes du dipôle pour lequel on désire connaître la tension. Pour le voltmètre numérique, la valeur de la tension s'affiche sur l'écran. Pour le voltmètre analogique, la valeur de la tension s'obtient par l'utilisation de la relation

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

NB : La valeur de la tension mesurée avec le voltmètre représente la tension efficace notée U ou U_{eff}

Un oscilloscope permet de visualiser et de mesurer une tension électrique. Il possède deux réglages :

- La sensibilité verticale notée k_v permet de calculer la valeur de la tension U .
 $U = n_v \cdot k_v$ (avec n_v : nombre de divisions verticales).
- La sensibilité horizontale (ou balayage) notée k_h permet de calculer la période T d'une tension périodique.

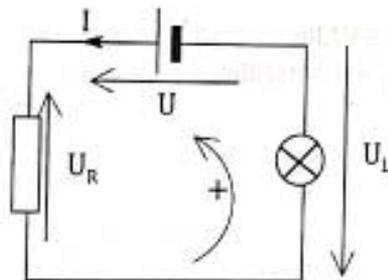
$$T = n_h \cdot k_h \text{ (avec } n_h \text{ : nombre de divisions horizontales)}$$

Application de la loi des mailles

- On représente les tensions électriques aux bornes des différents dipôles. (la flèche de la tension aux bornes du générateur est dans le même sens que la flèche de I ; la flèche de la tension aux bornes d'un récepteur est de sens opposé à celui de I).
- On se donne un sens positif de parcours et on établit la somme algébrique des tensions. Lorsque la flèche de la tension est dans le sens positif choisi, elle est comptée positivement ; dans le cas contraire elle est comptée négativement.

Exemple : la loi des mailles appliquée au circuit ci-dessous

$$U - U_R - U_L = 0 \text{ donc } U = U_R + U_L$$



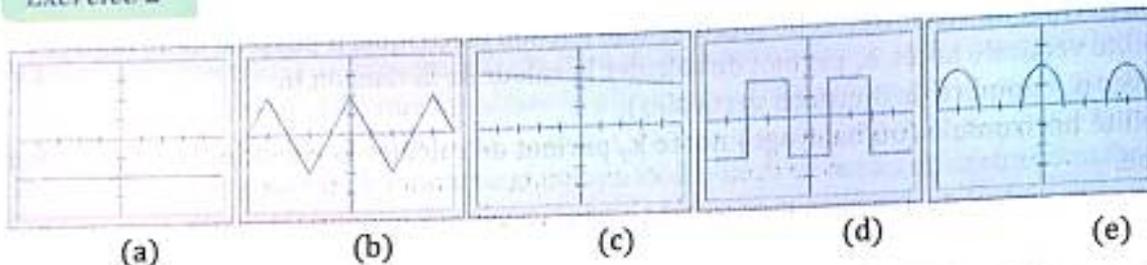
IV- EXERCICES RÉVOLUS

Exercice 1

Reproduis le tableau ci-dessous et mets une croix dans la case correspondante pour chacune des propositions.

N°	Proposition	Vrai	Faux
a)	La tension est une différence d'états électriques entre deux points d'un circuit électrique.		
b)	La tension est une grandeur algébrique.		
c)	La tension U_{AB} aux bornes d'un dipôle AB s'écrit $V_B - V_A$.		
d)	La tension électrique s'exprime en ampères.		

Exercice 2

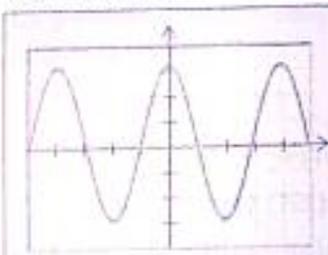


Indique parmi ces tensions électriques, celle(s) qui est (sont) :

- 1- continue (s) ;
- 2- variable (s) ;
- 3- périodique (s) ;
- 4- alternative (s) ;
- 5- constante (s).

Exercice 3

Tu branches un oscilloscope aux bornes d'un générateur et tu obtiens le signal ci-dessous.



Sensibilité verticale : $k_v = 2 \text{ V/div}$
Sensibilité horizontale : $k_H = 10 \text{ ms/div}$

Détermine, pour cette tension :

- 1- la période T ;
- 2- la fréquence N ;
- 3- la tension maximale U_m ;
- 4- la tension efficace U .

Résolution de l'exercice 1

N°	Proposition	Vrai	Faux
a)	La tension est une différence d'états électriques entre deux points d'un circuit électrique.	×	
b)	La tension est une grandeur algébrique	×	
c)	La tension U_{AB} aux bornes d'un dipôle AB s'écrit $V_B - V_A$		×
d)	La tension électrique s'exprime en ampères.		×

Commentaire :

- a) Vrai : la tension est une différence d'états électriques entre deux points d'un circuit électrique.
- b) Vrai : la tension est une grandeur algébrique.
- c) Faux : la tension U_{AB} aux bornes d'un dipôle AB s'écrit $V_A - V_B$.
- d) Faux : la tension électrique s'exprime en volt.

Résolution de l'exercice 2

- 1- Tensions continues : a, c et e.
- 2- Tensions variables : b, c, d et e.
- 3- Tensions périodiques : b, d et e.
- 4- Tensions alternatives : b et d.
- 5- Tension constante a.

Commentaire :

- 1- Une tension continue est une tension dont le signe ne varie pas au cours du temps.
- 2- Une tension variable est une tension dont la valeur change au cours du temps.
- 3- Une tension est dite périodique si au cours du temps ses variations se répètent de manière régulière.
- 4- Une tension alternative est une tension qui change de valeur et de signe au cours du temps.
- 5- Une tension constante est une tension qui ne change pas de valeur et de signe au cours du temps.

Résolution de l'exercice 3

1- La période est :

$$T = 4 \text{ div} \times 10 \text{ ms/div} = 40 \text{ ms} = 0,04 \text{ s}$$

2- La fréquence est :

$$N = \frac{1}{T} \quad \text{AN : } N = \frac{1}{0,04} = 25 \text{ Hz}$$

3- La tension maximale est :

$$U_{\text{max}} = 3 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} = 6 \text{ V}$$

4- La tension efficace est :

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \quad \text{AN : } U_{\text{eff}} = \frac{6}{\sqrt{2}} = 4,24 \text{ V}$$

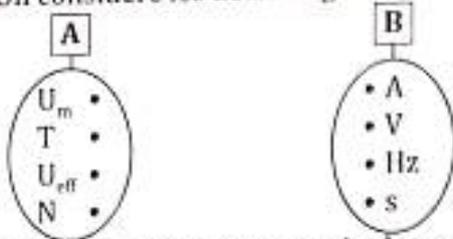
Commentaire :

- 1- Utiliser la sensibilité horizontale k_h pour la période.
- 2- Utiliser la relation entre la fréquence et la période.
- 3- Utiliser la sensibilité verticale k_v pour la tension maximale.
- 4- Utiliser la relation entre la tension efficace et la tension maximale.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 On considère les deux diagrammes ci-dessous :



Reproduis et relie par un trait chaque grandeur physique de la liste A au symbole de son unité de la liste B.

2 Récopie et complète les phrases ci-dessous par les mots ou groupes de mots qui conviennent.

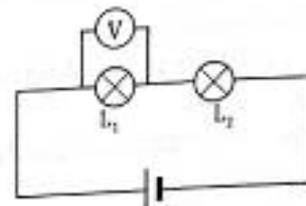
- 1- La tension est une entre deux points d'un circuit électrique.
- 2- La valeur de la tension électrique peut être positive ou négative ; c'est donc une grandeur
- 3-est la plus petite durée de temps au bout de laquelle un phénomène se reproduit identique à lui-même.
- 4- L'unité internationale de fréquence est le
- 5- La valeur efficace de la tension se mesure avec un

3 Récopie, pour chacune des propositions, le numéro et écris à la suite la lettre V si la proposition

est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

- 1- Dans un circuit série, la tension aux bornes du générateur est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle du circuit.
- 2- La relation qui lie la tension efficace et la tension maximale est $U_{eff} = U_m \times \sqrt{2}$.
- 3- Un courant ne peut traverser un dipôle que s'il existe une tension entre ses bornes.
- 4- Une tension variable est une tension dont la valeur change au cours du temps.

4 Tu découvres dans un livre de sciences, le schéma ci-dessous dans lequel les lampes L_1 et L_2 sont identiques.

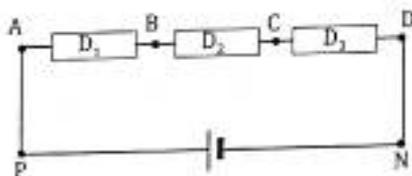


Le calibre du voltmètre choisi est 10V et la lecture faite est égale à 60 divisions.

- 1- Précise l'échelle sur laquelle se fait cette lecture.
- 2- Calcule la tension aux bornes de la lampe L_1 .
- 3- Dédus la tension aux bornes du générateur.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

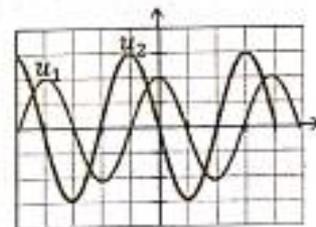
5 Trois dipôles D_1 , D_2 et D_3 sont montés en série comme le montre la figure ci-dessous :



- 1- Reproduis le schéma et représente les tensions U_{AB} , U_{BC} et U_{CD} .
- 2- Donne la relation entre :
 - 2.1- U_{PN} et U_{AD}
 - 2.2- U_{PN} , U_{AB} , U_{BC} et U_{CD} .
- 3- Reproduis et complète le tableau qui suit par les valeurs des tensions inconnues.

$U_{AB}(V)$		4	7
$U_{BC}(V)$	4	3	2
$U_{CD}(V)$	3	5	
$U_{AD}(V)$	9		6

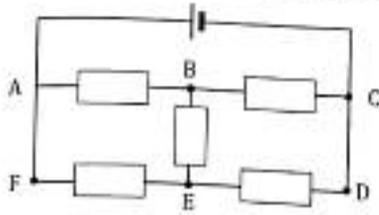
6 Sur l'écran d'un oscilloscope, on observe les tensions sinusoïdales u_1 et u_2 respectivement sur les voies 1 et 2 comme le montre la figure ci-dessous



Réglage : $\left\{ \begin{array}{l} - \text{ balayage : } 50 \mu\text{s/div} \\ - \text{ sensibilité verticale : voie 1 : } 2 \text{ V/div} \\ \phantom{- \text{ sensibilité verticale : }} \text{ voie 2 : } 500 \text{ mV/div} \end{array} \right.$

- 1- Détermine pour chaque tension :
 - 1.1- la période ;
 - 1.2- la fréquence.
- 2- Détermine pour chaque tension la valeur maximale.
- 3- Dédus-en la valeur efficace de chacune d'elles

7 Tu réalises le montage de la figure ci-dessous constitué d'un générateur et de cinq dipôles.



Tu mesures ensuite, à l'aide d'un voltmètre, les tensions aux bornes des dipôles AB, BC et FE et tu obtiens les valeurs suivantes :

$$U_{AB} = 3,5V ; U_{BC} = 5,2V \text{ et } U_{FE} = 2,7V.$$

1- Détermine :

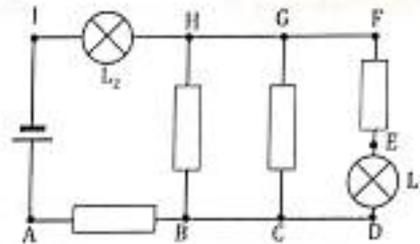
1.1- la tension U_{DE} ;

1.2- la tension U_{ED} ;

2- Dédus de ce qui précède, le sens du courant dans le dipôle BE.

8 Votre Professeur de Physique-Chimie a réalisé le montage schématisé ci-après constitué d'un générateur de tension continue, de deux lampes

et de quatre dipôles.



Il vous donne les valeurs absolues des tensions qu'il a mesurées :

$$|U_M| = 12V ; |U_{CC}| = 8V ; |U_{EF}| = 6,5V \text{ et } |U_{BA}| = 1,5V.$$

1- Détermine la valeur algébrique de chacune de ces tensions.

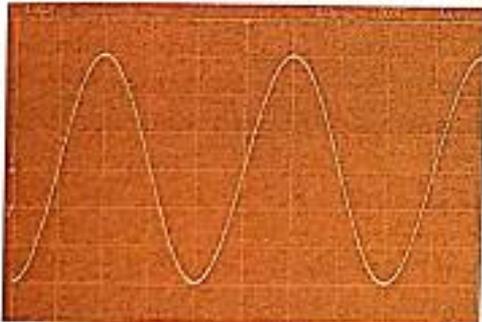
2- Calcule la valeur de :

2.1- la tension U_{DE} aux bornes de L_1 ;

2.1- la tension U_{HI} aux bornes de L_2 .

Situations d'évaluation

9 Au cours d'une séance de travaux-pratiques, le Professeur de Physique-Chimie demande à des élèves d'une classe de 2^{de} de déterminer les caractéristiques d'une tension variable. Pour ce faire, ils branchent un GBF aux bornes d'un oscilloscope et obtiennent le signal ci-dessous.



Données : le balayage horizontal est de 5 ms.div^{-1} ;
la sensibilité verticale est de $0,5 \text{ V.div}^{-1}$.

Élève de cette classe, tu es désigné(e) pour proposer ta solution.

1- Donne la nature de la tension délivrée par le GBF.

2- Détermine :

2.1- la période T de la tension ;

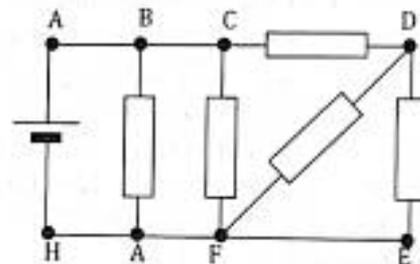
2.2- la fréquence N de la tension.

3- Détermine :

3.1- la valeur de la tension maximale ;

3.2- la valeur efficace de la tension.

10 Au cours d'une séance de travaux-pratiques, le Professeur de Physique-Chimie propose le schéma ci-dessous aux élèves d'une classe de 2^{de} C.



Il leur donne les valeurs des tensions aux bornes des dipôles BG et CD: $U_{BG} = 10 \text{ V}$ et $U_{CD} = 4 \text{ V}$.

Les élèves sont invités à déterminer les tensions U_{CF} , U_{FD} et U_{DE} .

Elève de cette classe, ta contribution est attendue .

1- Représente, par des flèches, les tensions U_{CF} , U_{FD} et U_{DE} .

2- Indique pour ce circuit :

2.1- les nœuds ;

2.2- les branches ;

2.3- le sens du courant électrique dans chaque branche.

3- Détermine les tensions U_{CF} , U_{FD} et U_{DE} .

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

LIGNES À HAUTE TENSION

Les lignes à haute tension sont les lignes principales des réseaux de transport d'électricité. Elles peuvent être aussi bien aériennes que souterraines ou sous-marines, quoique les professionnels réservent plutôt le terme aux liaisons aériennes. Elles servent au transport sur les longues distances de l'électricité produite par les diverses centrales électriques, ainsi qu'à l'interconnexion des réseaux électriques.

Pourquoi utiliser la haute tension ?

Le choix d'utiliser des lignes à haute tension s'impose, dès qu'il s'agit de transporter de l'énergie électrique sur des distances supérieures à quelques kilomètres. Le but est de réduire les chutes de tension en ligne, les pertes en ligne, et également d'améliorer la stabilité des réseaux.

Il est à noter que les pertes en ligne sont dues à l'effet Joule, qui ne dépend que de deux paramètres : la résistance et le courant ($P = R.I^2$). L'utilisation de la haute tension permet, à puissance transportée équivalente, de diminuer le courant, et donc les pertes. Par ailleurs, pour diminuer la résistance, il n'y a que deux facteurs, la résistivité des matériaux utilisés pour fabriquer les câbles de transport et, de la section de ces câbles. À matériaux de fabrication et section équivalents, les pertes sont donc égales, en principe, pour les lignes aériennes et pour les lignes souterraines.

Les lignes à haute tension font partie du domaine " haute tension B " qui comprend les valeurs supérieures à 50 kV en courant alternatif. L'expression très haute tension est parfois utilisée, mais n'a pas de définition officielle. Les tensions utilisées varient d'un pays à l'autre. Schématiquement, dans un pays, on trouvera des tensions de l'ordre de 63 kV à 90 kV pour de la distribution urbaine ou régionale, de l'ordre de 110 à 220 kV pour les échanges entre régions, et de l'ordre de 345 à 500 kV pour les principales interconnexions nationales et internationales. Dans certains pays, on utilise aussi du 800 kV (comme au Canada), et dans l'ex-URSS, des essais de transport en ultra haute tension ont été effectués en 1 500 kV — mais ce type de tension ne se justifie que pour un transport sur une distance de l'ordre du millier de kilomètres, pour lequel un transport en courant continu peut être une alternative intéressante.



LEÇON 10

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE QUELQUES DIPÔLES PASSIFS

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	le schéma du montage potentiométrique.
Tracer	les caractéristiques de quelques dipôles passifs : - conducteur ohmique ; - lampe à incandescence ; - diode au silicium ; - diode Zener.
Reconnaître	un dipôle passif.
Déterminer	<ul style="list-style-type: none"> la résistance d'un conducteur ohmique. les tensions seuil de la diode au silicium et de la diode Zener. la tension Zener de la diode Zener.
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> la loi d'Ohm. les tensions seuil des diodes. la tension Zener de la diode Zener.
Appliquer	la loi d'Ohm.
Déterminer	la résistance équivalente de l'association de deux conducteurs ohmiques : - en série ; - en dérivation.
Tracer	la caractéristique de l'association de deux conducteurs ohmiques : - en série ; - en dérivation.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Dipôles
- Dipôles passifs
- Caractéristiques intensité-tension
- Conductance
- Tension seuil
- Tension Zener
- Limites d'utilisation
- Diode bloquée
- Diode passante
- Code de couleurs

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves d'une classe de seconde C d'un Lycée Moderne, lors d'une visite dans un atelier de réparation d'appareils électro-ménagers, découvrent des composants électroniques : des diodes, des lampes à incandescence et des conducteurs ohmiques.

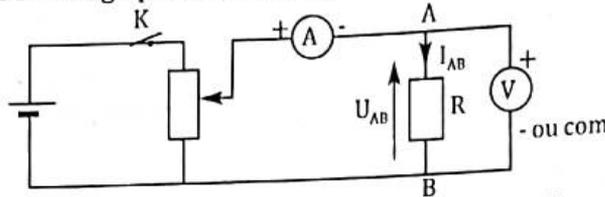
Cette découverte suscite un débat. Certains soutiennent que ces composants se comportent de la même façon dans un circuit électrique ; d'autres ne sont pas de cet avis. Le lendemain, en classe, ils partagent leurs avis avec leurs camarades. Ensemble, avec l'aide du professeur, ils entreprennent de tracer les caractéristiques de quelques dipôles passifs, de les exploiter et de déterminer la résistance équivalente de l'association de deux conducteurs ohmiques.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : TRACER LA CARACTÉRISTIQUE INTENSITÉ-TENSION D'UN CONDUCTEUR OHMIQUE

1- Réalise le montage potentiométrique suivant :



Document 1 : Montage potentiométrique d'étude d'un dipôle passif

- 2- Fais varier la tension U_{AB} et relève les valeurs (U_{AB} , I_{AB}) dans un tableau.
- 3- Inverse les bornes du dipôle AB et reprend les mêmes mesures.
- 4- Trace la caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$.

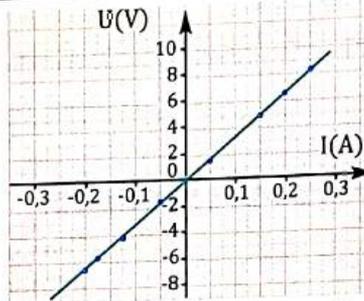
Échelle: 1cm \longrightarrow 0,5V
 1cm \longrightarrow 50mA

Je fais le point de l'activité

- Tableau de mesures

I(mA)	-200	-175	-125	-50	0	50	150	200	250
U(V)	-6,6	-5,78	-4,13	-1,65	0	1,65	4,95	6,6	8,25

- Courbe $U_{AB} = f(I_{AB})$



- Le conducteur ohmique est un dipôle passif, linéaire et symétrique.
- La loi d'Ohm aux bornes d'un conducteur ohmique est $U_{AB} = RI_{AB}$, R est la résistance du conducteur ohmique. $G = \frac{1}{R}$ est sa conductance mesurée en siemens (S).

Remarque : dipôle passif signifie qu'en absence de courant électrique, le dipôle ne possède pas de tension à ses bornes.

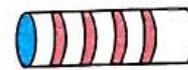
- Utilisation du code des couleurs

Certains conducteurs ohmiques portent des anneaux codés. Tu peux déterminer la valeur de la résistance électrique grâce au code des couleurs.

Un code des couleurs par anneau

de couleurs indique la valeur de chaque résistance :

- le 1^{er} anneau donne le chiffre des unités ;
- le 2^e anneau indique le chiffre des dizaines ;
- le 3^e anneau donne l'exposant de la puissance.



Black	Noir	0	0	$\times 1$
Brown	Marron	1	1	$\times 10$
Red	Rouge	2	2	$\times 100$
Orange	Orange	3	3	$\times 1000$
Yellow	Jaune	4	4	$\times 10000$
Green	Vert	5	5	$\times 100000$
Blue	Bleu	6	6	$\times 1000000$
Violet	Violet	7	7	$\times 10000000$
Grey	Gris	8	8	$\times 100000000$
White	Blanc	9	9	$\times 1000000000$

Document 6 : Code de couleurs des conducteurs ohmiques

J'évalue mes acquis



Exercice 1

Soit U_{AB} la tension aux bornes d'un conducteur ohmique et I_{AB} l'intensité du courant qui le traverse.

On obtient le tableau de mesures suivant :

U_{AB} (V)	1	2	3	4	5	6
I_{AB} (A)	0,055	0,110	0,160	0,216	0,270	0,325

1- Trace la caractéristique intensité-tension du conducteur ohmique à l'échelle : 1 cm pour 0,055 A et 1 cm pour 1 V.

2-

2.1-Exploite la courbe pour déterminer la résistance R du conducteur ohmique.

2.2-Déduis-en sa conductance G.

Exercice 2

Détermine les valeurs des résistances des conducteurs ohmiques dont les anneaux ont les couleurs suivantes :

Anneau	couleurs		
1 ^{er}	Marron	Jaune	Rouge
2 ^{ème}	Noir	Violet	Bleu
3 ^{ème}	Rouge	Orange	Jaune
	R =	R =	R =

Exercice 3

Détermine la valeur de la résistance de ce conducteur ohmique.



ACTIVITÉ 2 : DÉTERMINER LA RÉSISTANCE ÉQUIVALENTE DE RÉSISTANCES MONTÉES EN SÉRIE, EN PARALLÈLE

Ton groupe de travaux pratiques réalise deux montages avec des conducteurs ohmiques de résistances $R_1 = 33 \Omega$ et $R_2 = 10 \Omega$.

Montage 1 : les conducteurs ohmiques sont en série.

Montage 2 : les conducteurs ohmiques sont en parallèle.

1- Exploitation du montage 1

- Mesure avec l'ohmmètre la résistance totale du dipôle ainsi constitué.
- Compare la valeur mesurée à $R_1 + R_2$.

2- Exploitation du montage 2

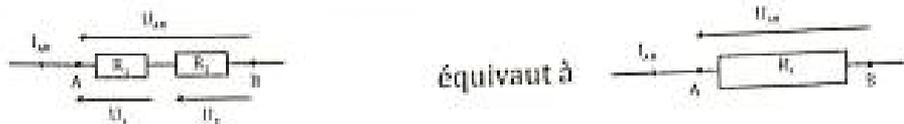
- Mesure avec l'ohmmètre la résistance totale du dipôle ainsi constitué.

- Compare l'inverse de la valeur mesurée à $\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

Je fais le point de l'activité

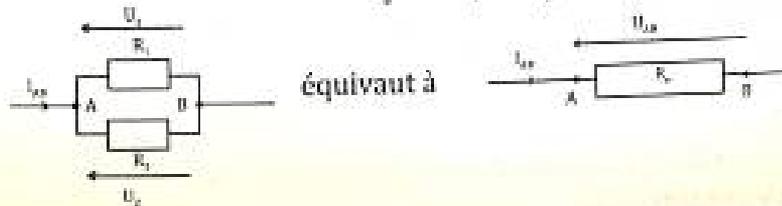
Dans le montage 1, $R_e = R_1 + R_2$; $R_e = 43 \Omega$.

Lorsque deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 sont montés en série, la résistance équivalente R_e est égale à la somme de R_1 et R_2 : $R_e = R_1 + R_2$.



Dans le montage 2, $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$; $R_e = 7,5 \Omega$.

Lorsque deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 sont montés en dérivation, la résistance équivalente R_e est telle que: $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ d'où $R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$.



J'évalue mes acquis



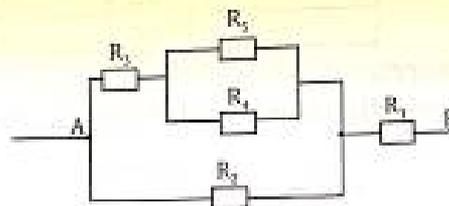
On te propose le montage ci-dessous.

Données :

$R_1 = 100 \Omega$; $R_2 = 1,2 \text{ k}\Omega$;

$R_3 = 200 \Omega$; $R_4 = 200 \Omega$;

$R_5 = 1 \text{ k}\Omega$



1- Détermine :

1.1- la résistance équivalente R_{e1} à l'association de R_4 et R_5 .

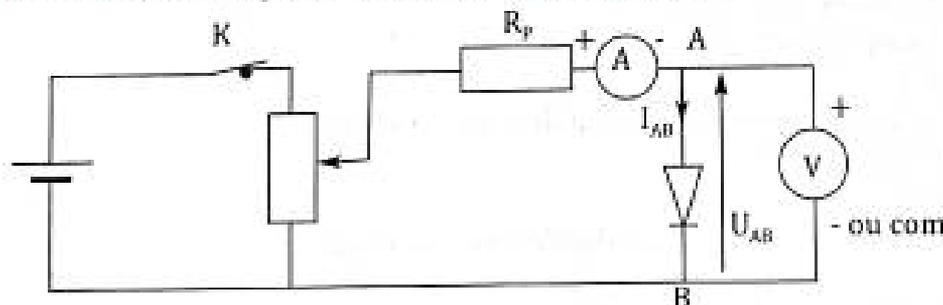
1.2- la résistance équivalente R_{e2} à l'association de R_3 et R_{e1} .

1.3- la résistance équivalente R_{e3} à l'association de R_2 et R_{e2} .

2- Dédus-en la résistance équivalente R_e à l'association des conducteurs ohmiques entre A et B.

ACTIVITÉ 3 : TRACER LA CARACTÉRISTIQUE TENSION-INTENSITÉ D'UNE DIODE AU SILICIUM

Tu réalises le montage potentiométrique ci-dessous :



Document 2. Etude expérimentale d'une diode au silicium

1- Fais varier la tension U_{AB} à partir de zéro et relève les valeurs (U_{AB} , I_{AB}) dans un tableau.

2- Inverse les bornes du dipôle AB et reprend les mêmes mesures.

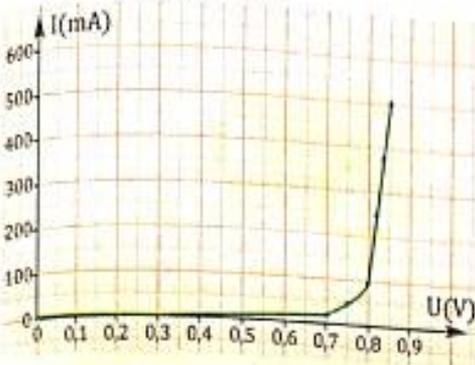
3- Trace la caractéristique $I_{AB} = f(U_{AB})$.

Je fais le point de l'activité

- Tableau de mesures

U(V)	0	0,7	0,75	0,8	0,825	0,84	0,85
I(mA)	0	12,5	37,5	100	250	375	500

- Courbe $U_{AB} = f(I_{AB})$



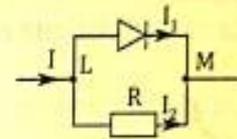
- Lorsque $U_{AB} < 0,6V$, $I_{AB} = 0 A$: la diode se comporte comme un interrupteur ouvert. La diode est bloquée.
- Lorsque $U_{AB} \geq 0,6V$, $I \neq 0$: la diode se comporte comme un conducteur ohmique. La diode est passante.

J'évalue mes acquis



Le circuit schématisé ci-contre comprend un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$ et une diode au silicium. Lorsque la diode est passante, la tension à ses bornes reste égale à $U_s = 0,6 V$. On donne $I = 100 mA$.

- 1- Donne la valeur de U_{LM} .
- 2- Détermine les valeurs de I_1 et I_2 .



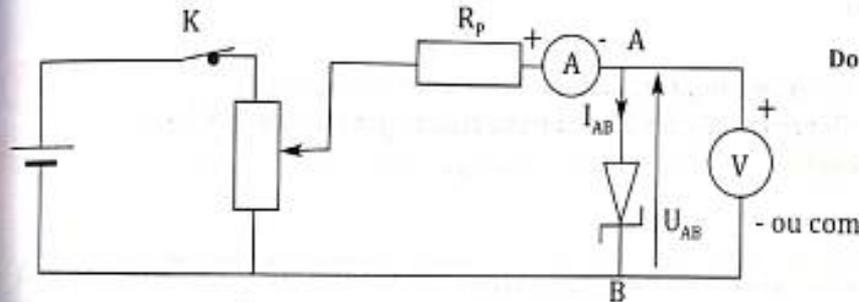
ACTIVITÉ 4 : TRACER LA CARACTÉRISTIQUE TENSION-INTENSITÉ D'UNE DIODE ZENER

Soit la diode zener du document 3.

- 1- Recherche son symbole.
- 2- Tu réalises le montage potentiométrique ci-dessous avec cette diode zener.



Document 3 : Une diode zener



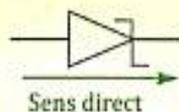
Document 4. Étude expérimentale d'une diode Zener

- 3- Fais varier la tension U_{AB} à partir de zéro et relève les valeurs (U_{AB} , I_{AB}) dans un tableau.
- 4- Inverse les bornes du dipôle AB et reprend les mêmes mesures.
- 5- Trace la caractéristique $I_{AB} = f(U_{AB})$.
- 6- Trouve les zones de fonctionnement de la diode Zener.

Je fais le point de l'activité

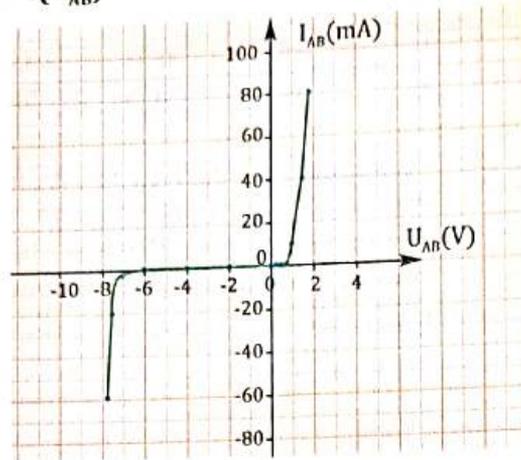
La diode zener a pour symbole:

- Tableau de mesures



$U_{AB}(V)$	-7,8	-7,6	-7	-6	-4	-2	0	0,2	0,4	0,6	1,4	1,6	1,8
$I_{AB}(mA)$	-60	-20	-2	0	0	0	0	0	0	0	10	40	80

- Courbe $I_{AB} = f(U_{AB})$



Contrairement à une diode au silicium, la diode Zener laisse passer le courant électrique dans les deux sens.

La caractéristique passe par le point origine des axes (0), donc la diode Zener est un dipôle passif.

La caractéristique est asymétrique, donc les bornes de la diode Zener ne jouent pas le même rôle.

On appelle **tension Zener**, notée U_z , la tension pour laquelle une diode devient conductrice dans le sens inverse.

La caractéristique intensité-tension de la diode Zener comporte trois parties:

- Lorsque $U_z \leq U_{AB} \leq 0,6 \text{ V}$, $I_{AB} = 0$, la diode ne laisse pas passer le courant. Elle se comporte comme un interrupteur ouvert.

- Lorsque $U_{AB} > 0,6 \text{ V}$, $I_{AB} \neq 0$, la diode laisse passer le courant dans le sens direct.

- Lorsque $U_{AB} < U_z$, $I_{BA} \neq 0$, la diode laisse passer le courant dans le sens inverse.

Ainsi on a ici :

- tension seuil $U_s = 0,6 \text{ V}$;

- tension Zener $U_z = 6,8 \text{ V}$.

Conclusion

Dans le sens direct, la diode Zener se comporte comme une diode a jonction.

Dans le sens inverse, la diode Zener laisse passer le courant électrique si la tension à ses bornes est supérieure à la tension Zener.

J'évalue mes acquis



Soit le circuit électrique schématisé ci-dessous :

Ce circuit est composé d'un générateur idéal de tension $E = 9 \text{ V}$, d'un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$ et d'une diode Zener idéale D' , sans tension de seuil U_s et de tension Zener $U_z = 8 \text{ V}$.

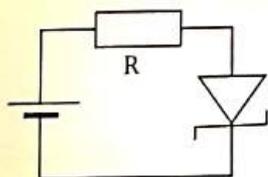


Figure 1

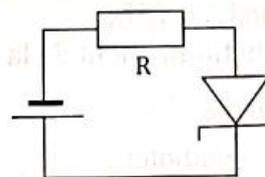
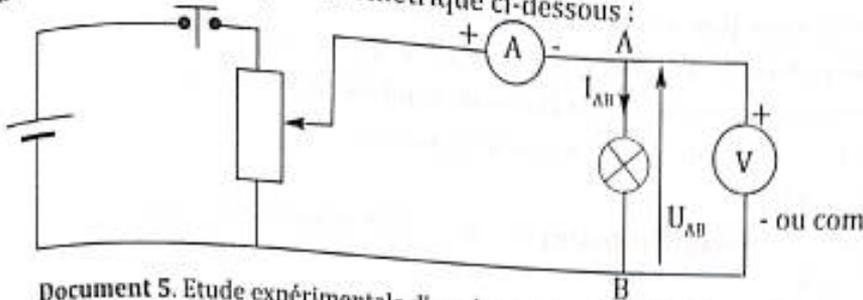


Figure 2

- 1- Détermine l'intensité du courant dans le circuit de la figure 1
- 2- On retourne le générateur pôle pour pôle électrique (Figure 2).
 - 2.1- Le circuit est-il parcouru par un courant ?
 - 2.2- Si oui, détermine son intensité I'.

ACTIVITÉ 5 : TRACER LA CARACTÉRISTIQUE INTENSITÉ-TENSION D'UNE LAMPE À INCANDESCENCE

Tu réalises le montage potentiométrique ci-dessous :



Document 5. Etude expérimentale d'une lampe à incandescence

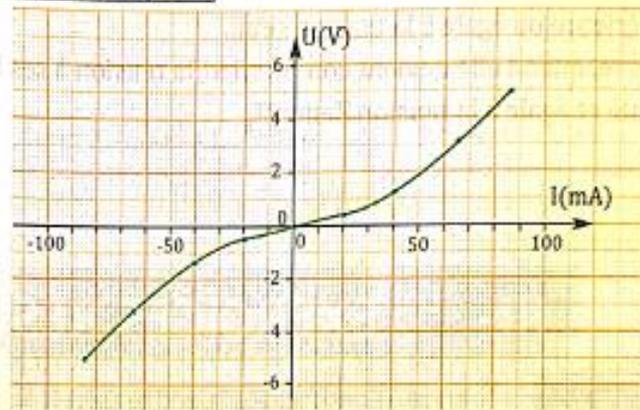
- 1- A partir de zéro, fait varier la tension U_{AB} et relève les valeurs (U_{AB} , I_{AB}) dans un tableau.
- 2- Inverse les bornes du dipôle AB et reprend les mêmes mesures.
- 3- Trace la caractéristique $U_{AB} = f(I_{AB})$

Je fais le point de l'activité

- Tableau de mesures.

I_{AB} (mA)	-85	-65	-40	-20	0	20	40	65	85
U_{AB} (V)	-5	-3,1	-1,3	-0,35	0	0,35	1,3	3,1	5

- Courbe $U_{AB} = f(I_{AB})$

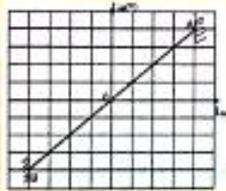


La lampe à incandescence est un dipôle passif symétrique et non linéaire.

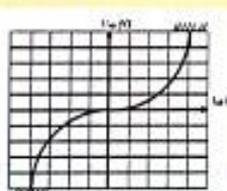
l'évalue mes acquis



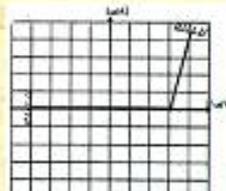
Associe à chacun des dipôles suivants, le numéro de la caractéristique : conducteur ohmique, diode au silicium, lampe à incandescence, diode Zener.



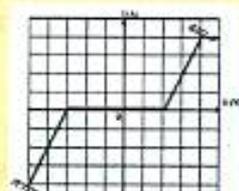
①



②



③



④

II- RÉSUMÉ DE COURS

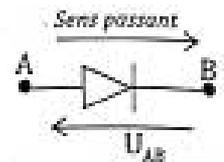
- Un dipôle est un composant électrique qui possède deux bornes.
- La tension aux bornes d'un dipôle passif est nulle en circuit ouvert.
- Pour certains dipôles passifs, la tension mesurée en courant direct est l'opposé de celle qui est mesurée en courant inverse. Ces dipôles passifs sont dits symétriques (les conducteurs ohmiques, les lampes à incandescence...)

Étude expérimentale de quelques dipôles passifs

Les dipôles passifs qui n'ont pas cette propriété sont dits non symétriques. Exemples : la diode au silicium, la diode Zener..

- Le conducteur ohmique est un dipôle passif, linéaire et symétrique.
- La loi d'Ohm pour un conducteur ohmique s'exprime par la relation $U_{AB} = R I_{AB}$.
R est la résistance du conducteur ohmique (l'unité est l'Ohm de symbole Ω).
- L'inverse de la résistance est la conductance G du conducteur ohmique.
 $G = \frac{1}{R}$ (G en siemens de symbole S).
- La résistance R de l'association de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 :
 - en série est égale à $R = R_1 + R_2$;
 - en parallèle est égale à $R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$, soit $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$.

• La diode à jonction laisse passer le courant dans le sens passant (ou sens direct) si la tension U_{AB} est supérieure ou égale à la tension seuil U_s .

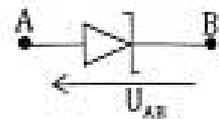


Une diode à jonction a deux états de fonctionnement :

- si $U_{AB} < U_s$ alors $i_{AB} = 0$: la diode est bloquée ;
- si $U_{AB} \geq U_s$ alors $i_{AB} \neq 0$: la diode est passante.

Lorsque la diode est passante, la tension à ses bornes est pratiquement égale à la tension seuil.

• La diode Zener est conductrice en courant direct si la tension à ses bornes est supérieure ou égale à la tension seuil.



En inverse, quand elle devient conductrice, la tension à ses bornes est constante et égale à la tension Zener U_z .

III- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Une diode Zener a pour tension seuil $U_s = 0,6 \text{ V}$ et pour tension Zener $U_z = 0,7 \text{ V}$. La puissance maximale qu'elle peut consommer est la même en direct et en inverse : $P_{\max} = 0,5 \text{ W}$.

- 1- Détermine les limites des intensités des courants électriques qui traversent cette diode branchée en direct et en inverse.
- 2- Trace l'allure de la caractéristique de cette diode Zener.

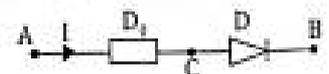
Exercice 2

Un conducteur ohmique est traversé par un courant électrique d'intensité $0,25 \text{ A}$; la tension aux bornes de ce dipôle est alors égale à 24 V .

- 1- Détermine sa résistance.
- 2- Détermine la tension à ses bornes lorsqu'il est traversé par un courant d'intensité $I = 0,1 \text{ A}$.

Exercice 3

Dans l'association des dipôles ci-contre, D_0 est un conducteur ohmique de résistance $R = 100 \Omega$ et D est une diode idéale de tension seuil $U_s = 0,6 \text{ V}$. Un courant électrique d'intensité $I = 50 \text{ mA}$ circule de A vers B.



- 1- Donne l'allure de la caractéristique tension-intensité de la diode parfaite.
- 2- Explique le fonctionnement de la diode.
- 3- Détermine les tensions U_{AC} , U_{CB} et U_{AB} .

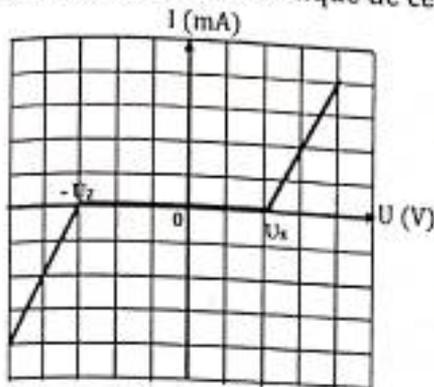
Résolution de l'exercice 1

1- Les valeurs limites de I

En courant direct, on a $P_{max} = U_s \times I_{max}$ donc $I_{max} = \frac{P_{max}}{U_s} = \frac{0,5}{0,6} = 0,83 \text{ A}$.

En courant inverse, on a $P_{max} = -U_z \times I_{min}$ donc $I_{min} = \frac{-P_{max}}{U_z} = \frac{0,5}{0,7} = -0,71 \text{ A}$.

2- L'allure de la caractéristique de cette diode Zener



Commentaire :

- Connaître et savoir exploiter la relation de la puissance électrique reçue par un dipôle.
- Connaître les allures de la caractéristique du conducteur ohmique, de la diode Zener et de la diode au silicium.

Résolution de l'exercice 2

1.1-Détermination de R

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{A.N: } R = \frac{24}{0,25} = 96 \Omega$$

1.2- Détermination de U

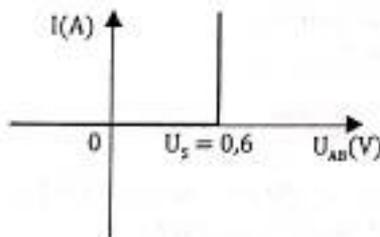
$$U = RI \quad \text{A.N: } U = 96 \times 0,1 = 9,6 \text{ V}$$

Commentaire :

- Savoir appliquer la relation $U = R \times I$.
- Savoir déduire de l'expression $U = R \times I$, les expressions de $R = \frac{U}{I}$ et $I = \frac{U}{R}$.

Résolution de l'exercice 3

1- Caractéristique tension-intensité de la diode



2- Explication :

Pour $U_{CB} < U_s$, $I = 0$: la diode est bloquée.

Pour $U_{CB} \geq U_s$, $I \neq 0$: la diode est passante.

3. Détermination des tensions U_{AC} , U_{CB} et U_{AB} .

- $U_{AC} = RI$ A.N : $U_{AC} = 100 \times 0,05 = 5 \text{ V}$
- $U_{CB} = U_s = 0,6 \text{ V}$
- $U_{AB} = U_{AC} + U_{CB} = 5,6 \text{ V}$

Commentaire :

- 1- Connaître les caractéristiques de quelques dipôles passifs, à savoir le conducteur ohmique, la lampe à incandescence, la diode au silicium et la diode Zener.
 - 2- Les diodes Zener et au silicium se comportent comme un interrupteur ouvert lorsque la tension à leurs bornes U est inférieure à la tension seuil (U_s).
 - 3- La tension aux bornes d'un conducteur ohmique se détermine à partir de la loi d'Ohm : $U = R \times I$.
- Les dipôles D_0 et D sont montés en série, la tension électrique aux bornes de l'association se détermine en appliquant la loi d'additivité des tensions.

IV- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Pour chacune des propositions ci-dessous, recopie le numéro et écris à la suite la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

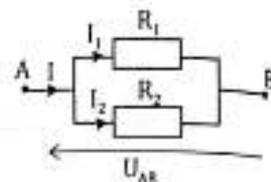
- 1- La tension à vide aux bornes d'un dipôle passif est nulle.
- 2- La résistance équivalente à l'association en série de plusieurs conducteurs ohmique est la somme des résistances de chaque conducteur ohmique.
- 3- La diode Zener n'est conductrice qu'en courant direct.
- 4- Une diode au silicium est passante en courant inverse.
- 5- Un conducteur ohmique est un dipôle passif.
- 6- Un dipôle possède deux bornes.
- 7- La résistance d'un conducteur ohmique dépend de la tension électrique à ses bornes.
- 8- La diode au silicium est traversée par un courant si la tension à ses bornes est comprise entre 0 et 0,6 V.

2 L'équation de la caractéristique d'un conducteur ohmique est $I = 0,5 \cdot 10^{-2} U$ lorsque I et U sont exprimées dans les unités du système international.

- 1- Rappelle les noms et les unités des grandeurs U et I.
- 2- Donne le nom et l'unité de la grandeur dont la valeur est ici égale à $I = 0,5 \cdot 10^{-2} U$.
- 3- Détermine la résistance de ce conducteur ohmique.

3 La tension électrique aux bornes de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 associés en dérivation comme l'indique

la figure est $U_{AB} = 4,5$ V. L'intensité du courant est $I = 0,9$ A.



On donne $I_1 = 0,6$ A.

- 1- Détermine la résistance du dipôle AB.
- 2- Détermine les valeurs de R_1 , I_2 et R_2 .

4 Détermine la valeur de la résistance d'un conducteur ohmique à partir du code de couleur des anneaux imprimés sur ce conducteur.

1,2,3 : Chiffres significatifs

4 : Multiplicateur

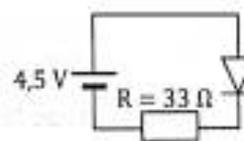
5 : Tolérance



Détermine la valeur de la résistance du conducteur ohmique de cette figure en te référant à l'activité 2.

5 Détermine l'intensité du courant dans le circuit schématisé ci-contre :

- 1- En supposant la tension de seuil de la diode négligeable.
- 2- En prenant la tension seuil $U_s = 0,8$ V.



Exercices de renforcement/ Approfondissement

6 La portion du circuit AC est constitué de 4 conducteurs ohmiques disposés comme l'indique le schéma ci-dessous.

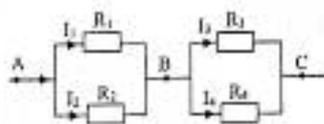
On donne :

$R_1 = 16 \Omega$; $R_2 = 4 \Omega$;

$R_3 = 6 \Omega$;

$I_3 = 0,1$ A ; $U_{BC} = 2,1$ V

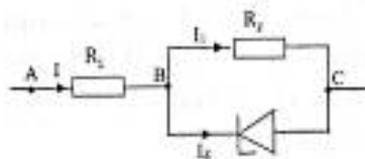
- 1- Détermine U_{AB} , I_2 et I.
- 2- Détermine I_3 , I_4 et R_4 .
- 3- Détermine les résistances des dipôles AB, BC et AC.



7 On réalise le montage ci-dessous à l'aide d'une diode Zener parfaite de tension U_z .

On donne : $U_z = 3,6$ V ; $I_z = 0,25$ A ; $R_1 = R_2 = 10 \Omega$.

Détermine I_1 , I, U_{BC} , U_{AB} , U_{AC}

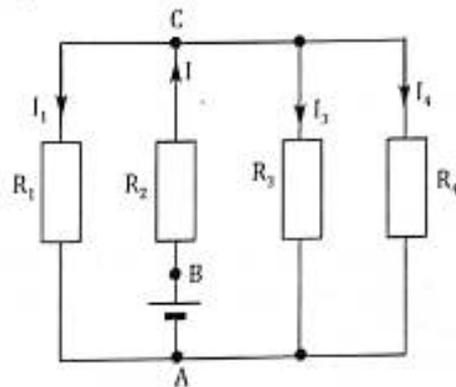


8. Dans le circuit ci-dessous, les conducteurs ohmiques ont pour résistances R_1 , R_2 , R_3 et R_4 . L'ensemble des quatre conducteurs ohmiques est équivalent, pour la pile, à un résistor unique R branché entre A et B.

Données : $U_{BA} = 4,10 \text{ V}$; $R_1 = 150 \Omega$; $R_2 = 70 \Omega$; $R_3 = 50 \Omega$ et $R_4 = 200 \Omega$.

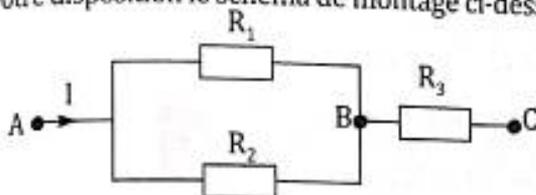
- 1- Détermine :
 - 1.1- la valeur de R ;
 - 1.2- la valeur de l'intensité I du courant débité par la pile.
- 2- Déduis-en les valeurs de U_{BC} et de U_{CA} .

- 3- Détermine les intensités I_1 , I_3 et I_4 des courants qui traversent les conducteurs ohmiques R_1 , R_3 et R_4 .



Situations d'évaluation

9. Après le cours intitulé « Étude expérimentale de quelques dipôles passifs », votre professeur veut évaluer vos acquis. Pour ce faire, il met à votre disposition le schéma de montage ci-dessous :



Il applique entre A et C une tension U_{AC} .
Données : $U_{AC} = 12 \text{ V}$; $R_1 = 27 \Omega$; $R_2 = 33 \Omega$ et $R_3 = 50 \Omega$.

Étant élève de la classe, réponds aux consignes ci-dessous.

- 1- Représente la tension U_{AC} .
- 2- Détermine :
 - 2.1- la résistance équivalente à l'association des conducteurs ohmiques entre A et B ;
 - 2.2- la résistance équivalente entre A et C.
- 3- Détermine :
 - 3.1- l'intensité du courant qui traverse le conducteur ohmique de résistance R_3 ;
 - 3.2- les tensions U_{BC} et U_{AB} ;
 - 3.3- les intensités des courants I_1 et I_2 qui traversent les conducteurs ohmiques de résistances respectives R_1 et R_2 .

10. Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe de travail doit identifier un dipôle à partir du tracé de sa caractéristique.

Pour cela, il réalise les trois expériences suivantes :

- Expérience 1 :
La mesure de la tension électrique aux bornes du

dipôle en fonction de l'intensité du courant dans le circuit a donné les résultats consignés dans le tableau ci-dessous.

Intensité I (mA)	0	0	8	30	60	100	140	180	210
Tension U (V)	0	0,4	0,5	0,58	0,64	0,68	0,7	0,72	0,74

- Expérience 2 :

En inversant les bornes du dipôle, le groupe constate que l'intensité du courant est $I = 0 \text{ A}$ pour toute valeur négative de U .

- Expérience 3 :

Le groupe associe en série au dipôle, un conducteur ohmique de résistance inconnue et une pile qui maintient entre ses bornes une tension U_{PN} . Un ampèremètre mesure l'intensité I du courant.

Il vous est demandé d'identifier ce dipôle à partir de sa caractéristique et de déterminer la valeur de la résistance inconnue.

Données : $U_{PN} = 4,5 \text{ V}$; $I = 150 \text{ mA}$.

- 1- Trace la caractéristique tension-intensité du dipôle à l'échelle 1 cm pour 20 mA et 1 cm pour 0,2 V.
- 2- Précise la nature de ce dipôle.
- 3- Détermine graphiquement la valeur de la tension U qu'il faut appliquer aux bornes du dipôle pour que l'intensité du courant qui le traverse soit $I = 150 \text{ mA}$.
- 4- Détermine :
 - 4.1- la tension U_R aux bornes du conducteur ohmique en appliquant la loi des mailles .
 - 4.2- la valeur de la résistance R du conducteur ohmique.

Étude expérimentale de quelques dipôles passifs

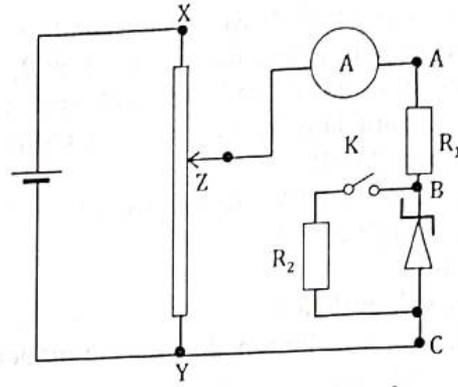
Lors d'une séance de travaux pratiques, le professeur met à la disposition de ton groupe, le montage potentiométrique schématisé ci-contre. L'interrupteur K est ouvert : l'ampèremètre indique $I_0 = 176 \text{ mA}$.

Vous faites varier l'intensité du courant à l'aide du potentiomètre et pour une nouvelle position du curseur, vous lisez $I_1 = 127 \text{ mA}$.

Données : $R_1 = 30 \Omega$; $R_2 = 80 \Omega$. La diode Zener a une tension Zener $U_z = 4,2 \text{ V}$.

Le professeur vous demande de déterminer l'état de la diode pour cette dernière valeur de l'intensité du courant.

Propose ta contribution au groupe.



1- Indique le sens du courant dans la portion ABC lorsque l'interrupteur est ouvert.

2- Détermine, lorsque l'interrupteur est ouvert :
 2.1- les tensions U_{BC} , U_{AB} et U_{AC} ;
 2.2- le sens dans lequel il faut déplacer le curseur Z pour diminuer l'intensité du courant.

3- Détermine pour I_1 :
 3.1- l'état de la diode Zener (passante ou bloquer) ;
 3.2- les tensions U_{AB} et U_{AC} .

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

LES CONDUCTEURS OHMIQUES DES SÉRIES E12 ET E24

Les principales séries de résistances sont les séries E12 et E24 de tolérance 5% et de puissances 0,25 - 0,33 - 0,5 - 1 - 2 watts.

Série E12	10	12	15	18	22	27	33	39	47	56	68	82												
Série E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

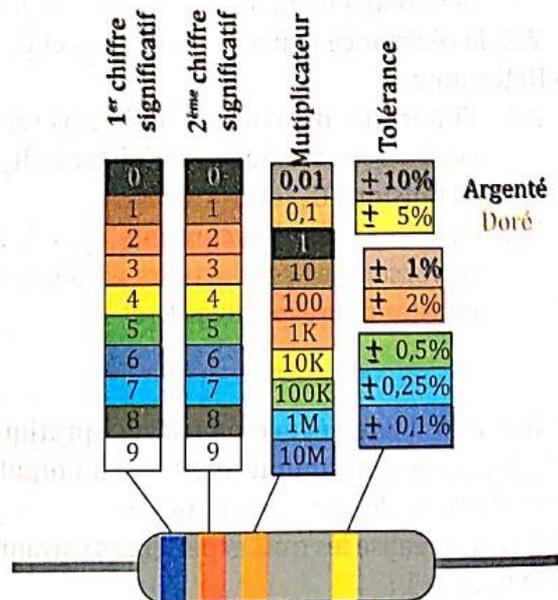
Si on prend par exemple la valeur 47 de la série E12, on pourra trouver des résistances de $4,7 \Omega$ ou 47Ω ou 470Ω ou $4,7 \text{ k}\Omega$ et ainsi de suite.

Plus la puissance supportée par le conducteur ohmique est importante, plus il est gros.

Il existe évidemment une très grande variété de conducteurs ohmiques de formes, de valeurs, de précisions et de puissances différentes.

Le 4^e anneau est l'anneau de tolérance, il indique l'erreur maximale tolérée lors de la fabrication de ce conducteur ohmique en usine, doré égale à 5% maximum de la valeur théorique.

Exemple : 4 anneaux sont (dans l'ordre) : [Jaune, Violet, Marron et doré], ce qui nous donne 47 fois 10 puissance $1 \pm 5\%$ donc $47 \times 10 \pm 5\% \Omega = 470 \Omega \pm 5\%$.



LEÇON 11

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE D'UN DIPÔLE ACTIF. POINT DE FONCTIONNEMENT

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

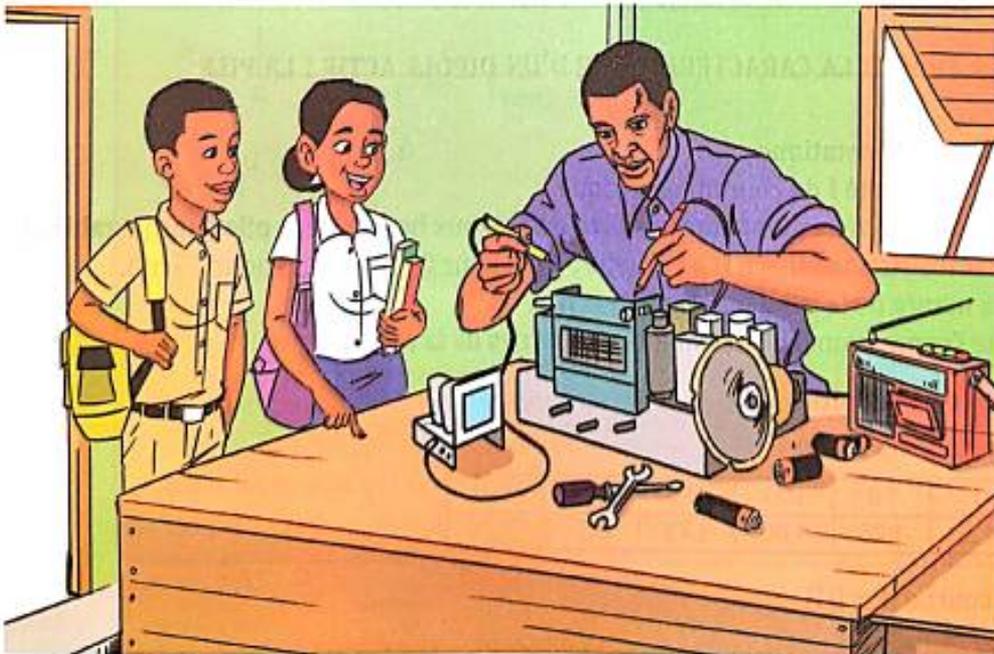
HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	le schéma du montage rhéostatique.
Tracer	la caractéristique d'un dipôle actif : la pile.
Déterminer	<ul style="list-style-type: none"> la force électromotrice (f.é.m) E ; la résistance interne r ; l'intensité du courant de court-circuit i_{cc}.
Connaître	la relation : $U = E - rI$.
Utiliser	la relation : $U = E - rI$.
Distinguer	un dipôle passif d'un dipôle actif.
Déterminer	le point de fonctionnement de l'association d'un dipôle actif et d'un dipôle passif.
Connaître	la loi de Pouillet.
Appliquer	la loi de Pouillet.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Résistance interne
- Force électromotrice (f.é.m)
- Loi d'Ohm
- Courant de court-circuit
- Le point de fonctionnement
- Loi de Pouillet

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves en classe de 2^{de} C apprennent auprès d'un réparateur de postes radio de leur quartier que la pile ne se comporte pas de la même manière qu'un conducteur ohmique dans un circuit électrique. Ils veulent vérifier cette information. Ensemble, avec l'aide de leur professeur de Physique-Chimie, ils entreprennent de tracer la caractéristique d'une pile, de l'exploiter et de déterminer le point de fonctionnement de l'association de cette pile et d'un dipôle passif.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCOUVRIR LE SCHÉMA DU MONTAGE RHÉOSTATIQUE

Observe cette photo à droite.

- 1- Indique le rôle d'un rhéostat dans un circuit électrique.
- 2- Donne son symbole.
- 4- Schématise un montage rhéostatique.



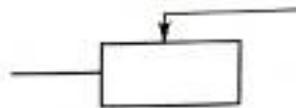
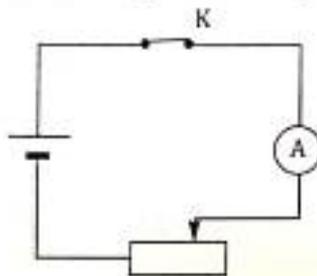
Document 1 : un rhéostat

Je fais le point de l'activité

Un rhéostat est un appareil permettant de régler (augmenter ou diminuer) l'intensité du courant électrique dans un circuit électrique.

Le symbole d'un rhéostat est :

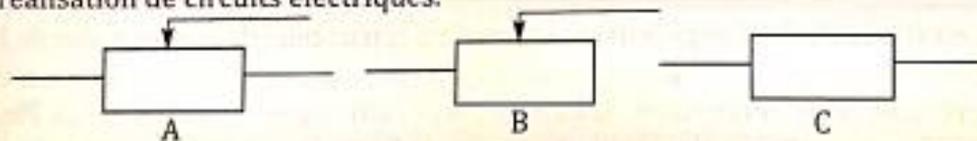
Schéma d'un montage rhéostatique



J'évalue mes acquis



Les symboles normalisés de composants représentés ci-dessous sont utilisés pour la réalisation de circuits électriques.



Relève la lettre qui correspond au symbole d'un rhéostat.

ACTIVITÉ 2 : TRACER LA CARACTÉRISTIQUE D'UN DIPÔLE ACTIF : LA PILE

Réalise le montage rhéostatique.

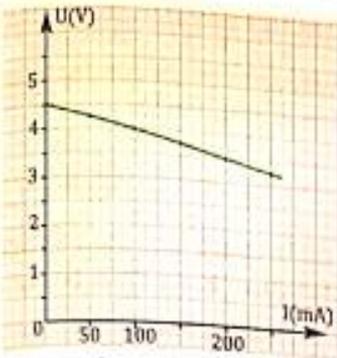
- 1- Fais varier l'intensité I du courant électrique.
- 2- Relève les valeurs correspondantes de la tension U aux bornes de la pile dans un tableau.
- 3- Trace la caractéristique $U = f(I)$ à l'échelle : 1 cm pour 0,5 V et 1 cm pour 25 mA.
- 4- Indique la nature de la caractéristique $U = f(I)$.
- 5- Détermine l'expression de la tension U aux bornes de la pile.

Je fais le point de l'activité

On obtient le tableau suivant :

I (mA)	0	50	100	150	200	250
U (V)	4,5	4,25	4,00	3,75	3,5	3,25

Tracé de la courbe $U = f(I)$



Cette courbe est la caractéristique intensité - tension de la pile.
 La caractéristique est une droite : la pile est un dipôle linéaire.
 La droite n'est pas symétrique par rapport à O, l'origine du repère : la pile est un dipôle non symétrique.
 La droite a une pente négative et ne passe pas par l'origine du repère : on peut écrire $U = b + a \cdot I$, avec :

- b : l'ordonnée à l'origine du repère; c'est la tension aux bornes de la pile lorsqu'elle ne débite pas de courant. Elle est appelée la force électromotrice de la pile et est notée E ;
 - a : la pente de la droite $-a = -\frac{\Delta U}{\Delta I}$ représente la résistance interne de la pile notée r.
- On lit sur la courbe $E = 4,5 \text{ V}$.

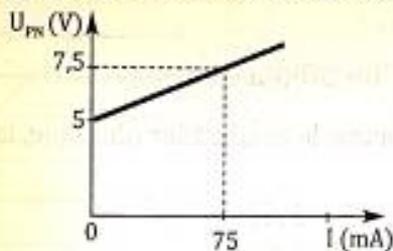
On calcule à partir de la courbe : $r = -\frac{\Delta U}{\Delta I} = -\frac{U_B - U_A}{I_B - I_A} = -\frac{3,5 - 4,25}{(200 - 50) \cdot 10^{-3}} = 5 \Omega$.

La pile est un dipôle actif, non symétrique et linéaire.
 Elle est caractérisée par sa force électromotrice (f.é.m) E exprimée en volt (V) et sa résistance interne r exprimée en ohm (Ω).
 Aux bornes d'une pile, la tension U a pour expression : $U = E - r \cdot I$. C'est la loi d'Ohm pour un générateur linéaire.

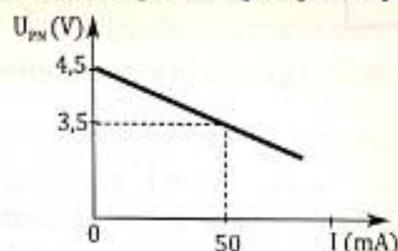
J'évalue mes acquis



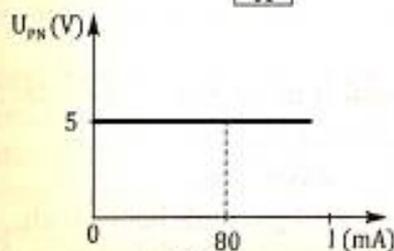
Les graphiques ci-dessous représentent les caractéristiques de quelques dipôles.



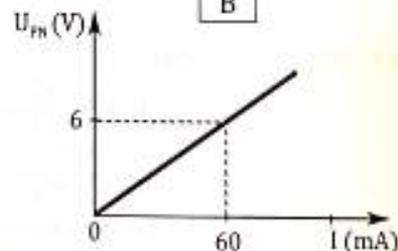
A



B



C



D

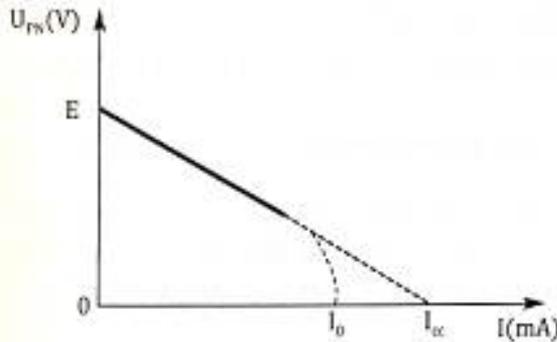
- 1- Écris les lettres qui correspondent aux caractéristiques d'un dipôle actif.
- 2- Donne la valeur de la force électromotrice E dans chaque cas.

ACTIVITÉ 3 : DÉTERMINER L'INTENSITÉ DU COURANT DE COURT-CIRCUIT

- 1- Nomme l'opération qui consiste à relier les deux bornes d'un générateur avec un conducteur.
- 2- Exprime le courant qui parcourt la pile lors de cette action.
- 3- Comment la nomme-t-on ?

Je fais le point de l'activité

Lorsqu'on relie par un fil conducteur les deux pôles d'un générateur, on la court-circuite. Ses deux bornes sont portées au même potentiel : $V_p = V_n$ soit $U_{PN} = 0$, c'est-à-dire $E - r I_{cc} = 0$, donc : $I_{cc} = \frac{E}{r}$ est le courant de court-circuit.



L'intensité du courant de court-circuit (I_{cc}) est déterminée :

- par calcul, par la relation $I_{cc} = \frac{E}{r}$;
- graphiquement, par le point d'intersection de l'axe de I et du prolongement de la droite.

Remarque : En réalité, $I_{cc} < \frac{E}{r}$ car au-delà de I_0 la pile s'échauffe ; la courbe n'est plus linéaire.

J'évalue mes acquis



Une batterie a pour caractéristique $U_{PN} = 5 - 0,025.I$

- 1- Indique la f.é.m E et la résistance interne r de cette batterie.
- 2- Détermine le courant de court-circuit.

ACTIVITÉ 4 : DISTINGUER UN DIPÔLE PASSIF D'UN DIPÔLE ACTIF

Observe les caractéristiques des dipôles passifs comme le conducteur ohmique, la diode à silicium et la lampe à incandescence (leçon précédente).

- 1- Indique le point particulier commun à ces caractéristiques.
- 2- Indique la différence entre un dipôle actif et un dipôle passif.

Je fais le point de l'activité

- Les caractéristiques de tous les dipôles passifs passent par le point origine des axes.
- Un dipôle est dit passif si la tension entre ses bornes est nulle hors circuit.

Exemples : le conducteur ohmique ; l'électrolyseur ; la diode Zener ...

- Un dipôle est dit actif si la tension entre ses bornes n'est pas nulle hors circuit.

Un dipôle actif est un composant électrique qui possède deux bornes différentes : une borne positive (+) et une borne négative (-). Les dipôles actifs sont appelés générateurs.

Exemples : La pile, la batterie ...

J'évalue mes acquis

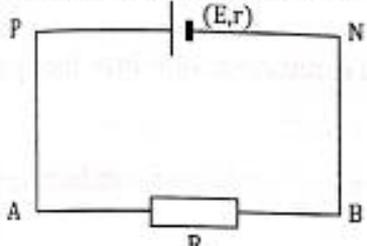


Reproduis les diagrammes ci-dessous et relie par un trait chacun des composants électroniques à sa nature.

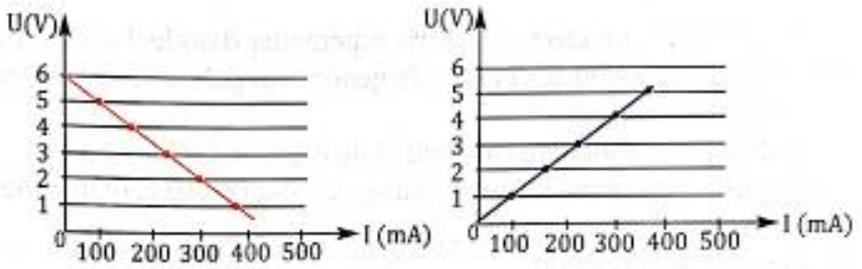
Moteur	•	Dipôles actifs
Électrolyseur	•	
Batterie	•	
Pile plate	•	
DEL	•	
		Dipôles passifs

ACTIVITÉ 5 : DÉTERMINER LE POINT DE FONCTIONNEMENT DE L'ASSOCIATION D'UN DIPÔLE ACTIF ET D'UN DIPÔLE PASSIF

Tu considères le circuit électrique schématisé ci-dessous (document 2) où $E = 6 \text{ V}$; $r = 13 \Omega$ et $R = 15 \Omega$. Tu disposes en outre des caractéristiques intensité-tension de la pile et du conducteur ohmique (document 3).
 1- Trace sur la même feuille millimétrée, le graphe $U = f(I)$ de ces deux dipôles.
 2- Détermine le point d'intersection des deux graphes.
 3- Nomme ce point d'intersection.



Document 2 : Circuit électrique avec une pile et un conducteur ohmique



Document 3 : Caractéristiques d'un générateur et d'un conducteur ohmique

Je fais le point de l'activité

- Tracé des caractéristiques intensité - tension: $U_{PN} = f(I)$.
- Le point d'intersection des deux caractéristiques : $F (I_F = 210 \text{ mA} ; U_F = 3,2 \text{ V})$.
 - Ce point F est le point de fonctionnement de l'association pile-conducteur ohmique.
 - Vérification des valeurs $F(I_F ; U_F)$ de ce point.

$$U_{AB} = R \cdot I \text{ et } U_{PN} = E - rI$$

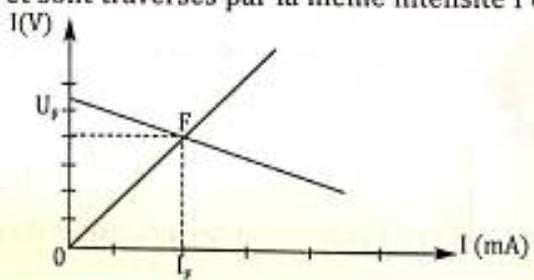
$$U_{AB} = U_{PN} \text{ implique } RI = E - rI$$

$$I_F = \frac{E}{R + r} ; I_F = \frac{6}{28} = 0,214 \text{ A} = 214 \text{ mA}$$

$$U_F = R I_F = 15 \times 0,214 = 3,21 \text{ V}.$$

Le point d'intersection des deux graphes est appelé point de fonctionnement du circuit. Le point de fonctionnement d'une association d'un dipôle actif et d'un dipôle passif en série est le point d'intersection de leurs caractéristiques. En ce point, le dipôle actif et le dipôle passif ont la même tension U à leurs bornes et sont traversés par la même intensité I du courant électrique.

- D'une manière générale, la détermination du point de fonctionnement se fait :
 - par la méthode graphique ou par la méthode algébrique.
 - Méthode graphique



- Méthode algébrique

Dans le cas d'une association de pile et d'un conducteur ohmique en série, on a :

$$E - rI = RI, \text{ d'où } I = \frac{E}{r + R}. \text{ On en déduit } U = RI = R \left(\frac{E}{r + R} \right).$$

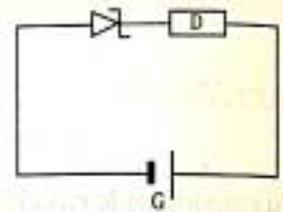
J'évalue mes acquis



Un générateur G ($E = 15 \text{ V}$, $r = 10 \Omega$) alimente une diode Zener montée en inverse et en série avec un conducteur ohmique D de résistance $R = 40 \Omega$ (voir figure ci-contre).

La diode Zener en inverse a une caractéristique rectiligne passant par les points ($U_z = 5 \text{ V}$; $I_z = 0 \text{ A}$) et ($U_z = 6 \text{ V}$; $I_z = 0,2 \text{ A}$).

- 1- Détermine les caractéristiques du générateur équivalent à l'association (G, D).
- 2- Détermine le point de fonctionnement de la diode Zener :
 - 2.1- par la méthode graphique ;
 - 2.2- par la méthode algébrique.



ACTIVITÉ 6 : ÉTABLIR LA LOI DE PUILLET

Considère le circuit électrique série schématisé dans le document 2.

- 1- Exprime la tension aux bornes du générateur puis celle aux bornes du conducteur ohmique lorsque le circuit est fermé.
- 2- Établis l'expression de l'intensité I du courant dans le circuit.
- 3- Établis l'expression de I pour deux générateurs en série concordance alimentant deux conducteurs ohmiques.
- 4- Généralise ce résultat.
- 5- Énonce la loi de Pouillet.

Je fais le point de l'activité

$$U_{PN} = E - rI ; U_R = RI$$

$$U_{PN} = U_R, \text{ ce qui donne } E - rI = RI. \text{ On en déduit } I = \frac{E}{r + R}.$$

Pour deux générateurs en série concordance alimentant deux conducteurs ohmiques en série, on a : $I = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2 + R_1 + R_2}$

Ce résultat nous permet d'énoncer la loi suivante dite loi de Pouillet.

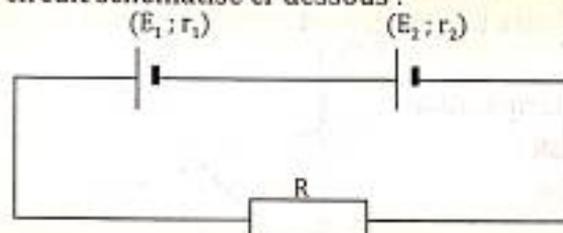
Dans un circuit en série comportant plusieurs piles en série concordance et des conducteurs ohmiques, l'intensité du courant s'obtient en divisant la somme des f.é.m. E_i des piles par la somme des résistances des conducteurs ohmiques R_i et des résistances internes r_i des piles :

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

J'évalue mes acquis



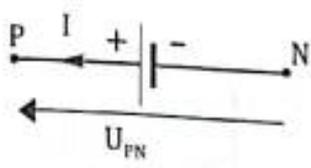
Soit le circuit schématisé ci-dessous :



Écris l'expression de l'intensité I du courant électrique qui traverse le circuit.

II- RÉSUMÉ DE COURS

• La tension aux bornes d'une pile de f.é.m E et de résistance interne r a pour expression: $U_{PN} = E - rI$



E est la f.é.m. de la pile (V).
 r est la résistance interne de la pile (Ω).
 I est l'intensité du courant débité par la pile.

- L'intensité du courant de court-circuit (I_{cc}) est déterminée par calcul par la relation : $I_{cc} = \frac{E}{r}$.
- Le point de fonctionnement d'un circuit est le point d'intersection de la caractéristique du générateur et celle du dipôle passif branché sur ce générateur. Les coordonnées (I_f ; U_f) représentent l'intensité du courant dans le circuit et la tension aux bornes des deux dipôles.
- Loi de Pouillet

L'intensité I du courant qui traverse un circuit constitué par des générateurs et des conducteurs ohmiques montés en série est telle que :

$$I = \frac{\sum E}{\sum R}$$

$\sum E$: somme algébrique de toutes les f.é.m. en volt (V).

$\sum R$: somme des résistances de tous les dipôles conducteurs ohmiques et dipôles actifs en ohm (Ω).

III- MÉTHODES

- Détermination graphique de :
 - la f.é.m. d'un générateur : c'est le point d'intersection du prolongement de la caractéristique avec l'axe des tensions ;
 - l'intensité du courant de court-circuit I_{cc} : c'est le point d'intersection du prolongement de la caractéristique avec l'axe des intensités.
 - la résistance interne r du générateur : c'est l'opposé de la pente de la caractéristique. $r = -\frac{\Delta U}{\Delta I}$.

- Détermination du point de fonctionnement d'un circuit :
 - Méthode graphique : c'est le point d'intersection des caractéristiques du générateur et du récepteur.
 - Méthode par calcul : $U_{générateur} = U_{conducteur\ ohmique}$ alors $I_f = \frac{E}{r + R}$ et $U_f = RI_f$.

- Loi de Pouillet :
 - Considérons un circuit électrique comportant :
 - deux piles de caractéristiques ($E_1 ; r_1$) et ($E_2 ; r_2$),
 - trois conducteurs ohmiques de résistances R_1, R_2 et R_3 .

Tous ces dipôles sont montés en série ; l'intensité I est constante en tout point du circuit. Ainsi, on a :

$$U_{pile1} = E_1 - r_1 I ; U_{pile2} = E_2 - r_2 I ; U_{R1} = R_1 I ; U_{R2} = R_2 I \text{ et } U_{R3} = R_3 I.$$

La tension aux bornes de l'association des deux piles est: $U = U_1 + U_2 = E_1 - r_1 I + E_2 - r_2 I$

$$U = (E_1 + E_2) - (r_1 + r_2) I$$

La tension aux bornes de l'association des conducteurs ohmiques est: $U' = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$

$$U' = (R_1 + R_2 + R_3) I$$

Les branches des piles et des conducteurs ohmiques sont parallèles,

$$\text{ainsi } U = (E_1 + E_2) - (r_1 + r_2) I = (R_1 + R_2 + R_3) I$$

$$(R_1 + R_2 + R_3) I + (r_1 + r_2) I = (E_1 + E_2),$$

$$\text{donc } I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

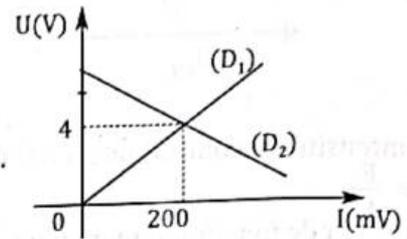
IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Sont représentées ci-contre les caractéristiques de deux dipôles D_1 et D_2 : un générateur et un conducteur ohmique. L'intensité maximale que peut débiter le générateur est égale à 300 mA.

1- Identifie les dipôles D_1 et D_2 .

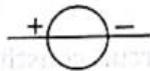
2- Détermine graphiquement l'intensité du courant dans le circuit si l'on branchait le générateur aux bornes du conducteur ohmique.



Exercice 2

Un générateur idéal de tension est branché aux bornes d'un conducteur ohmique de résistance $R = 60 \Omega$. L'ampèremètre indique alors une intensité $I = 0,2 \text{ A}$.

Symbole d'un générateur idéal de tension :



1- Fais le schéma du montage.

2- Calcule la tension U aux bornes du générateur.

3- Détermine la f.é.m. E du générateur.

Exercice 3

Un voltmètre branché aux bornes d'un dipôle D non inséré dans un circuit indique 3 V.

La tension électrique aux bornes du dipôle D est de 2,5 V quand il débite un courant d'intensité $I = 0,2 \text{ A}$.

1- Précise le type (dipôle passif ou dipôle actif) du dipôle D .

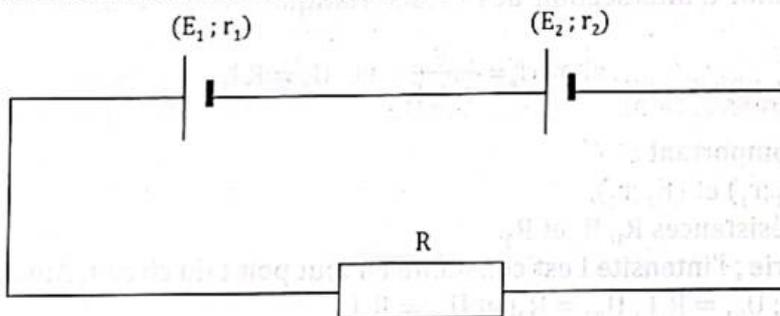
Justifie ta réponse.

2- Dis ce à quoi correspond l'indication du voltmètre.

3- Détermine la résistance interne r de D .

Exercice 4

Soit le circuit schématisé ci-dessous :



Données : $E_1 = 4,5 \text{ V}$; $E_2 = 1,5 \text{ V}$;
 $r_1 = 2,5 \Omega$; $r_2 = 3,5 \Omega$; $R = 34 \Omega$.

Détermine l'intensité I du courant électrique qui traverse le circuit.

Résolution de l'exercice 1

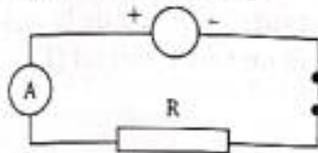
- 1- Identification des dipôles
 D_1 est un conducteur ohmique et D_2 une pile.
- 2- Graphiquement $I = 200 \text{ mA} = 0,2 \text{ A}$.

Commentaire :

- La caractéristique d'un conducteur ohmique est une droite passant par l'origine des axes, de pente positive. Celle d'une pile est une droite ne passant pas par l'origine et de pente négative.
- L'intensité du courant électrique dans un circuit comportant un générateur et un récepteur est celle de l'abscisse du point de fonctionnement.

Résolution de l'exercice 2

- 1- Schéma du montage



- 2- La tension aux bornes du générateur : $U_G = U_R = R.I = 12 \text{ V}$
- 3- La force électromotrice du générateur : $E = 12 \text{ V}$

Commentaire :

Le conducteur ohmique est branché seul aux bornes du générateur, alors $U_R = U_G$.
 La tension aux bornes d'un générateur a pour expression : $U_G = E - rI$. comme le générateur est idéal, $r = 0$, alors $U_G = E$.

Résolution de l'exercice 3

- 1- D est un dipôle actif.
 Justification : la tension électrique à ses bornes est non nulle lorsqu'il n'est pas inséré dans un circuit.
- 2- L'indication du voltmètre correspond à la f.é.m. du générateur appelée aussi sa tension à vide.
- 3- La résistance interne : $r = -\frac{\Delta U}{\Delta I} = -\frac{2,5-3}{0,2-0} = 2,5 \Omega$.

Commentaire :

Un dipôle est actif lorsque, non inséré dans un circuit ou en circuit ouvert, la tension électrique à ses bornes est non nulle.
 La tension à vide d'un générateur (U pour $I = 0$) est la f.é.m. E du générateur.

Résolution de l'exercice 4

Loi de Pouillet : $I = \frac{E_1 + E_2}{r_1 + r_2 + R}$

$$I = \frac{4,5 + 1,5}{2,5 + 3,5 + 34} \quad I = 0,15 \text{ A}$$

Commentaire :

Appliquer la loi de Pouillet au circuit électrique.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Recopie et complète les phrases suivantes par les mots ou expressions qui conviennent.

- 1- Un dipôle est quand il débite un courant lorsqu'il est relié à un conducteur ohmique.
- 2- Un dipôle isolé de tout circuit est quand il présente une tension à ses bornes.
- 3- Un dipôle actif linéaire a une caractéristique intensité-tension d'équation dans laquelle E est la et r la
- 4- Quand la caractéristique d'un dipôle ne passe pas par l'origine des axes, il est dit

2 Recopie, pour chacune des propositions ci-dessous, le numéro suivi de la lettre correspondant à la bonne réponse.

- 1- La tension aux bornes d'une pile (E ; r) s'écrit :
 - a) $E = U - rI$;
 - b) $U = E - rI$;
 - c) $U = rI - E$.

2- Dans la relation de la tension aux bornes d'une pile, E désigne :

- a) la force électromotrice de la pile ;
- b) la résistance interne de la pile ;
- c) la tension aux bornes du circuit.

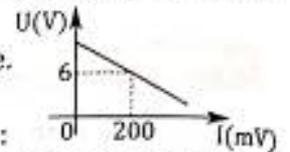
3- L'expression de la loi de Pouillet est :

- a) $I = \frac{\sum R}{\sum E}$;
- b) $I = \frac{\sum R}{\sum E}$;
- c) $I = \frac{\sum E}{\sum R}$.

3 L'équation de la caractéristique intensité-tension d'un générateur s'écrit : $U_{PN} = 9 - 10 \times I$.

- 1- Donne la f.é.m. E et la résistance interne r de ce générateur.
- 2- Détermine l'intensité du courant de court-circuit de ce générateur.

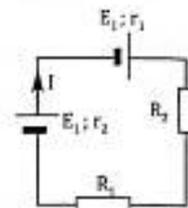
4 Sur la courbe ci-dessous a été représentée la caractéristique intensité-tension d'une pile.



Détermine graphiquement :

- 1- la f.é.m. E et la résistance interne r de la pile ;
- 2- l'intensité du courant de court-circuit (I_{cc}).

5 Un circuit électrique comporte, en série, deux générateurs de caractéristiques (E_1, r_1) et (E_2, r_2) et deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 .



Données : $E_1 = 4,5 \text{ V}$; $E_2 = 1,5 \text{ V}$; $r_1 = 3 \Omega$; $r_2 = 2 \Omega$; $R_1 = 10 \Omega$; $R_2 = 15 \Omega$.

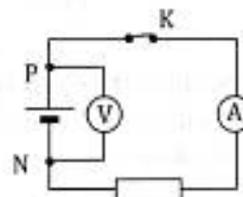
- 1- Donne l'expression de l'intensité du courant dans le circuit.
- 2- Calcule sa valeur.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

6 Le circuit électrique de la figure ci-après comprend une pile de f.é.m. E et de résistance interne r , un conducteur ohmique de résistance R , un interrupteur K , un voltmètre et un ampèremètre.

Des mesures effectuées donnent les résultats suivants :

- Pour K ouvert : $U_{PN} = 6 \text{ V}$;
- Pour K fermé : $U_{PN} = 5,1 \text{ V}$ et l'intensité du courant $I = 0,42 \text{ A}$.



1- Détermine :

- 1.1- la f.é.m. E de la pile ;
- 1.2- la résistance interne r de la pile.

2- Dédus la résistance R du conducteur ohmique.

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

- Écris les expressions des tensions U_{PN} et U_R respectivement aux bornes de la pile et du conducteur ohmique.
- Reproduis et complète le tableau ci-dessous :

$I \text{ (A)}$	0	1	3
$U_{PN} \text{ (V)}$			
$U_R \text{ (V)}$			

- Trace dans le même repère, les caractéristiques intensité-tension de ces deux dipôles.
Échelle : 1 cm pour 0,5 A et 1 cm pour 0,2 V.
- Détermine, dans le circuit, l'intensité du courant et la tension aux bornes du générateur :
 - par la méthode algébrique;
 - par la méthode graphique.

Situations d'évaluation

8 Au laboratoire de Physique-Chimie d'un lycée, un groupe d'élèves réalise une série d'expériences. Ces élèves branchent un voltmètre aux bornes d'un dipôle D en dehors d'un circuit électrique. Le voltmètre indique 3 V. Ensuite ils réalisent un circuit électrique.

Ils mesurent à nouveau la tension aux bornes du dipôle. Le voltmètre indique 2,5 V lorsque l'intensité du courant qui parcourt le circuit vaut $I = 0,2 \text{ A}$.

Tu es sollicité pour déterminer les grandeurs caractéristiques du dipôle D.

- Dis, en justifiant ta réponse, si D est un dipôle actif ou un dipôle passif.
- Dis ce que représente l'indication du voltmètre lorsque le dipôle D est en dehors d'un circuit.
- Détermine la résistance interne r du dipôle D.
- Indique les grandeurs caractéristiques du dipôle D.

9 Au laboratoire de Physique-Chimie d'un Lycée, un groupe d'élèves réalisent un montage comprenant un générateur de f.é.m. $E = 4 \text{ V}$, de résistance interne $r = 20 \Omega$ et une lampe. Ils mesurent des valeurs de l'intensité du courant dans le circuit et de la tension aux bornes de la lampe. Ils obtiennent des couples de valeurs (U, I) consignés dans le tableau ci-dessous.

$U \text{ (V)}$	0	0,05	0,1	0,2	0,5	0,6	1,5	2,0	2,5	4
$I \text{ (mA)}$	0	24	36	61	81	81	132	155	175	227

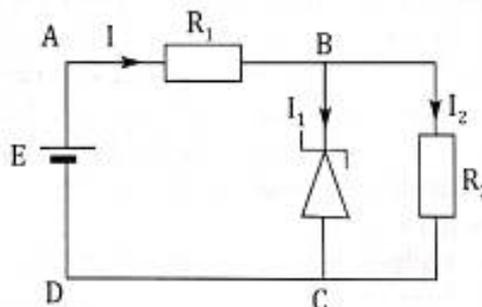
Le professeur de physique leur demande de déterminer le point de fonctionnement du circuit.

- Trace la caractéristique intensité-tension de cette lampe.
Échelle : 1 cm \longrightarrow 25 mA ; 1 cm \longrightarrow 0,5V

- Trace dans le même repère la caractéristique du générateur.
- Détermine les coordonnées du point P de fonctionnement du circuit.

10 Un générateur de tension parfait de f.é.m. E alimente un conducteur ohmique $R_1 = 100 \Omega$, en série avec une diode Zener. La diode fonctionnant en inverse est linéaire ; elle conduit le courant pour $U_z = 8 \text{ V}$ et sa caractéristique passe par le point de fonctionnement $(9 \text{ V} ; 400 \text{ mA})$. Cette intensité du courant est la valeur limite que peut supporter la diode.

- Écris l'équation de la caractéristique de la diode.
- Exprime la tension U_{BC} aux bornes du conducteur ohmique R_2 , lorsque :
 - la diode ne conduit pas le courant électrique ;
 - la diode conduit le courant électrique.
- Déduis-en les limites de variation de E pour qu'il y ait stabilisation de la tension aux bornes de R_2 .



VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEX

QU'EST-CE QU'UNE CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE ?

Une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui produit de l'électricité lorsqu'il est exposé à la lumière. Le plus souvent, elle est constituée de semi-conducteurs fabriqués à base de silicium, l'un des éléments les plus abondants sur Terre mais délicat à transformer. Récemment, des technologies reposant sur d'autres semi-conducteurs, comme le tellure de cadmium notamment, ont été développées. Brève histoire de la cellule photovoltaïque.

La première cellule photovoltaïque a été mise au point par un inventeur américain, Charles Fritts, en 1883. Son rendement était très faible et sa fabrication, qui utilisait notamment de l'or, très coûteuse. Toutefois, elle a trouvé une application concrète un an seulement après son invention avec la pose sur le toit d'un bâtiment new-yorkais du premier panneau solaire de l'histoire produisant de l'électricité. Les faibles rendements des premières cellules photovoltaïques empêchèrent tout développement industriel. Ce n'est qu'avec les débuts de la conquête spatiale que les premiers panneaux solaires affichant un rendement acceptable seront utilisés pour alimenter en électricité des satellites.

Il faudra attendre plus d'un siècle après les travaux de Charles Fritts pour que l'énergie photovoltaïque s'impose comme l'une des sources d'énergie renouvelable les plus utilisées.

L'effet photovoltaïque : de la lumière à l'électricité.

Pour mettre au point sa cellule photovoltaïque, Charles Fritts a mis en application l'effet photoélectrique, un principe physique découvert en 1839 par Antoine Becquerel et son fils Edmond Becquerel qui ont réussi à démontrer que lorsqu'une chaîne d'éléments conducteurs était exposée à la lumière, elle pouvait donner naissance à une tension électrique.

Principe de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque.

Le fonctionnement d'une cellule photovoltaïque est relativement simple. Un semi-conducteur présentant une face négative et une face positive, du silicium par exemple, est exposé à la lumière. En percutant les atomes de silicium, les photons mettent en mouvement des électrons qui se déplacent dans des directions différentes selon leur charge. C'est ce déplacement d'électrons qui génère un courant électrique. Pour que les électrons soient attirés d'un côté ou de l'autre du dispositif, la cellule photovoltaïque doit posséder une face négative et une face positive. Le silicium utilisé en surface est donc préalablement chargé, ou « dopé », négativement en lui adjoignant du phosphore. De même, le silicium utilisé au dos de la cellule photovoltaïque est chargé positivement avec du bore.

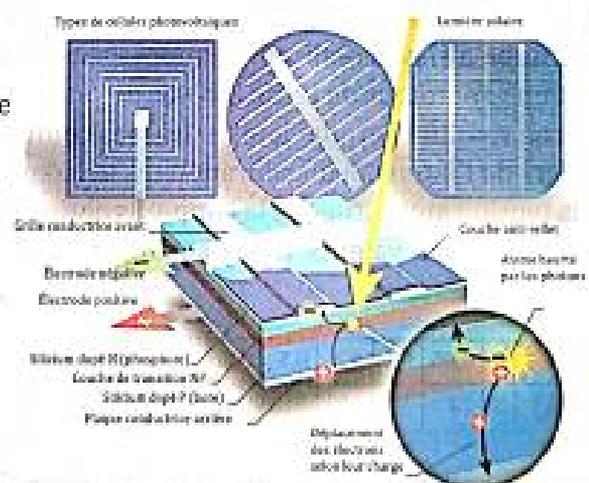
C'est cette différence de charge entre la face inférieure et la face supérieure qui entraîne le mouvement des électrons, comme l'illustre le visuel ci-dessous :

En libérant des électrons à la surface du silicium qui sont ensuite attirés d'un côté ou de l'autre de la cellule photovoltaïque, l'énergie lumineuse est ainsi transformée en énergie électrique. Le mouvement des électrons crée un courant continu qui est ensuite transformé en courant alternatif grâce à un onduleur afin de pouvoir être utilisé ou bien stocké dans une batterie.

Un semi-conducteur est un matériau qui offre une forte résistance au passage des électrons mais dont la conductivité n'est pas totalement nulle.

En parvenant à se frayer un chemin d'un bout à l'autre

d'un semi-conducteur, les électrons parviennent à produire un faible courant électrique.



LE TRANSISTOR : UN AMPLIFICATEUR DE COURANT

LA CHAÎNE ÉLECTRONIQUE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Décrire	le transistor à jonction.
Connaître	les symboles du transistor.
Tracer	la courbe $I_c = f(I_b)$.
Connaître	les domaines de fonctionnement d'un transistor.
Déterminer	le gain en courant ou le coefficient d'amplification β .
Utiliser	le transistor comme amplificateur de courant.
Identifier	les éléments d'une chaîne électronique.
Connaître	le rôle de chaque élément d'une chaîne électronique.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Transistor à jonction
- Coefficient d'amplification β
- Amplificateur de courant
- Chaîne électronique
- Base
- Collecteur
- Emetteur
- Jonctions PN

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Une élève de 2C₁ suit un documentaire relatif aux technologies de l'information et de la communication (TIC) sur la chaîne RTI 2. Elle apprend ceci : « le transistor est un composant très important dans les circuits électroniques. Sa découverte en 1948 a permis la fabrication d'appareils électroniques de faible encombrement pouvant fonctionner avec peu d'énergie ».

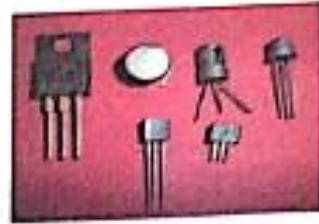
Le lendemain elle informe ses camarades de classe. Voulant en savoir davantage, les élèves et leur professeur de Physique -Chimie entreprennent de s'informer sur le transistor à jonction, d'identifier ses domaines de fonctionnement et de déterminer le gain en courant ou le coefficient d'amplification.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCRIRE UN TRANSISTOR

- 1- Indique les différentes formes de transistors.
- 2- Indique leur point commun.



Document 1 : Transistors

Je fais le point de l'activité

Il existe de nombreuses formes de transistor : cylindriques, plats, semi-plats, etc. Leur point commun est qu'ils possèdent trois bornes. On les appelle des tripôles.

J'évalue mes acquis



Dis comment tu reconnais un transistor dans un circuit électrique.

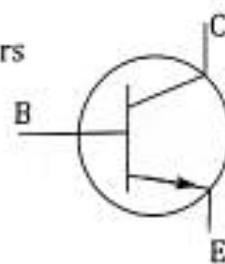
ACTIVITÉ 2 : IDENTIFIER LES DIFFÉRENTS TYPES DE TRANSISTOR PAR LEUR SYMBOLE

- 1- Recherche les différents types de transistor.
- 2- Représente-les par leur symbole.
- 3- Identifie le nom des trois bornes.

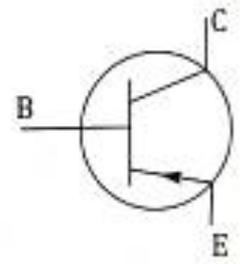
Je fais le point de l'activité

Il existe deux types de transistor : les transistors nommés NPN et ceux nommés PNP selon le type de dopage des semi-conducteurs utilisés.

Chaque type est représenté par un symbole sur lequel figure les lettres B, C et E. Ces lettres représentent les trois bornes du transistor. B est la Base, C est le Collecteur et E est l'Emetteur.



Transistor NPN



Transistor PNP

J'évalue mes acquis

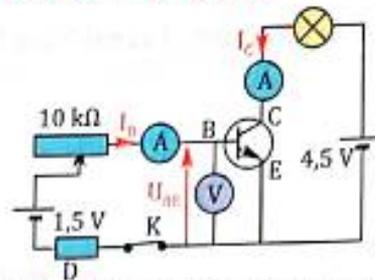


Indique l'orientation de la flèche entre B et E dans le symbole d'un transistor NPN.

ACTIVITÉ 3 : DÉCOUVRIR LES DOMAINES DE FONCTIONNEMENT D'UN TRANSISTOR

Réalise le schéma du document 2.

- 1- Ferme le circuit et relève les valeurs de I_B pour différentes positions du curseur du rhéostat.
- 2- Remplis un tableau de valeur indiquant I_C et I_B .
- 3- Trace le graphe $I_C = f(I_B)$.
- 4- Identifie les domaines de fonctionnement d'un transistor.
- 5- Détermine le gain d'amplification en courant.

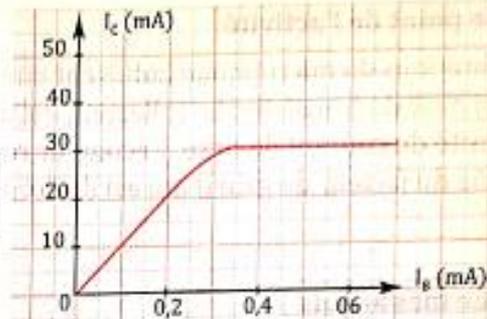


Document 2 : Fonctionnement d'un transistor

Je fais le point de l'activité

A chaque valeur de I_B correspond une valeur de I_C . Pour $0,6 \text{ V} \leq U_{BE} \leq 0,8 \text{ V}$, on obtient les mesures suivantes :

I_B (mA)	0	0,1	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,6
I_C (mA)	0	10	20	25	28	30	30	30



Caractéristique $I_C = f(I_B)$

Le tracé de la courbe $I_C = f(I_B)$ donne le graphe ci-contre.

- Si $U_{BE} < 0,6 \text{ V}$, le transistor est bloqué ($I_B = 0$ et $I_C = 0$). Il se comporte comme un interrupteur ouvert entre le collecteur et l'émetteur.
- Si $0,6 \text{ V} \leq U_{BE} \leq 0,8 \text{ V}$, le transistor fonctionne en amplificateur ou en régime linéaire : $I_C = \beta \cdot I_B$.

β est le coefficient d'amplification ou le gain en courant du transistor. Sa valeur est de l'ordre de 100.

- Si $U_{BE} \geq 0,8 \text{ V}$, le transistor est saturé : $I_C = I_{Cmax}$. Le courant de collecteur ne varie plus. La tension U_{CE} est pratiquement nulle. Le transistor se comporte comme un interrupteur fermé entre le collecteur et l'émetteur.

Le graphe fait apparaître deux parties rectilignes reliées par une petite courbure. Ce qui nous indique deux régimes de fonctionnement d'un transistor.

- Un domaine où I_C est proportionnel à I_B . Dans ce domaine, le transistor se comporte en amplificateur de courant. Le transistor est en régime linéaire.

Le coefficient de proportionnalité entre I_C et I_B est appelé le gain en courant et est noté β .

On peut donc écrire $I_C = \beta I_B$ avec $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

- Un domaine où I_C demeure constant pour toute valeur de I_B supérieure à une certaine valeur. Le transistor fonctionne comme un interrupteur fermé. Le transistor est en régime saturé.

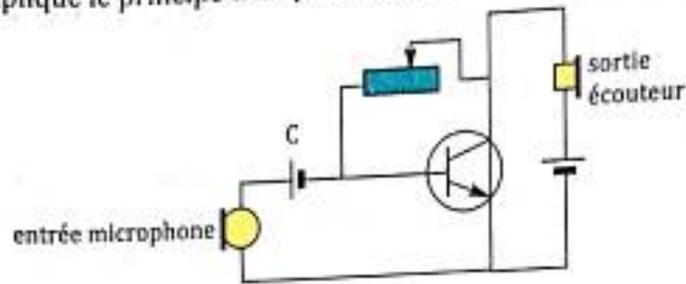
J'évalue mes acquis



- 1- Indique par un tracé qualitatif de $I_C = f(I_B)$, les régimes de fonctionnement d'un transistor.
- 2- Calcule le gain en courant à partir du graphe de l'activité 3.

ACTIVITÉ 4 : UTILISER LE TRANSISTOR EN AMPLIFICATEUR

Analyse le document 3 et explique le principe d'amplificateur de courant d'un transistor.



Document 3 : Transistor utilisé en amplificateur

Je fais le point de l'activité

Les vibrations du microphone induisent une variation de l'intensité du courant qui circule dans la base du transistor. Le collecteur est alors parcouru par un courant proportionnel à l'intensité du courant de base. L'écouteur retranscrit le son capté par le microphone mais amplifié du facteur de gain β qui est de l'ordre de 100.

J'évalue mes acquis

Explique pourquoi le son d'un écouteur est plus élevé que celui du microphone.

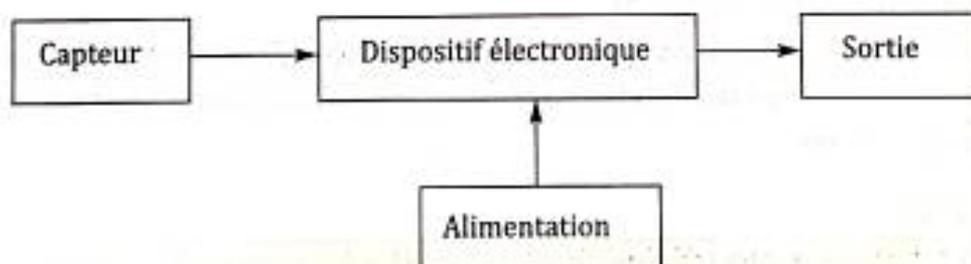
ACTIVITÉ 5 : IDENTIFIER LES ÉLÉMENTS D'UNE CHAÎNE ÉLECTRONIQUE ET DONNER LEUR RÔLE

En s'appuyant sur le dispositif d'amplification (document 3), identifie les éléments d'une chaîne électronique.

Je fais le point de l'activité

Le document nous montre quatre (04) éléments qui constituent une chaîne électronique :

- une source d'énergie qui permet le fonctionnement du système : la pile ;
- un capteur qui donne le signal d'entrée : le microphone ;
- un dispositif électronique de traitement du signal : le système d'amplification par transistor ;
- un dispositif de sortie : l'écouteur.



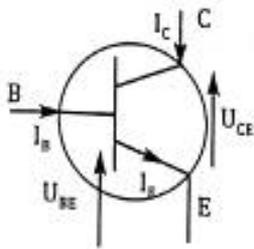
J'évalue mes acquis



Cite les éléments essentiels qui constituent une chaîne électronique.

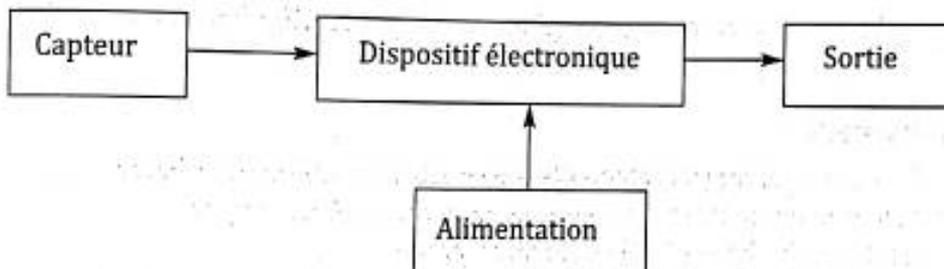
II- RÉSUMÉ DE COURS

- Un transistor est un composant électronique présentant deux jonctions PN. Il comporte trois bornes : la base, le collecteur et l'émetteur.
- Symbole du transistor NPN :



U_{BE} désigne la tension base-émetteur.
 U_{CE} désigne la tension collecteur-émetteur.

- Le transistor est bloqué si $U_{BE} < 0,6 \text{ V}$.
- Si $U_{BE} \geq 0,6 \text{ V}$, le transistor fonctionne, suivant deux domaines : le régime linéaire et le régime saturé.
- Une chaîne électronique comprend une alimentation, un capteur délivrant un signal électrique, un dispositif électronique de traitement du signal, une ou plusieurs sorties.



III- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

- 1- Représente le symbole d'un transistor NPN.
- 2- Représente le symbole d'un transistor PNP.

Exercice 2

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. Ce 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 I_C n'est plus ... (6) ... au courant de base I_B . On dit que le transistor est ... (7) ... Il se comporte alors comme un ... (8) ...

Exercice 3

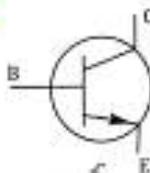
Le gain d'amplification de courant d'un transistor est $\beta = 150$.

En régime linéaire, on mesure $I_C = 400$ mA.

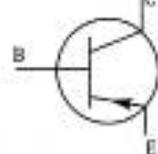
- 1- Détermine l'intensité I_B du courant de base.
- 2- Détermine l'intensité I_E du courant sortant de l'émetteur.

Résolution de l'exercice 1

Symbole d'un transistor NPN



Symbole d'un transistor PNP



Commentaire :

Les lettres P et N rappellent les mots « positifs » et « négatifs ».
 Dans le transistor NPN, la flèche est orientée de B vers E.
 Dans le transistor PNP, la flèche est orientée de E vers B.

Résolution de l'exercice 2

- (1)-trois ; (2)-la base ; (3)-l'émetteur ; (4)-le collecteur ; (5)-amplifie ; (6)-proportionnelle ; (7)-saturé ; (8)-interrupteur fermé.

Commentaire :

Connaître la description d'un transistor.
 Connaître les caractéristiques d'un transistor.

Résolution de l'exercice 3

- 1- L'intensité I_B du courant de base: $I_C = \beta I_B$ d'où $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ A.N $I_B = \frac{400}{150} = 2,67$ mA.
- 2- L'intensité I_E du courant sortant de l'émetteur: $I_E = I_C + I_B$ A.N $I_E = 400 + 2,67 = 402,67$ mA.

Commentaire :

Lorsque le transistor fonctionne en régime linéaire, $I_C = \beta I_B$.
 En considérant le transistor comme un noeud, on peut écrire: $I_E = I_C + I_B$

IV- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

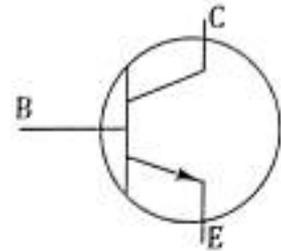
- 1**
- 1- Cite les éléments d'une chaîne électronique.
 - 2- Illustre chaque élément par un exemple de ton environnement.

- 2** Pour chacune des propositions ci-dessous, écris le numéro et en face la lettre V si la proposition est vraie ou la lettre F si elle est fausse.

- 1- Lorsque le transistor est saturé, la courbe $I_c = f(I_B)$ est constante.
- 2- Lorsque le transistor est bloqué, $I_B = 0$.
- 3- Lorsque le transistor est saturé, $I_B = I_C$.
- 4- Lorsque le transistor est débloqué, I_B est très supérieure à I_C .
- 5- Lorsque le transistor est saturé, $I_C = 0$.
- 6- Lorsque le transistor fonctionne en amplificateur, $I_C = \beta \cdot I_B$ avec I_B très grand devant 1.

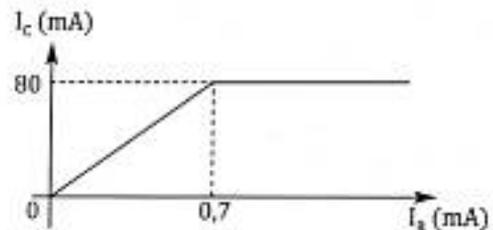
- 3** Reproduis le schéma ci-après et représente le courant de base I_B .

le courant de collecteur (ou de commande) I_C , le courant d'émetteur I_E , la tension base-émetteur U_{BE} et la tension collecteur-émetteur U_{CE} .



- 4** Un relevé de valeurs a permis de tracer le graphe $I_c = f(I_B)$ ci-dessous pour un transistor.

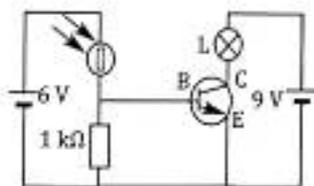
- 1- Identifie les domaines de fonctionnement du transistor à partir du graphe.
- 2- Donne la valeur I_S du courant de saturation.
- 3- Détermine le gain β en courant de ce transistor.



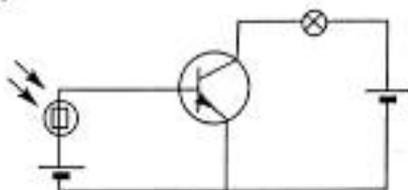
Exercices de renforcement/ Approfondissement

- 5** On réalise le montage du schéma ci-après.

- 1- Indique l'état de la lampe L dans les cas suivants :
 - 1.1- la photorésistance est dans l'obscurité ($R = 106 \Omega$) ;
 - 1.2- la photorésistance est éclairée ($R = 103 \Omega$).
- 2- Schématise le circuit en supprimant la pile de 6 V.

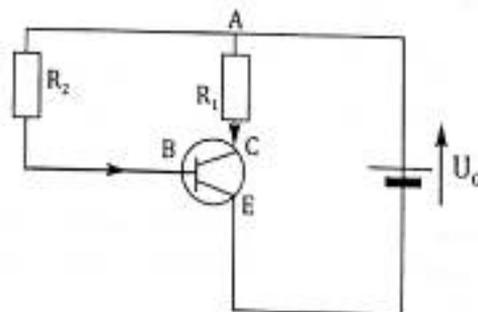


- 6** Des élèves de 2^{de} C réalisent le montage ci-dessous :



- 1- Identifie les différents éléments de la chaîne électronique.
- 2- Explique le fonctionnement du dispositif.
- 3- Cite une application de ce dispositif.
- 4- Dis si dans ce dispositif, le transistor fonctionne en amplificateur de courant ou en interrupteur.

- 7** On réalise le montage du schéma ci-dessous :
Données : $R_1 = 220 \Omega$; $R_2 = 4,3 \text{ k}\Omega$ et $U_G = 5 \text{ V}$;
 $U_{AC} = 3 \text{ V}$; $\beta = 150$ en régime linéaire.



- 1- Reproduis le schéma et représente les tensions U_{R1} ; U_{R2} et U_{CE} .
- 2- Donne la valeur de U_{CE} si le transistor est saturé.
- 3- Détermine la valeur de U_{CB} si le transistor est bloqué.

- 4- Détermine :
 - 4.1- la valeur de la tension U_{CE} ;
 - 4.2- les valeurs de I_C , I_B et U_{AB} en régime linéaire.

Situations d'évaluation

B Pour vérifier les acquis de ses élèves de la classe de 2^{de} C au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur de Physique-Chimie met à la disposition de chaque groupe le matériel nécessaire pour réaliser le montage schématisé ci-dessous. Il les informe que le gain de courant du transistor est β et son intensité de saturation est I_{Cmax} . La mesure de U_{AC} donne 3,1 V. Données : $\beta = 140$; $I_{Cmax} = 20$ mA ; $R_1 = 220 \Omega$; $R_2 = 5$ k Ω

Tu es élève de cette classe et tu es le rapporteur de ton groupe.

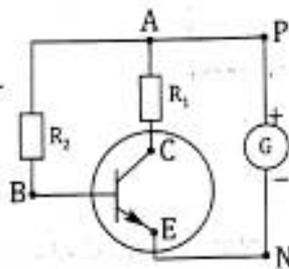
- 1- Dis, en justifiant ta réponse, si le transistor est bloqué ou passant.

- 2- Détermine I_C .

- 3- Précise si le transistor est saturé ou pas.

- 4- Détermine :

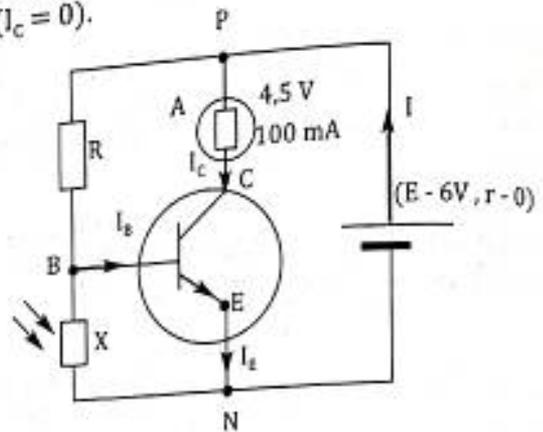
- 4.1- I_B ;
- 4.2- U_{AB} ;
- 4.3- U_{BE} .



9 Après le cours sur le transistor avec leur professeur de Physique-Chimie, un groupe de trois élèves de la 2^{de} désirent réaliser un système d'éclairage automatique dès que l'obscurité s'installe. Ils réalisent pour cela le circuit suivant qui comprend :

- un générateur de f.é.m. $E = 6$ 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 $U_{BE} \geq 0,6$ V ;
- une photorésistance X ayant une résistance valant 8 M Ω à l'obscurité et 30 Ω 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 lampe électrique A de caractéristiques (4,5 V ; 100 mA) ;
 - un écran évite que cette ampoule, lorsqu'elle brille, n'éclaire la photorésistance ;
 - un conducteur ohmique de résistance $R = 5$ k Ω .
- A la lumière, on suppose le transistor bloqué ($I_C = 0$).



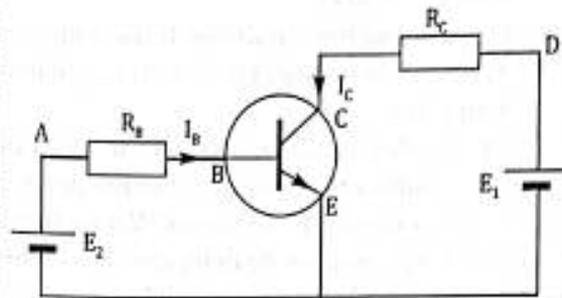
A l'obscurité, on suppose le transistor passant. Donnée : $I_C = 100$ mA.

Tu es membre du groupe.

- 1- Identifie sur ce schéma les différents éléments de la chaîne électronique.
- 2- Détermine à la lumière :
 - 2.1- les valeurs de I_B , I_E , I , U_{BE} et U_{CE} ;
 - 2.2- l'état du transistor (bloqué ou amplificateur ou saturé) ;
 - 2.3- l'état de la lampe.
- 3- Détermine à l'obscurité :
 - 3.1- I_B , I_E , I , U_{BE} et U_{CE} ;
 - 3.2- l'état du transistor ;
 - 3.3- l'état de la lampe.
- 4- Déduis, de ce qui précède, si votre projet est réussi.

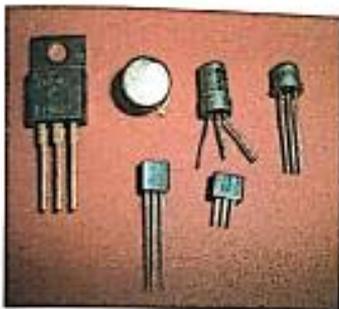
10 Lors d'une séance de travaux pratiques, ton groupe étudie le fonctionnement d'un transistor du type NPN. Le professeur met à votre disposition le schéma du circuit ci-contre. Il vous demande de déterminer les valeurs R_c et R_b des conducteurs ohmiques afin que le transistor fonctionne dans les conditions suivantes : $I_b = 1,5 \text{ mA}$; $I_c = 180 \text{ mA}$; $U_{BE} = 0,6 \text{ V}$; $U_{CE} = 4,2 \text{ V}$. Les générateurs ont des f.é.m. $E_1 = 6 \text{ V}$ et $E_2 = 1,5 \text{ V}$, leurs résistances internes sont négligeables. Tu es sollicité(e) pour ta contribution.

- 1- Donne l'expression du coefficient d'amplification ou gain de ce transistor.
- 2- Calcule sa valeur.
- 3- Détermine les valeurs de R_c et R_b .



VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

DU TRANSISTOR AUX GROS ORDINATEURS



Le transistor est une petite invention influente qui a profondément changé le cours de l'histoire pour les ordinateurs et toute l'électronique.

Histoire des ordinateurs

Vous pouvez considérer l'ordinateur comme étant constitué de nombreuses inventions ou composants différents. Nous pouvons citer quatre inventions clés qui ont eu un impact énorme sur les ordinateurs. La première génération d'ordinateurs dépendait de l'invention des tubes à vide ; pour la deuxième génération, il s'agissait de transistors ; pour la troisième, c'était le circuit intégré ; et la quatrième génération d'ordinateurs est née après l'invention du microprocesseur.

L'impact des transistors

Les transistors ont transformé le monde de l'électronique et ont eu un impact énorme sur la conception informatique. Les transistors constitués de semi-conducteurs ont remplacé les tubes dans la construction d'ordinateurs. En remplaçant les tubes à vide encombrants et peu fiables par des transistors, les ordinateurs pourraient désormais remplir les mêmes fonctions, en utilisant moins d'énergie et d'espace.

Avant les transistors, les circuits numériques étaient composés de tubes à vide. Un transistor est un dispositif composé de matériaux semi-conducteurs (germanium et silicium) qui peuvent à la fois conduire et isoler. Les transistors commutent et modulent le courant électronique.

Le transistor a été le premier appareil conçu pour agir à la fois comme un émetteur, convertissant les ondes sonores en ondes électroniques, et une résistance, contrôlant le courant électronique. Le nom transistor vient du «trans» de l'émetteur et du «sistor» de la résistance.

Les inventeurs de transistors

John Bardeen, William Shockley et Walter Brattain étaient tous des scientifiques des Bell Telephone Laboratories à Murray Hill, New Jersey. Ils recherchaient le comportement des cristaux de germanium en tant que semi-conducteurs dans le but de remplacer les tubes à vide comme relais mécaniques dans les télécommunications.

Le tube à vide, utilisé pour amplifier la musique et la voix, rendait les appels à longue distance pratiques, mais les tubes consommaient de l'énergie, créaient de la chaleur et brûlaient rapidement, nécessitant un entretien élevé.

Les recherches de l'équipe étaient sur le point de se terminer en vain lorsque la dernière tentative d'essayer une substance plus pure comme point de contact a abouti à l'invention du premier amplificateur à transistor «point-contact». Walter Brattain et John Bardeen ont construit le transistor de contact ponctuel, composé de deux contacts en feuille d'or reposant sur un cristal de germanium.

Lorsqu'un courant électrique est appliqué à un contact, le germanium augmente la force du courant circulant à travers l'autre contact. William Shockley a amélioré son travail en créant un transistor à jonction avec des "sandwiches" de germanium de type N et P. En 1956, l'équipe a reçu le prix Nobel de physique pour l'invention du transistor.



10/13

EXELO

Pharmagol

25

CM

20°C B

1000 CM

IN 20°C

NSL

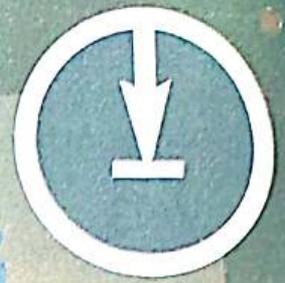
792

B1

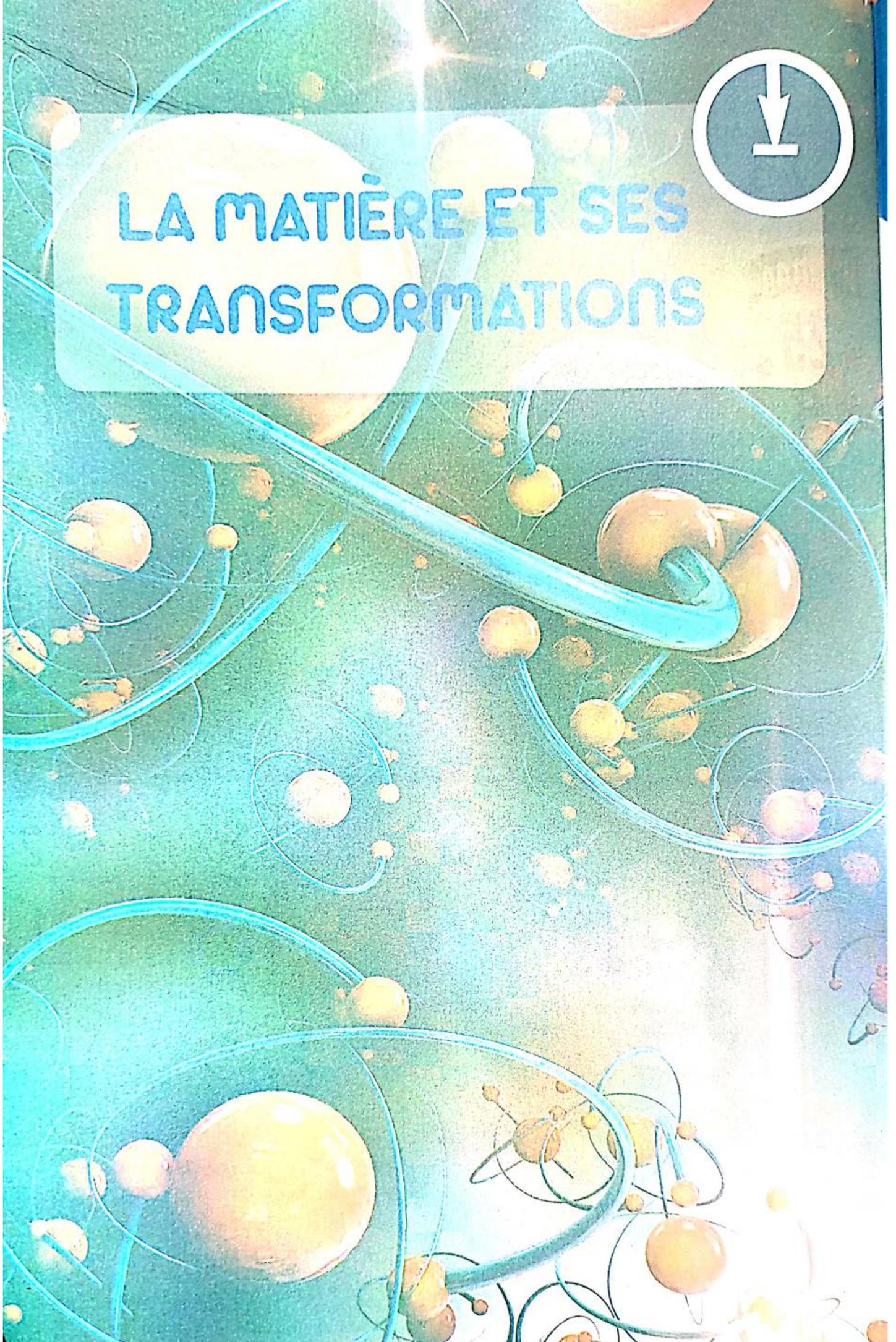
M de m Gt B...

10C
N 20
BS. 60

CHIMIE



LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS



LEÇON

1

L'ÉLÉMENT CHIMIQUE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Écrire	l'équation-bilan de la réaction chimique entre: - le métal cuivre et le dioxygène ; - l'oxyde de cuivre II et le carbone ; - la solution de sulfate de cuivre II et le fer.
Définir	l'élément chimique.
Connaître	les symboles de quelques éléments chimiques.
Nommer	quelques éléments chimiques.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Élément chimique
- Symbole d'un élément chimique
- Transformations chimiques
- Oxydation
- Réduction
- Corps pur
- Corps simple
- Corps composé

SITUATION D'APPRENTISSAGE

En suivant une vidéo intitulée « CHNOPS » sur un site éducatif en salle multimédias, un élève de 2^{de} C écoute attentivement l'auteur de la vidéo qui s'emploie à justifier le titre : « Tous les êtres vivants sont constitués principalement de six éléments chimiques. Vous avez sans doute compris le titre de cette vidéo, sinon lisez-la jusqu'à la fin ».

Au terme du visionnage, cet élève intéressé par les informations recueillies les partage avec ses camarades de classe. Pour en savoir davantage, ils entreprennent sous la supervision de leur professeur

de Physique-Chimie, de définir un élément chimique à partir de quelques réactions chimiques, de connaître les symboles de quelques éléments chimiques puis de les nommer.



I- ACTIVITÉS

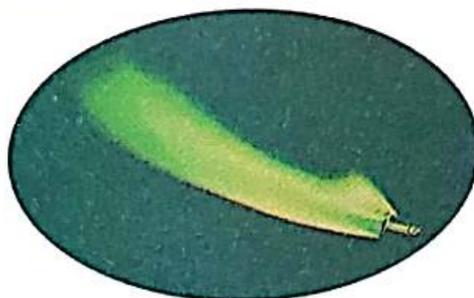
ACTIVITÉ 1 : RÉALISER LA RÉACTION CHIMIQUE ENTRE LE MÉTAL CUIVRE ET LE DIOXYGÈNE

Tu as réalisé en 3^{ème} la réaction entre le métal cuivre et le dioxygène en pulvérisant de la poudre de cuivre dans la flamme d'un bec bunsen. Reprends cette expérience.

- 1- Indique la coloration prise par la flamme du bec bunsen et celle de la poudre obtenue sous la flamme.
- 2- Cite les réactifs et le produit de cette réaction.
- 3- Écris l'équation-bilan de cette réaction.
- 4- Explique pourquoi cette réaction est une oxydation.

Je fais le point de l'activité

- 1- Coloration de la flamme du bec bunsen et couleur de la poudre recueillie sous cette flamme :



Document 1 : Combustion du cuivre dans le dioxygène

Au contact du métal cuivre en poudre, la flamme bleue du bec bunsen prend la coloration verte. Sous la flamme, on recueille une poudre noire.

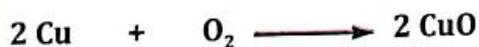
- 2- Réactifs et produit de la réaction :

Sous l'effet de la chaleur de la flamme, le métal cuivre (Cu) et le dioxygène de l'air (O₂) réagissent entre eux ; ce sont donc les réactifs.

Le produit de cette réaction est la poudre noire obtenue ; c'est le monoxyde de cuivre de formule CuO. On l'appelle aussi oxyde cuivrique ou oxyde de cuivre II.

- 3- Équation-bilan de la réaction

Au cours d'une réaction chimique, les atomes ne disparaissent pas, mais ils se « réarrangent », il faut donc veiller à équilibrer l'équation :



- 4- Nature de la réaction

Au cours de cette réaction, les atomes de cuivre « arrachent » des atomes d'oxygène au dioxygène de l'air ; on dit que le cuivre s'oxyde. Cette réaction est donc une réaction d'oxydation.

J'évalue mes acquis



Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants : monoxyde / une poudre noire / dioxygène / cuivre II
 Les métaux brûlent plus facilement quand ils sont à l'état divisé. A chaud, la poudre de cuivre brûle dans le de l'air avec une flamme verte. Il se forme d'oxyde de cuivre encore appelée de cuivre ou oxyde de

ACTIVITÉ 2 : RÉALISER LA RÉACTION ENTRE L'OXYDE DE CUIVRE II ET LE CARBONE

Tu disposes d'oxyde de cuivre II, de carbone en poudre (on dit aussi carbone pulvérulent) et du matériel nécessaire. Le verre à pied contient initialement de l'eau de chaux limpide.



Document 2 : Réaction entre l'oxyde de cuivre II et le carbone

Mélange avec soin l'oxyde de cuivre II et la poudre de carbone puis place le mélange obtenu dans le tube à essais en pyrex. Enfin, chauffe fortement le mélange et note les observations.

- 1- Indique la couleur du dépôt qui se forme sur les parois du tube.
- 2- Dis si l'eau de chaux reste limpide.
- 3- Cite les réactifs et les produits obtenus.
- 4- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a eu lieu.
- 5- Explique pourquoi cette réaction est une réduction.

Je fais le point de l'activité

- 1- La couleur du dépôt

Le dépôt sur les parois du tube est de couleur rouge et d'aspect métallique.

- 2- L'eau de chaux est trouble.

- 3- Les réactifs et les produits de la réaction

Chauffés fortement, l'oxyde de cuivre II (CuO) et le carbone en poudre (C) réagissent entre eux : ce sont les réactifs.

Le dépôt rouge d'aspect métallique formé au cours de la réaction est du cuivre (Cu). Le trouble de l'eau de chaux montre qu'il s'est également formé du dioxyde de carbone (CO₂).

Les produits sont donc : le cuivre et le dioxyde de carbone.

- 4- Equation-bilan de la réaction

Elle doit être toujours équilibrée.



- 5- Nature de la réaction

Au cours de cette réaction, on obtient du cuivre (Cu) à partir de son oxyde (CuO) ; il y a perte d'atomes d'oxygène : c'est une réduction.

J'évalue mes acquis

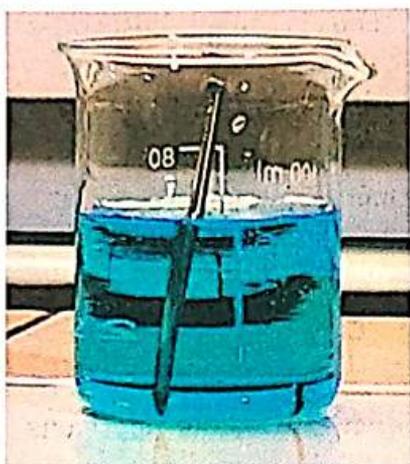


Un élève de 2^{de} C mélange une certaine quantité d'oxyde de cuivre II avec du charbon de bois en poudre dans un tube à essai ouvert puis il chauffe fortement ce mélange. Deux produits se forment : l'un est un métal et l'autre un gaz qui se dégage du tube à essais.

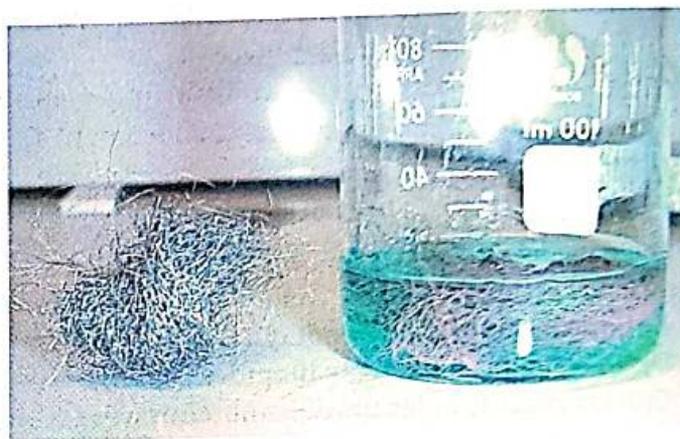
- 1- Indique les noms et les formules chimiques des réactifs mis en jeu au cours de la réaction qui a lieu.
- 2- Nomme les deux produits qui se forment au cours de cette réaction.
- 3- Donne la propriété du produit gazeux qui s'est formé.
- 4- Écris l'équation-bilan de la réaction.

ACTIVITÉ 3 : RÉALISER LA RÉACTION ENTRE UNE SOLUTION DE SULFATE DE CUIVRE ET LE FER

Réalise les expériences décrites par les documents 3 et 4.



Document 3 : Réaction entre le métal fer et les ions cuivre II

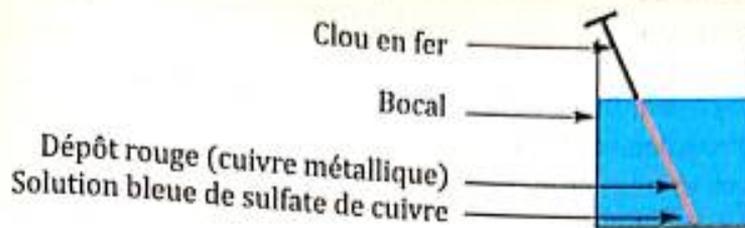


Document 4 : Réaction entre le métal fer en paille et les ions cuivre II

- 1- Note tes observations.
- 2- Interprète la décoloration de la solution bleue dans l'expérience 3 et la coloration verte de la solution dans l'expérience 4.
- 3- Écris l'équation de la transformation des ions cuivre II en cuivre métallique.
- 4- Écris l'équation de la transformation du métal fer en ions fer II.
- 5- Écris l'équation-bilan de l'action du métal fer sur les ions cuivre.
- 6- Justifie que ce type de réaction met en jeu un transfert d'électrons.
- 7- Propose pour chaque type d'ions (Cu^{2+}) et (Fe^{2+}) un test de caractérisation.

Je fais le point de l'activité

1- Annotation du schéma



2- Interprétation de la décoloration de la solution bleue de sulfate de cuivre puis de la coloration verte de la solution obtenue dans l'expérience du document 4.

Les ions cuivre sont responsables de la couleur bleue de la solution de sulfate de cuivre. Ces ions réagissent avec le métal fer et se transforment en cuivre métallique (dépôt rouge sur le fer). Ainsi, la diminution en nombre des ions Cu^{2+} atténue la couleur bleue de la solution de sulfate de cuivre II.

Quant au métal fer, il se transforme en ions fer II, d'où la coloration verte de la solution dans l'expérience du document 4.

3- Équation de la transformation des ions cuivre II en cuivre métallique

Pour se transformer en atome de cuivre Cu, un ion Cu^{2+} doit gagner ou capter deux électrons selon l'équation :



4- Équation de la transformation du métal fer en ion fer II

Pour se transformer en ion fer II, un atome de fer doit céder ou perdre deux électrons selon l'équation :



5- Équation-bilan de l'action du métal fer sur les ions cuivre II

Additionnons les deux équations précédentes, les électrons s'éliminent de part et d'autre et le bilan s'écrit :



6- Transfert d'électrons

Dans cette réaction, les électrons cédés par le métal fer sont captés par les ions cuivre II. Il y a bien transfert d'électrons.

7- Identification des ions en solution (Cu^{2+} et Fe^{2+})

ions recherchés	Cuivre (II) de formule Cu^{2+}	Fer (II) de formule Fe^{2+}
Réactif caractéristique des ions recherchés	Hydroxyde de sodium	Hydroxyde de sodium
Résultat observé si les ions sont présents	Précipité bleu 	Précipité vert 

J'évalue mes acquis



Un élève de 2^{de} C verse une solution bleue de sulfate de cuivre sur de la limaille de fer placée dans un tube à essais. Quelques instants après, la solution bleue se décolore et on obtient une solution verdâtre. Dans le même temps, la limaille de fer se recouvre d'un dépôt rouge.

- 1- Explique la couleur bleue de la solution de sulfate de cuivre.
- 2- Justifie l'apparition de la coloration verdâtre.
- 3- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.

ACTIVITÉ 4 : DÉFINIR L'ÉLÉMENT CHIMIQUE

- 1- Rappelle les équations-bilans dans les activités 1, 2 et 3.
- 2- Donne les différentes espèces sous lesquelles se présente le cuivre.
- 3- Définis l'élément chimique.

Je fais le point de l'activité

- 1- Équations bilans des réactions chimiques réalisées précédemment.

- Oxydation du métal cuivre



- Réduction de l'oxyde de cuivre II



- Action des ions cuivre II sur le fer



2- L'atome de cuivre au cours des transformations chimiques.

L'atome de cuivre comporte 29 charges positives dans son noyau et 29 électrons dans son cortège électronique. Au cours des réactions chimiques, l'atome de cuivre peut s'assembler avec d'autres atomes ou être séparé des atomes avec lesquels il s'est assemblé. Il peut enfin, dans certaines conditions, céder deux électrons pour devenir un cation (ion chargé positivement). L'atome de cuivre Cu et l'ion cuivre II Cu^{2+} représentent le même élément chimique cuivre.

3- Définition de l'élément chimique.

Un élément chimique est ce qui se conserve au cours d'une transformation chimique.

C'est l'ensemble des entités chimiques (atomes ou ions) qui ont le même nombre de charges positives dans leur noyau.

Pourquoi équilibrer une équation-bilan ?

Je dois équilibrer s'il y a lieu toute équation-bilan parce que, au cours d'une réaction chimique, les éléments chimiques se conservent.

J'évalue mes acquis



Dans certaines conditions, l'atome de fer cède 2 électrons ou 3 électrons de son cortège électronique.
Dresse la liste des 3 représentants de l'élément chimique fer qui apparaissent dans le texte ci-dessus.

ACTIVITÉ 5 : DÉCOUVRIR LES SYMBOLES DE QUELQUES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Tu viens de voir que le cuivre est un élément chimique. Son symbole est Cu. Dans les classes précédentes, tu as déjà réalisé la combustion de certains corps formés d'un seul élément chimique comme par exemple le carbone. L'étude de l'électrolyse de l'eau t'a fait manipuler d'autres corps dans lesquels sont associés des éléments chimiques ; c'est le cas de l'hydrogène et de l'oxygène.

1- Complète le tableau ci-dessous.

Nom de l'élément	Cuivre	Carbone	Fer	Oxygène	Soufre	Hydrogène	Azote
Symbole							

2- Fais des recherches pour dresser un tableau plus fourni en éléments chimiques.

Je fais le point de l'activité

1-

Nom de l'élément	Cuivre	Carbone	Fer	Oxygène	Soufre	Hydrogène	Azote
Symbole	Cu	C	Fe	O	S	H	N

Le symbole d'un élément chimique s'écrit en général avec la première lettre du nom français en majuscule, suivie quelquefois à droite d'une autre lettre en minuscule.

Certains symboles s'écrivent cependant à partir du nom latin ou allemand ; c'est le cas de l'azote, du sodium ou encore du mercure.

2-

Nom de l'élément	Sodium	Zinc	Aluminium	Mercure	Magnésium	Phosphore
Symbole	Na	Zn	Al	Hg	Mg	P

Nom de l'élément	Or	Chlore	Manganèse	Potassium	Étain	Calcium
Symbole	Au	Cl	Mn	K	Sn	Ca

J'évalue mes acquis



- 1- Identifie les éléments chimiques qui constituent les corps de formules suivantes : CuSO_4 ; KMnO_4 ; $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$; SO_3
- 2- Indique le nom de l'élément chimique commun à ces corps.

ACTIVITÉ 6 : DÉFINIR UN CORPS PUR SIMPLE ET UN CORPS PUR COMPOSÉ

Le gaz indispensable à la respiration est le gaz oxygène ou dioxygène. Avec le gaz azote ou diazote, ils forment les deux principaux constituants de l'air. Ces gaz tout comme le gaz butane sont formés de molécules.

- 1- Rappelle les formules des molécules de dioxygène, de diazote et de butane.
- 2- Indique l'élément ou les éléments chimiques présent(s) dans chacun de ces corps.
- 3- Explique la différence entre l'élément azote et le gaz azote ou diazote.
- 4- Définis un corps pur.
- 5- Justifie que le dioxygène est un corps pur simple.
- 6- Justifie que le butane est un corps pur composé.

Je fais le point de l'activité

- 1- Dioxygène : O_2 ; Diazote : N_2 ; Butane : C_4H_{10} .
- 2- L'élément chimique présent dans le dioxygène est l'élément oxygène de symbole O.
L'élément chimique présent dans le diazote est l'élément azote de symbole N.
Les éléments chimiques présents dans le butane sont : le carbone (C) et l'hydrogène (H).
- 3- L'élément azote est l'ensemble des atomes ou des ions possédant 14 charges positives dans leur noyau. Son symbole est N.
Le gaz azote ou diazote est constitué de molécules. Une molécule de diazote (N_2) est formée de deux atomes d'azote.
- 4- Un corps pur est un corps qui ne contient qu'une seule espèce chimique.
Il est dit simple quand il est constitué d'un seul type d'atomes.
Exemple : le dihydrogène (H_2).
Il est dit composé quand il est constitué de plusieurs types d'atomes.
Exemple : l'eau (H_2O) ; le dioxyde de carbone (CO_2).
- 5- Le dioxygène est constitué de molécules identiques. Ces molécules de dioxygène (O_2) sont formées de deux atomes identiques d'oxygène (O) ; c'est un corps pur simple.
- 6- Le butane est constitué de molécules identiques. Ces molécules (C_4H_{10}) sont formées d'atomes de types différents (carbone et hydrogène) ; le butane est un corps pur composé.

J'évalue mes acquis

Dans la liste de formules de molécules ci-dessous, recopie en les séparant en trois listes distinctes : les corps purs, les corps purs simples et les corps purs composés.
 H_2 ; SO_2 ; Cl_2 ; O_3 ; H_2O ; S_8 ; C_2H_6O ; C_3H_8 ; Fe.

II- RÉSUMÉ DE COURS

Un élément chimique est l'ensemble des entités (atomes ou ions) qui ont le même nombre de charges positives dans leur noyau.

On appelle corps pur, toute substance formée d'entités identiques.

Un corps pur est dit simple si ses entités sont formées du même élément chimique.

Un corps pur est dit composé si ses entités sont formées de plusieurs éléments chimiques.

III- MÉTHODES

Un élément chimique a un symbole unique.

Pour déterminer le nombre d'élément chimique dans un composé chimique, il faut compter le nombre de symboles (nombre de majuscules droites).

Exemple :

Dans le composé CuSO_4 , on a les éléments Cu, S et O.

Dans le composé KMnO_4 , on a les éléments K, Mn et O.

Dans le composé $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, on a les éléments K, Cr et O.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

D'un point de vue de la composition chimique, les êtres vivants sont constitués peu importe leur espèce, des éléments carbone, hydrogène, azote, oxygène, phosphore et soufre.

Propose l'acronyme qui permet de retenir ces six éléments en te servant de leurs symboles chimiques.

Exercice 2

Écris les symboles des éléments chimiques suivants :

Carbone ; Calcium ; Fluor ; Fer ; Sodium ; Potassium ; Phosphore ; Plomb ; Soufre ; Or et Oxygène.

Exercice 3

Le carbonate de cuivre ou malachite est un sel ionique bleu-vert de formule chimique CuCO_3 . Il est utilisé en décoration.

- 1- Indique les noms et les symboles des éléments chimiques qui constituent ce minéral.
- 2- Détermine le nombre d'atomes présents dans une molécule de malachite.

Résolution de l'exercice 1

L'acronyme est : C H N O P S

Commentaire :

Il s'agit d'écrire côte à côte et dans l'ordre, les symboles de ces six éléments chimiques.

Résolution de l'exercice 2

Carbone : C ; Calcium : Ca ; Fluor : F ; Fer : Fe ; Soufre : S ; Sodium : Na ; Potassium : K ; Phosphore : P ; Or : Au ; Oxygène : O

Commentaire :

Le symbole d'un élément est la première lettre en majuscule de son nom (français, latin ou allemand) quelquefois suivie d'une lettre en minuscule pour éviter les confusions.

Résolution de l'exercice 3

1- Dans la molécule CuCO_3 , nous avons trois éléments chimiques :

Le cuivre (Cu) ; le carbone (C) et l'oxygène (O).

2- Dans une molécule de malachite, il y a : 1 atome de Cu ; 1 atome de carbone et 3 atomes d'oxygène, soit au total : $1 + 1 + 3 = 5$ atomes.

Commentaire :

Le décompte des atomes se fait par espèce chimique puis on fait la somme des nombres obtenus.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1

- Définis l'élément chimique.
- Identifie l'élément chimique commun aux composés suivants : H_2SO_4 ; H_2O et CH_2Cl_2 .

2 Pour chacune des affirmations ci-dessous, recopie et complète le tableau en mettant une croix dans la case qui convient.

	Vrai	Faux
1		
2		
3		
4		

3

- Écris l'équation-bilan de la réduction de l'oxyde cuivrique par le carbone.
- Cite les réactifs mis en jeu et les produits obtenus.

4 L'un des produits de la combustion du bois, des bougies et des hydrocarbures dans le dioxygène de l'air est un gaz qui trouble l'eau de chaux.

- Nomme ce gaz et indique sa formule chimique.
- Identifie l'élément chimique commun à ces combustibles (bois, bougies, hydrocarbures).

Exercices de renforcement / Approfondissement

5 Une molécule d'un composé X constitué de deux éléments chimiques brûle avec deux molécules de dioxygène pour former une molécule de dioxyde de carbone et deux molécules d'eau.

- 1- Identifie les éléments chimiques qui constituent ce composé.
- 2- Distingue les réactifs des produits obtenus.
- 3- Écris l'équation-bilan de la réaction.

6 La fermentation du glucose ($C_6H_{12}O_6$) produit un alcool, l'éthanol de formule C_2H_6O et du dioxyde de carbone (CO_2).

1. Cite les éléments chimiques communs aux produits de cette réaction.
2. Écris l'équation-bilan de la fermentation alcoolique du glucose sachant qu'elle est un processus naturel.

7 Le sulfure de fer réagit à froid avec une solution d'acide chlorhydrique (HCl) pour produire un gaz d'odeur nauséabonde : le sulfure d'hydrogène. Si on brûle ce gaz à la sortie du tube où il s'est formé, on observe un dépôt solide de couleur jaune sur les parois du tube et de l'eau.

1- Identifie les éléments chimiques présents :

- 1.1- dans le sulfure de fer ;
- 1.2- dans le sulfure d'hydrogène.

2- Justifie que le corps jaune qui se dépose sur les parois du tube est le soufre.

3- Écris l'équation-bilan de la combustion du sulfure d'hydrogène dans l'air.

8 L'élément chimique cuivre est le seul présent dans le métal cuivre tandis que dans la solution bleue de nitrate de cuivre II, dans l'oxyde de cuivre II (noir) et dans le précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II, cet élément est combiné à d'autres éléments chimiques.

1- Nomme les éléments chimiques présents :

- 1.1- dans la solution de nitrate de cuivre II ;
- 1.2- dans l'oxyde de cuivre II ;
- 1.3- dans le précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II.

2- Écris les symboles de ces éléments.

Situations d'évaluations

9 Un groupe d'élèves de 2^{de} C réalise avec soin les expériences schématisées ci-dessous, mais il éprouve des difficultés pour en interpréter les observations. Il t'est demandé de les aider.

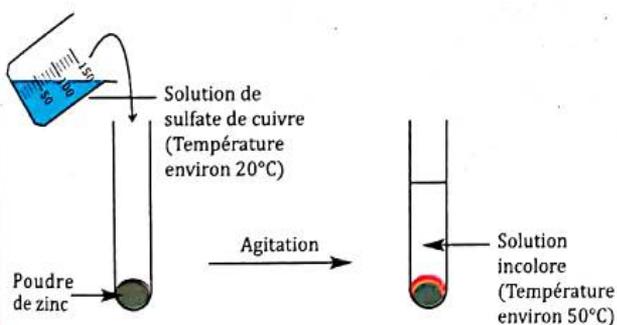


Figure 1

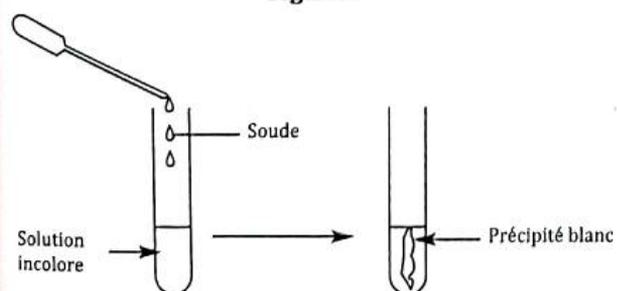


Figure 2

1- Explique la formation du dépôt rouge sur la poudre de zinc (figure 1).

2- Interprète :

- 2.1- la décoloration de la solution de sulfate de cuivre (figure 1) ;
- 2.2- la formation du précipité blanc (figure 2).

3- Écris l'équation-bilan de la réaction qui a eu lieu.

10 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton professeur de Physique-Chimie demande à ton groupe de travail de réaliser deux expériences. Expérience 1 : la combustion du métal cuivre dans le dioxygène.

Expérience 2 : la réduction de l'oxyde de cuivre II par le carbone.

Il met à votre disposition le matériel nécessaire. Vous recueillez sous la flamme verdâtre de l'expérience 1, une poudre noire. A l'étape de l'expérience 2, vous observez la formation d'un dépôt rouge dans le tube et le gaz qui se dégage trouble l'eau de chaux.

En ta qualité de rapporteur du groupe, tu présentes les travaux.

- 1- Nomme la poudre noire recueillie, le dépôt rouge et le gaz dégagé.
- 2- Écris l'équation -bilan de la réaction de:
 - 2.1- l'expérience 1 ;
 - 2.2- l'expérience 2.
- 3- Identifie l'élément chimique commun au métal cuivre et à l'oxyde de cuivre.

II Au cours d'une enquête découverte recommandée par ton professeur de Physique-Chimie, ton groupe de travail découvre que la décomposition à chaud du saccharose en vase clos en absence d'air produit du « charbon de sucre » et de la vapeur d'eau. Curieux, vous poussez vos recherches et tu es désigné pour en rendre compte à la classe.

- 1- Identifie les éléments chimiques présents dans les produits de cette décomposition.
- 2- Précise les éléments chimiques qui constituent le saccharose.
- 3- Recherche la formule chimique du saccharose.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

CHNOPS

CHNOPS est un acronyme mnémotechnique désignant les six éléments chimiques principaux qui constituent les êtres vivants : le carbone **C**, l'hydrogène **H**, l'azote **N**, l'oxygène **O**, le phosphore **P** et le soufre **S**. De manière semblable, l'acronyme **CHON** fait référence aux quatre premiers éléments chimiques.

Toutes les molécules biologiques ou biomolécules contiennent ainsi du carbone et de l'hydrogène ; les lipides, par exemple, sont constitués presque entièrement de ces deux éléments. L'azote joue un rôle déterminant dans les acides aminés et les bases nucléiques, constituants élémentaires des protéines et du matériel génétique, ainsi que dans de nombreux cofacteurs et groupes prosthétiques.

L'oxygène est particulièrement présent dans les glucides ainsi que dans de nombreux groupes fonctionnels, tandis que le phosphore intervient dans la structure des acides nucléiques et des phospholipides — ces derniers jouant un rôle structurel majeur dans les membranes biologiques — ainsi que dans le métabolisme énergétique des cellules à travers l'ADP, et dans certains mécanismes de signalisation cellulaire et de régulation des voies métaboliques à travers la phosphorylation

d'enzymes clés. Le soufre entre dans la composition de nombreuses protéines à travers deux acides aminés, la cystéine et la méthionine, où il peut jouer un rôle catalytique (nucléophile de triade catalytique, centre fer-soufre, etc.) ou structurel (ponts disulfure par exemple) ; il joue également un rôle clé dans certaines coenzymes, comme la coenzyme A, et comme antioxydant, par exemple dans le glutathion ou la thiorédoxine.

Source : Wikipedia.

STRUCTURE DE
L'ATOME

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

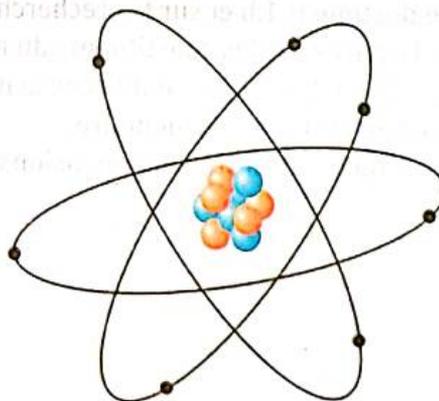
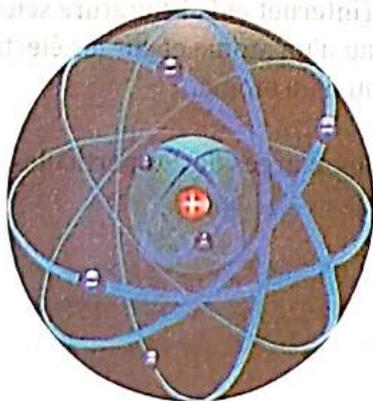
HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> les constituants d'un atome. les constituants du noyau de l'atome.
Écrire	le symbole d'un noyau.
Expliquer	la structure lacunaire de l'atome.
Montrer	la neutralité électrique d'un atome.
Définir	l'isotopie.
Déterminer	les structures électroniques de quelques atomes.
Écrire	les représentations de LEWIS de quelques atomes.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Atome
- Molécule
- Ion
- Noyau
- Protons
- Neutrons
- Nucléons
- Cortège électronique
- Structure lacunaire
- Isotopie
- Numéro atomique
- Nombre de masse
- Couche électronique

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors d'une enquête documentaire, un élève de 2^{de} C découvre les documents ci-contre. Il en informe les membres de son groupe de travail et ensemble ils entreprennent de connaître la structure de l'atome, de déterminer les structures électroniques de quelques atomes puis d'en écrire les représentations de Lewis sous la conduite de leur professeur.

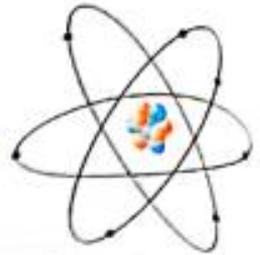
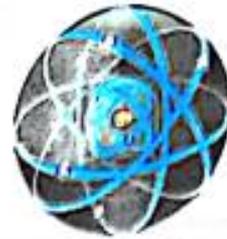


I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : RAPPELER LES CONSTITUANTS DE L'ATOME

Après avoir distingué les atomes et les molécules en classe de 5^{ème}, tu as commencé à décrire l'atome en classe de quatrième. Cette année, tu vas approfondir cette description.

- 1- Nomme le constituant essentiel de la matière.
- 2- Cite les principaux constituants de l'atome.
- 3- Explique l'électroneutralité de l'atome.



Document 1 a

Document 1 b

Document 1 : Un modèle de l'atome

Je fais le point de l'activité

- 1- Constituant essentiel de la matière

L'atome est le constituant essentiel de la matière.

- 2- Constituants d'un atome

Un atome est constitué d'un noyau en son centre, autour duquel gravitent un ou plusieurs électrons.

- 3- Electro-neutralité de l'atome

Le noyau d'un atome est chargé positivement tandis que les électrons sont chargés négativement.

Dans un atome, il y a autant de charges positives dans le noyau que de charges négatives portées par l'ensemble des électrons : l'atome est donc électriquement neutre.

J'évalue mes acquis



- 1- Nomme les constituants de l'atome.
- 2- Dis pourquoi l'atome est électriquement neutre.

ACTIVITÉ 2 : CONNAÎTRE LES CONSTITUANTS DU NOYAU D'UN ATOME

En t'appuyant sur le document 1.b et sur tes recherches (internet et la littérature scientifique), tu vas compléter tes connaissances sur les constituants du noyau d'un atome et sur les électrons.

- 1- Indique les types de particules présents dans le noyau d'un atome.
- 2- Rappelle la valeur de la charge élémentaire.
- 3- Fais le bilan de tes recherches sur les dimensions et les charges de ces particules.

Je fais le point de l'activité

1- Les nucléons

Il existe deux types de particules dans le noyau : les protons et les neutrons. On appelle nucléons l'ensemble de ces deux types de particule.
Les protons sont chargés positivement tandis que les neutrons ont une charge nulle.
On note Z le nombre de protons et N le nombre de neutrons.
On note $A = Z + N$, l'ensemble des constituants du noyau. A est aussi appelé nombre de masse

2- Charge élémentaire

La valeur de la charge élémentaire est $e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; c'est la charge d'un proton.
La valeur de la charge d'un électron est : $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
« C » est l'unité de la charge électrique et l'unité de la quantité d'électricité.
Elle se lit « Coulomb ».

3- Dimensions et charges des particules d'un atome

Particules du noyau	Masse (kg)	Charge (C)	Rayon (m)
Protons	$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$	$+e = +1,6 \cdot 10^{-19}$	$R_p = 0,87 \cdot 10^{-15}$
Neutrons	$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$	0	$R_n = 10^{-15}$
Autour du noyau			
	Masse (kg)	Charge (C)	Rayon (m)
Electrons	$9,109 \cdot 10^{-31}$	$-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	$R_e = 2,8 \cdot 10^{-15}$

J'évalue mes acquis



Le noyau d'un atome porte une charge positive $Q = +27,2 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

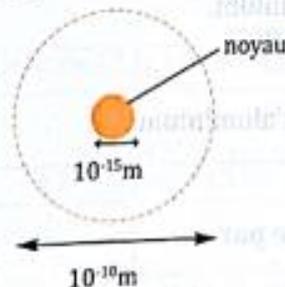
1- Détermine :

- 1.1- le nombre de protons dans ce noyau ;
- 1.2- la charge globale du cortège électronique.

2- Dédus de ce qui précède, le nombre d'électrons qui gravitent autour du noyau de cet atome.

ACTIVITÉ 3 : EXPLIQUER LA STRUCTURE LACUNAIRE DE L'ATOME

Tu vas maintenant pouvoir expliquer ce qu'on entend par une structure lacunaire. Un atome est assimilable à une sphère de diamètre 10^{-10} m et son noyau a un diamètre d'environ 10^{-15} m .



Document 2 : Schéma de l'atome

En t'appuyant sur ces données et tes résultats de l'activité 2 :

- 1- montre que la masse d'un atome est concentrée en son noyau ;
- 2- rapporte le diamètre du noyau d'un atome à celui de l'atome. Conclue.

Je fais le point de l'activité

1- Concentration de la matière d'un atome en son centre.

Masse (atome) = masse (protons) + masse (neutrons) + masse (électrons). Or :

- la masse d'un électron est négligeable devant la masse d'un proton

$$\frac{\text{masse proton}}{\text{masse électron}} = 1836 ;$$

- la masse d'un proton est sensiblement égale à la masse d'un neutron.

Donc la masse d'un atome est sensiblement égale à la masse de son noyau c'est-à-dire à la masse des nucléons.

2- Structure lacunaire de l'atome.

$$\frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5 = 100\ 000.$$

Le diamètre de l'atome fait 100.000 fois le diamètre du noyau. Il y a donc un grand vide dans l'atome ; on dit que l'atome a une structure lacunaire.

J'évalue mes acquis



Recopie pour chacune des propositions ci-dessous, la lettre correspondant à la bonne réponse.

1- La masse d'un proton est pratiquement égale à :

- a) celle de l'électron ;
- b) celle du neutron ;
- c) celle du noyau.

2- La masse de l'atome est pratiquement égale à :

- a) celle des nucléons ;
- b) celle des électrons ;
- c) celle des neutrons.

3- La masse du noyau est égale à :

- a) la masse de l'ensemble des électrons ;
- b) la masse de l'ensemble des électrons et des protons ;
- c) la masse des nucléons.

ACTIVITÉ 4 : ÉCRIRE LE SYMBOLE DU NOYAU D'UN ATOME

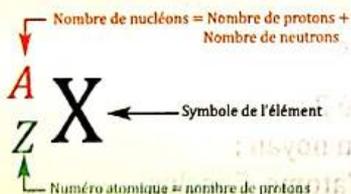
Te rappelles-tu que chaque élément chimique possède un symbole unique ? Tu sais aussi que le noyau d'un atome est constitué de nucléons (protons et neutrons). Tu vas maintenant représenter symboliquement le noyau d'un atome en utilisant les conventions en vigueur.

Le noyau de l'atome d'aluminium possède 13 protons et 14 neutrons.

- 1- Recherche la notation conventionnelle du noyau d'un atome.
- 2- Rappelle le symbole de l'élément aluminium.
- 3- Indique la valeur du numéro atomique Z.
- 4- Détermine le nombre de nucléons A.
- 5- Écris le symbole du noyau de l'atome d'aluminium.

Je fais le point de l'activité

1- On représente le noyau de l'atome par :



2- Symbole de l'élément aluminium : Al.

3- Valeur de Z.

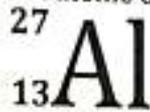
$$Z = 13 \text{ (nombre de protons).}$$

4- Nombre de nucléons (A).

$$A = 13 + 14 = 27 \text{ (nombre de protons + nombre de neutrons).}$$

5- Symbole du noyau de l'atome d'aluminium.

Conventionnellement, le noyau de l'atome d'aluminium s'écrit :



J'évalue mes acquis



- 1- Écris le symbole du noyau de l'atome de fluor constitué de 9 protons et 10 neutrons.
- 2- Écris le symbole du noyau de l'atome de sodium constitué de 12 neutrons et dont le nombre de masse est 23.

ACTIVITÉ 5 : DÉFINIR L'ISOTOPIE

Le carbone naturel a un numéro atomique $Z = 6$. Il est majoritairement composé de carbone 12, de faible quantité de carbone 13 et de trace de carbone 14. Il existe donc trois noyaux de ce carbone caractérisés par les nombres de masses suivants : $A = 12$; $A = 13$; $A = 14$.

1- Récopie et complète le tableau ci-dessous en t'appuyant sur tes connaissances se rapportant à la structure de l'atome.

Noyau de l'atome de	Carbone 12	Carbone 13	Carbone 14
Symbole de l'élément chimique			
Nombre de nucléons			
Nombre de protons			
Nombre de neutrons			
Symbole du noyau			

- 2- Interprète les symboles de la dernière ligne du tableau.
- 3- Définis l'isotopie.

Je fais le point de l'activité

1- Remplissage du tableau

Noyau de l'atome de	Carbone 12	Carbone 13	Carbone 14
Symbole de l'élément chimique	C	C	C
Nombre de nucléons	12	13	14
Nombre de protons	6	6	6
Nombre de neutrons	6	7	8
Symbole du noyau	${}_{6}^{12}\text{C}$	${}_{6}^{13}\text{C}$	${}_{6}^{14}\text{C}$

2- Interprétation

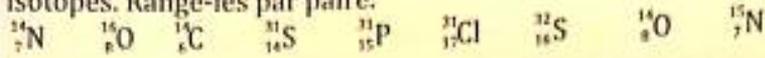
Le nombre de protons (numéro atomique Z) caractérise l'élément chimique carbone. Il est donc le même : $Z = 6$. La différence entre ces atomes se situe au niveau du nombre de neutrons contenus dans le noyau de chacun d'eux. Le carbone 12 possède 6 neutrons, le carbone 13 en possède 7 et le carbone 14 en possède 8.

3- On appelle isotopes, des atomes ayant le même nombre de protons mais des nombres de nucléons différents.

J'évalue mes acquis

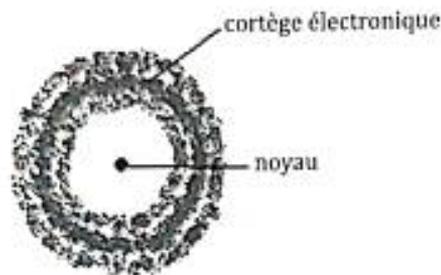


Identifie dans la liste ci-dessous de symboles de noyaux atomiques, ceux qui sont des isotopes. Range-les par paire.



ACTIVITÉ 6 : DÉTERMINER LA STRUCTURE ÉLECTRONIQUE DE QUELQUES ATOMES

Observe attentivement le document 3 ci-dessous puis découvre la structure du cortège électronique de l'atome.



Document 3 : Structure électronique de l'atome

- 1- Dis comment se fait la répartition des électrons autour du noyau.
- 2- Recherche les règles de remplissage des couches électroniques.
- 3- Recherche la procédure d'écriture de la structure électronique d'un atome.
- 4- Identifie les électrons les moins liés au noyau.

Je fais le point de l'activité

1- Répartition des électrons.

La répartition des électrons autour du noyau se fait sur des couches électroniques.

2- Règle de remplissage des couches électroniques.

Les électrons se répartissent sur des couches. Chaque couche a un rang n.

Exemples de couches :

- n = 1, on a la première couche notée K ; elle est saturée à 2 électrons.
- n = 2, on a la deuxième couche notée L ; elle est saturée à 8 électrons.
- n = 3, on a la troisième couche notée M ; elle est saturée à 18 électrons etc.

3- Écriture de la structure électronique d'un atome

On écrit les couches occupées et on affecte chaque couche du nombre d'électrons qui l'occupe en exposant.

Exemples :

- Pour le carbone, Z = 6, la structure électronique est K^2L^4 .
- Pour l'aluminium, Z = 13, la structure électronique est $K^2L^8M^3$.
- Pour l'argon, Z = 18, la structure électronique est $K^2L^8M^8$.

Remarque : pour des raisons énergétiques qui seront évoquées plus tard, bien que la couche M ait besoin de 18 électrons pour se saturer, la couche N commencera à recevoir des électrons quand la couche M en aura reçu 8.

4- Électrons périphériques

Les électrons les moins liés au noyau sont les électrons situés sur la couche externe c'est-à-dire à la périphérie.

J'évalue mes acquis



- 1- Écris la structure électronique de l'atome :
 - 1.1- d'hydrogène ;
 - 1.2- d'oxygène ;
 - 1.3- de potassium.
- 2- Un atome a pour structure électronique : $K^2L^8M^4$.
Indique le nombre de protons présents dans le noyau de cet atome.

ACTIVITÉ 7 : ÉCRIRE LES REPRÉSENTATIONS DE LEWIS

- 1- Définis la représentation de Lewis.
- 2- Recherche ses règles d'écriture.
- 3- Écris la représentation de Lewis de l'élément :
 - a) Hydrogène (1 électron périphérique) ;
 - b) Oxygène (6 électrons périphériques).

Je fais le point de l'activité

1- Représentation de Lewis.

La représentation de Lewis d'un atome est un schéma conventionnel dans lequel on représente le cortège électronique de la couche externe dans un plan en supposant les électrons immobiles.

2- Les règles d'écriture.

Les règles à suivre :

- déterminer le nombre d'électrons de la couche externe de l'atome ;
- placer les électrons de la couche externe tout autour de l'atome en les représentant par des points suivant les quatre points cardinaux ;
- au-delà de 4 électrons, relier les électrons par paire à l'aide d'un tiret. Ces paires sont appelées doublets non liants ;
- les électrons restés seuls sont appelés électrons célibataires. Ils peuvent se lier à d'autres électrons pour former une paire liante ou un doublet liant.

3- Représentation de Lewis de l'atome d'hydrogène et de l'atome d'oxygène.

- a) La formule électronique de l'hydrogène est K^1 . Sa couche externe possède donc un électron et sa représentation de Lewis est : \dot{H}
- b) Représentation de Lewis de l'oxygène

La formule électronique de l'oxygène est K^2L^6 . Sa couche externe possède donc 6 électrons et sa représentation de Lewis est : $\cdot \ddot{O} \cdot$

J'évalue mes acquis



- Écris la représentation de Lewis de l'atome :
- 1- d'azote de numéro atomique $Z = 7$;
 - 2- de chlore de numéro atomique $Z = 17$.

II- RÉSUMÉ DE COURS

1- L'atome

Un atome est formé d'un noyau constitué de nucléons (protons et neutrons) autour duquel gravite un cortège électronique de masse négligeable.

L'essentiel de la masse de l'atome est constitué par les nucléons : la masse d'un atome est donc pratiquement égale à la masse des nucléons.

Les protons sont chargés positivement tandis que les électrons portent des charges négatives. Dans un atome, il y a autant de protons que d'électrons ; l'atome est donc électriquement neutre. Le nombre de protons du noyau noté Z caractérise un élément chimique. Le nombre A désigne le nombre de nucléons ($A = Z + N$) où N est le nombre de neutrons. Le noyau occupe un volume négligeable devant le volume occupé par l'atome ; on dit que l'atome a une structure lacunaire.

2- Structure électronique des atomes

Les électrons d'un atome sont répartis par couches appelées couches électroniques K, L, M, N, \dots Le remplissage par couche se faisant dans cet ordre.

La couche K est saturée avec 2 électrons, la couche L avec 8 électrons, la couche M avec 18 électrons et la couche N avec 32 électrons.

3- Isotopie

Des atomes qui ont le même numéro atomique Z mais des nombres de masse A différents sont appelés isotopes.

4- La représentation de Lewis permet de schématiser la couche externe d'un atome.

III- MÉTHODES

- Ne jamais confondre « électroneutralité » et « absence de charges ».
- Des atomes qui ont le même nombre de masse ne sont pas des isotopes.
- Dans un atome, il y a Z protons et Z électrons.

Les électrons d'un atome sont répartis en couches.

Il est important de connaître l'existence des différentes couches et le nombre maximal d'électrons sur ces couches.

- Comment écrire la structure électronique d'un atome ?

Il faut dans un premier temps connaître le nombre total d'électrons que possède cet atome, ce qui est indiqué par son numéro atomique Z .

Ensuite, il suffit d'écrire la première couche et d'y placer les 2 premiers électrons. S'il reste des électrons, ils sont ensuite placés sur la couche L . Si la couche L est complète alors les électrons restant sont notés sur la couche M .

Exemple de l'atome d'aluminium.

L'atome d'aluminium a comme numéro atomique $Z = 13$ ce qui signifie qu'il possède un total de 13 électrons.

Les deux premiers électrons viennent occuper la première couche que l'on note K^2 .

Il reste ensuite $13 - 2 = 11$ électrons: les 8 électrons suivants viennent occuper la couche L , ce qui donne K^2L^8 .

Il reste $13 - 2 - 8 = 3$ électrons qui appartiennent donc à la couche M .

La configuration électronique de l'atome d'aluminium est donc $K^2L^8M^3$.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Récopie chacune des propositions du tableau ci-dessous et inscris une croix dans la case convenable.

	Vrai	Faux
L'atome est électriquement neutre, cela veut dire qu'il ne porte aucune charge électrique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le nombre de protons caractérise un élément chimique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'hydrogène et l'hélium sont deux isotopes.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La représentation de Lewis se fait avec les électrons périphériques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
L'atome dont la formule électronique est K^2L^4 possède 4 électrons autour de son noyau et 6 électrons périphériques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Le nombre de neutrons dans un noyau est égal au nombre de nucléons.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Un atome de numéro atomique $Z = 26$ comporte 26 électrons dans son cortège électronique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La masse d'un atome est sensiblement égale à la masse des nucléons.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toute entité chimique de numéro atomique $Z = 26$ comporte 26 électrons dans son cortège électronique.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exercice 2

L'atome de calcium comporte 20 neutrons dans son noyau et 20 électrons dans son cortège électronique.

- 1- Détermine le nombre de masse de ce noyau.
- 2- Détermine la charge globale positive Q_p de ce noyau sachant que $e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 3- Déduis-en la charge globale négative Q_n de son cortège électronique.

Exercice 3

Un élève de 2^{de} C écrit le symbole suivant au tableau : ${}_{12}^{26}\text{Mg}$

- 1- Dis ce que représente ce symbole.
- 2- Indique le nombre :
 - 2.1- de nucléons ;
 - 2.2- de protons.
- 3- Détermine le nombre :
 - 3.1- de neutrons ;
 - 3.2- d'électrons.
- 4- Écris la représentation de Lewis de cet élément.

Résolution de l'exercice 1

	Vrai	Faux
L'atome est électriquement neutre, cela veut dire qu'il ne porte aucune charge électrique.		X
Le nombre de protons caractérise un élément chimique.	X	
L'hydrogène et l'Hélium sont deux isotopes.		X
La représentation de Lewis se fait avec les électrons périphériques.	X	
L'atome dont la formule électronique est K^2L^4 possède 4 électrons autour de son noyau et 6 électrons périphériques.		X
Le nombre de neutrons dans un noyau est égal au nombre de nucléons.		X
Un atome de numéro atomique $Z = 26$ comporte 26 électrons dans son cortège électronique.	X	
La masse d'un atome est sensiblement égale à la masse des nucléons.	X	
Toute entité chimique de numéro atomique $Z = 26$ comporte 26 électrons dans son cortège électronique.		X

Commentaire :

Se référer au cours. Faire attention à la notion d'entité chimique (pas seulement les atomes).

Résolution de l'exercice 2

1- $A = Z + N$. On sait que le nombre d'électrons = nombre de protons.

$$A = 20 + 20$$

$$A = 40$$

2- $Q_p = 20 \times (+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}) = +32 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

3- $Q_n = -32 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. L'atome est électriquement neutre. La charge positive du noyau est compensée par la charge négative du cortège électronique.

Commentaire :

La donnée du nombre d'électrons indique le nombre de protons.

Chaque proton porte la charge $+e$ donc les 20 protons portent la charge $20 \times (+e)$.

Chaque électron porte la charge $-e$ donc les 20 électrons portent la charge $20 \times (-e)$.

Résolution de l'exercice 3

- 1- Ce symbole représente le noyau de l'atome de magnésium.
- 2-
 - 2.1- Le nombre de nucléons est $A = 24$.
 - 2.2- Le nombre de protons est $Z = 12$.
- 3-
 - 3.1- Le nombre de neutrons est donné : $N = A - Z$.
 $N = 24 - 12$
 $N = 12$
 - 3.2- Le nombre d'électrons est égal au nombre de protons, soit 12 électrons (électro neutralité de l'atome).
- 4- Les 12 électrons se répartissent sur les couches électroniques selon la formule : $K^2L^8M^2$.
 La couche externe M comporte 2 électrons périphériques.
 La représentation de Lewis est donc : $\bullet Mg \bullet$

Commentaire :

La représentation de Lewis ne prend en compte que les électrons de la couche externe.

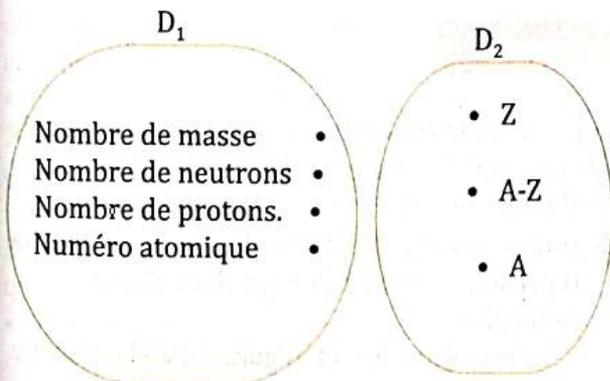
V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Recopie et complète le tableau suivant en t'appuyant sur tes connaissances sur la constitution des atomes.

Atomes	Nombre de masse	Nombre de protons	Nombre d'électrons	Nombre de neutrons
S	32	16		
Be		4		5
P	31		15	
Pb			82	125

2 Relie chaque élément du diagramme D₁ à sa notation ou à son expression dans le diagramme D₂.



3 La formule électronique d'un atome est $K^2L^8M^7$.
 1- Nomme la couche externe de cet atome.
 2- Donne le nombre d'électrons périphériques.
 3- Détermine le numéro atomique Z de cet atome.

4 Recopie et complète le tableau ci-dessous :

Élément	C	H	N	O	P	S
Z	6	1	7	8	15	16
Structure électronique						
Nombre d'électrons sur la couche externe						

Exercices de renforcement / Approfondissement

5 L'élément carbone, de numéro atomique $Z = 6$ possède trois isotopes : ^{12}C , ^{13}C et ^{14}C .

- 1- Définis le terme isotopes.
- 2- Écris les symboles des noyaux du carbone 12, du carbone 13 et du carbone 14.
- 3- Détermine le nombre de neutrons dans le noyau de chacun des isotopes du carbone.
- 4- Écris :
 - 4.1- la formule électronique de l'élément carbone ;
 - 4.2- la représentation de Lewis de cet atome.

6 Le tableau ci-dessous comporte des symboles d'ions et leur nombre de protons :

Entités chimiques	H^+ (ion hydrogène)	O^{2-} (ion oxyde)	Li^+ (ion Lithium)	Cl^- (ion chlorure)
Nombre de protons	1	8	3	17
Élément chimique que représente l'entité				
Nombre d'électrons				
Structure électronique				
Représentation de Lewis				

- 1- Rappelle la définition d'un ion.
- 2- Reproduis et complète le tableau.

7 Les alchimistes ont longtemps tenté de transformer les atomes de plomb en atomes d'or. Les noyaux les plus connus de ces atomes sont respectivement $^{208}_{82}\text{Pb}$ et $^{197}_{79}\text{Au}$.

- 1- Compare sans les calculer, la masse du noyau de l'atome de plomb et la masse du noyau de l'atome d'or.

- 2- Détermine la masse m de l'atome d'or.
- 3- Détermine :
 - 3.1- le nombre d'atomes contenus dans une pépite de 5 g d'or ;
 - 3.2- la masse d'un ion aurique Au^{3+} .
- 4- Détermine la charge électrique de l'ion Pb^{2+} et celle de son nuage électrique.

8 Le noyau d'une entité chimique X possède 14 neutrons et porte une charge $Q = +22,4 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. La masse de son noyau est égale à $46,76 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ et son cortège électronique porte la charge $Q' = -16 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Sa formule électronique peut s'écrire $\text{K}^a \text{L}^b \text{M}^c$.

- 1- Indique la valeur de la masse de l'atome de l'entité X.
- 2- Détermine le numéro atomique Z de cette entité et son nombre de masse A .
- 3- Justifie par le calcul ta réponse à la consigne 1.
- 4- Détermine la nature et le nombre de particules chargées en défaut dans cette entité.

Données : la masse d'un neutron, sensiblement égale à celle d'un proton, est égale à $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. La charge élémentaire est : $e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Situations d'évaluation

9 Lors du concours « chimistes en herbe » organisé par le club scientifique de ton établissement, l'équipe adverse qui avait une nette avance sur ton équipe est battue au score grâce à ta parfaite maîtrise du thème se rapportant à la matière et ses transformations. A la fin du concours, les membres de cette équipe t'approchent pour avoir quelques précisions sur l'atome et sa structure. Ils veulent

en particulier connaître le numéro atomique de l'atome dont la structure s'écrit : $\text{K}^a \text{L}^b \text{M}^c \text{N}^d$.

- 1- Nomme les constituants de l'atome.
- 2- Donne les significations de A , X et Z dans la représentation symbolique d'un atome.
- 3- Détermine :
 - 3-1. les valeurs de a et b figurant dans la structure électronique de cet atome ;

- 3-2. le numéro atomique Z de cet atome.
 4. Écris la représentation de Lewis de cet atome sachant qu'il est un représentant de l'élément chimique calcium.

10 A l'occasion de la sélection des élèves devant représenter ton lycée au concours dénommé « Les cracks de la chimie », ton professeur de Physique-Chimie soumet un test à ta classe. Le test consiste à compléter correctement le tableau ci-dessous puis à répondre aux consignes s'y rapportant.

Espèces chimiques	A_1X	A_2X
Charge électrique du noyau	$Q = 1,92 \cdot 10^{-18} \text{ C}$	$Q = 1,92 \cdot 10^{-18} \text{ C}$
Numéro atomique	$Z_1 =$	$Z_2 =$
Masse du noyau	$m = 4,008 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$	$m = 4,008 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$
Nombre de masse	$A_1 =$	$A_2 =$
Nombre de neutrons	$N_1 =$	$N_2 =$
Charge du nuage électronique	$-1,92 \cdot 10^{-18} \text{ C}$	$-1,6 \cdot 10^{-18} \text{ C}$
Nombre d'électrons	$n_1 =$	$n_2 =$

Tu fais partie des sélectionnés.

- 1- Complète le tableau.
- 2- Nomme l'élément chimique auquel appartiennent les espèces A_1X et A_2X .
- 3- Indique la constitution complète de ces deux

espèces chimiques.

- 4- Écris leurs formules électroniques.

11 Après ta séance de sport du week-end, tu te rends chez ton voisin de classe en vue de préparer votre prochain devoir surveillé de Physique-Chimie. Celui-ci éprouve des difficultés à identifier l'élément chimique X de formule électronique K^2L^3 , présent dans la nature sous la forme des deux isotopes A_1X et A_2X comportant respectivement 5 neutrons et 6 neutrons dans leur noyau. Tu décides de l'aider.

Données :

Élément chimique	Néon	Sodium	Bore	Carbone
Symbole	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{11}\text{Na}$	${}_5\text{B}$	${}_6\text{C}$

- 1- Détermine :
 - 1.1- le nombre n d'électrons gravitant autour du noyau de l'atome de l'élément X ;
 - 1.2- le numéro atomique de cet atome ;
 - 1.3- les nombres A_1 et A_2 .
- 2- Identifie l'élément X .
- 3- Écris le symbole du noyau de chacun des isotopes.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

BRÈVE HISTOIRE DE L' ATOME

Dès 420 avant JC, Démocrite (philosophe grec) a l'intuition de l'existence des atomes et invente leur nom (« atomos » en grec qui signifie insécable). Aristote (philosophe grec) conteste cette existence et son prestige est tel qu'il faut attendre le début du XIX^{ème} siècle pour que cette idée reprenne vie.

• Lorsqu'en 1803, le chimiste britannique John Dalton étudia les réactions chimiques, il fonda sa théorie sur l'existence de petites particules sphériques et insécables, les atomes. Il mit en évidence qu'au cours d'une réaction chimique les atomes se combinent pour former de nouveaux composés. Chaque type d'atome, représenté par un symbole (C pour le carbone, O pour l'oxygène ...) a des propriétés particulières et peut se combiner avec des atomes différents.

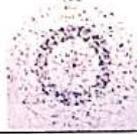
• Reconsidérant les travaux de Dalton, le chimiste italien Amadéo Avogadro (1776 - 1856) établit, en 1811, la distinction entre atomes et molécules : une molécule est constituée d'un ou plusieurs atomes. Ce n'est qu'à la fin du XIX^{ème} siècle que la notion d'atome indivisible fût mise en doute.

• Plusieurs expériences sur les décharges électriques dans les gaz amenèrent le physicien français Jean Perrin (1870-1942) à postuler l'existence de particules électriquement chargées, 2000 fois plus légères que l'atome d'Hydrogène.

• En 1881, J. J. Thomson démontre que ces petits grains de matières sont présents quel que soit le corps étudié. Il en déduit qu'il tient là l'un des constituants de l'atome, une particule élémentaire chargée négativement qu'il nomme en 1891 : électron.

La structure de l'atome

- Au début du XX^{ème} siècle, l'ambition des physiciens est de proposer un modèle de l'atome en précisant la répartition de la charge électrique à l'intérieur de celui-ci.
- En 1904, Thomson partant de l'idée que l'atome est électriquement neutre, pense qu'il doit contenir des charges positives qui doivent compenser les charges négatives des électrons. Il suppose que la charge positive est répartie dans un petit volume (qui peut avoir la forme d'une sphère) et qu'elle est parsemée d'électrons (pudding de Thomson).
- En 1910 Rutherford bombarde différents échantillons de matière (cuivre, or, argent) avec des particules et il déduit de son expérience que la charge positive doit occuper un tout petit volume qu'il appelle « noyau ». Après « un petit calcul » il trouve que la majorité de la masse de l'atome est concentrée dans un noyau minuscule. Les dimensions du noyau sont de l'ordre de 10^{-15} m (100 000 fois moins que les dimensions de l'atome) et sa charge totale est un multiple entier de la charge de l'électron (au signe près).
- Rutherford pense alors au modèle planétaire pour décrire un atome. En effet la masse du système solaire est essentiellement concentrée dans le Soleil tout comme celle de l'atome est concentrée dans le noyau. De plus l'Univers comme l'atome est constitué principalement de vide. Il propose donc comme modèle un tout petit noyau chargé positivement et comportant l'essentiel de la masse de l'atome, autour duquel les électrons décrivent des orbites.

Scientifiques	Démocrite et Leucipe (grecs)	Dalton (anglais)	Thomson (anglais)	Rutherford (néo-Zélandais)	Bohr (danois)	
« Portrait »						Physique moderne
Date de découverte	400 avant JC	1810	1897	1911	1922	
Modèle utilisé	Particules indivisibles « atomos » qui signifie indivisible en grec. (grain de matière, grain de poussière...)	Les atomes sont représentés par des sphères.	Il imagine l'atome comme une sphère remplie d'une substance électriquement positive et fourrée d'électrons négatifs "comme des raisins dans un cake".	L'atome est surtout constitué de vide. Au centre de l'atome doit se trouver une masse importante positive (que Rutherford appela noyau). Ce noyau doit être extrêmement petit et dense. L'atome est neutre, il y a autant de charges positives que de charges négatives. Il propose un modèle atomique comparable au système solaire: autour d'un noyau soleil gravitent des " électrons planètes " chargés négativement	Son travail s'inspira du modèle nucléaire de l'atome de Rutherford. Il proposa que les électrons ne pouvaient occuper que des orbites bien précises	Un noyau central entouré d'électrons en mouvement. Les électrons n'ont pas un trajet bien défini mais une certaine probabilité de présence.
Schéma du modèle						

LEÇON

3

CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

TABLEAU DES HABILÉTÉS ET DES CONTENUS

HABILÉTÉS	CONTENUS
Décrire	le tableau de classification périodique des éléments chimiques.
Connaître	le principe de remplissage du tableau de classification périodique.
Indiquer	la place d'un élément chimique dans le tableau de classification périodique.
Analyser	les principales familles du tableau de classification périodique ; - familles des métaux alcalins ; - familles des métaux alcalino-terreux ; - familles des halogènes ; - familles des gaz rares.
Justifier	les propriétés chimiques semblables des éléments chimiques d'une même famille.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Tableau de classification périodique
- Période
- Colonne
- Famille d'éléments chimiques
- Métaux alcalins
- Métaux alcalino-terreux
- Halogènes
- Gaz rares

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de 2^{de} C découvre le tableau ci-dessous dans un laboratoire de son établissement. D'après ses recherches, ce tableau permet de classer les éléments chimiques par famille en fonction de leurs propriétés chimiques. Pour en savoir davantage, il en informe ses camarades de classe et ensemble, sous la supervision de leur professeur de Physique-Chimie, ils entreprennent de décrire le tableau de classification périodique des éléments chimiques, d'analyser les différentes familles et de justifier leurs propriétés chimiques.

Tableau périodique des éléments chimiques

Le tableau périodique des éléments chimiques est présenté avec une légende explicative et des familles colorées. La légende indique :
 - Numéro atomique (Z) : 8
 - Masse atomique (A) : 16,000
 - Symbole de l'élément : O
 - Nom : Oxygène

Les familles sont colorées et étiquetées en bas du tableau :

- Alcalins** (orange)
- Alcalino-terreux** (rouge)
- Lanthanides** (bleu clair)
- Actinides** (bleu foncé)
- Métaux de transition** (bleu)
- Métaux pauvres** (bleu foncé)
- Métalloïdes** (orange)
- Autres non-métaux** (jaune)
- Halogènes** (vert)
- Gaz nobles** (bleu clair)
- Non classés** (gris)

I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCRIRE LE TABLEAU DE CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Tu viens d'apprendre qu'un élément chimique est caractérisé par son numéro atomique Z , le nombre de protons contenus dans son noyau. Tu sais aussi qu'un élément chimique est représenté par des entités chimiques (atome et ses isotopes, ions). Observe bien le document de la situation d'apprentissage.

- 1- Nomme le tableau représenté sur ce document.
- 2- Indique le nombre de cases de la première ligne et celui de la seconde ligne.
- 3- Donne :
 - 3.1 le nombre de lignes du tableau ;
 - 3.2 le nombre de colonnes du tableau.
- 4- Nomme ces lignes et ces colonnes.

Je fais le point de l'activité

- 1- Ce tableau est appelé « Tableau périodique des éléments chimiques » ; on l'appelle aussi « Tableau de classification périodique des éléments » ou encore « Tableau de Mendeleïv » du nom du savant Russe Mendeleïv qui en a fait la première esquisse avec 63 éléments en 1869.
- 2- La première ligne comporte deux cases.
La deuxième ligne comporte huit cases. Les valeurs 2 et 8 rappellent le nombre d'électrons qui saturent respectivement les couches K et L.
- 3- Chaque case comporte le nom, le symbole de l'élément chimique, son numéro atomique Z ...
- 4- Le tableau comporte sept lignes numérotées de I à VII et deux lignes additionnelles portant les numéros VI à VII.
Il y a dix-huit colonnes dans ce tableau.
- 5- Les lignes du tableau sont appelées « Périodes » et les colonnes sont appelées « familles ».

En classe de 2^{de}, nous nous limitons au tableau simplifié ci-dessous.

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			31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr

J'évalue mes acquis



- 1- Complète la phrase suivante :
Le tableau de classification périodique des éléments comporte...lignes ou...et dix-huit...ou...
- 2- Donne deux informations que l'on retrouve dans chaque case du tableau de classification périodique.

ACTIVITÉ 2 : DÉCOUVRE LE PRINCIPE DE REMPLISSAGE DU TABLEAU DE CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

Le principe de remplissage du tableau de classification est très important à savoir. Tu dois pouvoir connaître parfaitement le remplissage des 20 premières cases.

- 1- Écris les formules électroniques des éléments chimiques des trois premières périodes.
- 2- Indique le nombre de couche(s) pour les éléments d'une même période.
- 3- Compare le nombre de couches électroniques trouvées avec le nombre correspondant au numéro de la ligne.
- 4- Indique la méthode qui permet de dresser le tableau.
- 5- Justifie que les atomes sont classés en allant du plus léger au plus lourd.

Je fais le point de l'activité

- 1- Formules électroniques des éléments chimiques des trois premières périodes (lignes).

Numéro de la période	Structures ou formules électroniques des éléments								
1	${}_1\text{H} : \text{K}^1$								${}_2\text{He} : \text{K}^2$
2	${}_3\text{Li} : \text{K}^2 \text{L}^1$	${}_4\text{Be} : \text{K}^2 \text{L}^2$	${}_5\text{B} : \text{K}^2 \text{L}^3$	${}_6\text{C} : \text{K}^2 \text{L}^4$	${}_7\text{N} : \text{K}^2 \text{L}^5$	${}_8\text{O} : \text{K}^2 \text{L}^6$	${}_9\text{F} : \text{K}^2 \text{L}^7$	${}_{10}\text{Ne} : \text{K}^2 \text{L}^8$	
3	${}_{11}\text{Na} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^1$	${}_{12}\text{Mg} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^2$	${}_{13}\text{Al} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^3$	${}_{14}\text{Si} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^4$	${}_{15}\text{P} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^5$	${}_{16}\text{S} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^6$	${}_{17}\text{Cl} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^7$	${}_{18}\text{Ar} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$	

- 2- Numéro de la période et nombre de couches électroniques
 Pour la période 1, on dénombre 1 couche (la couche K).
 Pour la période 2, on dénombre 2 couches (les couches K et L).
 Pour la période 3, on dénombre 3 couches (les couches K, L et M).
- 3- Le nombre de couches est égal au nombre indiquant le numéro de la période.
- 4- Le numéro d'une ligne ou période indique le nombre de couches électroniques sur lesquelles sont répartis les électrons du cortège électronique.
 Exemple : Pour tous les éléments de la 3^{ème} période, les électrons se répartissent sur les 3 premières couches K, L et M.
 Les périodes correspondent au début du remplissage d'une nouvelle couche.
- 5- Les atomes sont classés par numéro atomique Z croissant donc du plus léger au plus lourd.
 Pour dresser le tableau périodique, on utilise la structure électronique des atomes puis deux autres règles :
 - on classe les atomes par numéro atomique croissant ;
 - on change de ligne ou période quand la couche externe est saturée ou si elle est remplie à 8 électrons.

J'évalue mes acquis



La structure électronique d'un atome est $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^5$.
 Indique la période à laquelle appartient cet atome dans le tableau de la classification périodique des éléments.

ACTIVITÉ 3 : INDIQUER LA PLACE D'UN ÉLÉMENT CHIMIQUE DANS LE TABLEAU DE CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

Les atomes de bore (B), de carbone (C) et d'azote (N) ont respectivement pour numéro atomique $Z = 5$, $Z = 6$ et $Z = 7$.

- 1-Écris la structure électronique de chacun de ces atomes.
- 2-Explique la position de l'élément carbone dans la deuxième période du tableau périodique, entre le bore et l'azote dans cet ordre.

Je fais le point de l'activité

D'après leurs structures électroniques respectives :

${}_5\text{B} : \text{K}^2 \text{L}^3$; ${}_6\text{C} : \text{K}^2 \text{L}^4$; ${}_7\text{N} : \text{K}^2 \text{L}^5$, ces trois éléments ont deux couches électroniques. Ils appartiennent donc à la deuxième ligne ou période du tableau. On sait aussi que ces éléments sont classés par numéro atomique croissant, donc l'élément carbone est situé entre le bore et l'azote dans cet ordre.

J'évalue mes acquis



Justifie que le Lithium ${}_3\text{Li}$ et le sodium ${}_{11}\text{Na}$ n'appartiennent pas à la même période du tableau de classification des éléments chimiques.

ACTIVITÉ 4 : ANALYSER LES PRINCIPALES FAMILLES DU TABLEAU DE CLASSIFICATION PÉRIODIQUE

Étudie les colonnes du tableau en t'appuyant sur les structures électroniques précédentes.

- 1- Détermine pour les éléments d'une même colonne, le nombre d'électrons de la couche externe.
- 2- Tire une conclusion en rapport avec la représentation de Lewis de ces atomes.
- 3- Identifie les familles d'éléments chimiques.
- 4- Dédus-en l'analogie entre leurs propriétés chimiques.

Je fais le point de l'activité

1- Nombre d'électrons de la couche externe et numéro d'une colonne

- Les éléments de la 1^{ère} colonne possèdent chacun 1 électron sur leur couche externe (par exemple l'hydrogène (K^1), le lithium (L^1) le sodium (M^1)).
- Les éléments de la 2^{ème} colonne possèdent chacun 2 électrons sur leur couche externe (par exemple, le béryllium (L^2), le magnésium (M^2)).
- Les éléments d'une même colonne ont une représentation de Lewis identique (1 électron périphérique pour les éléments de la 1^{ère} colonne, 2 électrons périphériques pour la 2^{ème} colonne, 3 électrons périphériques pour la 3^{ème} colonne etc.)

Le numéro de la colonne détermine le nombre d'électrons de la couche externe de chaque élément figurant dans la colonne.

2- Familles d'éléments chimiques

Les éléments d'une même colonne appartiennent à la même « famille d'éléments chimiques ». Pour la classe de seconde, on s'intéresse aux familles des deux premières colonnes et aux familles des deux dernières colonnes. Ce sont:

Colonne	1 ^{ère}	2 ^{ème}		7 ^{ème}	8 ^{ème}
Famille	Hydrogène et Métaux alcalins	Métaux alcalino-terreux		Halogènes	Gaz rares
Nombre d'électrons périphériques des éléments de la famille	1	2		7	8 Sauf l'hélium qui en comporte 2

Les éléments d'une même famille ont des propriétés chimiques voisines du fait que ces éléments ont le même nombre d'électrons de valence (électrons de la couche externe).

- La famille des métaux alcalins

Ce sont les éléments de la première colonne du tableau à l'exception de l'hydrogène. Ils possèdent tous un (1) électron sur leur couche externe.

Les alcalins sont des métaux mous très oxydables à froid par le dioxygène de l'air. Ils réagissent violemment avec l'eau en produisant du dihydrogène.

Ils perdent facilement leur seul électron pour donner des cations métalliques.

- La famille des métaux alcalino-terreux

Ils appartiennent à la deuxième colonne du tableau. Ils ont chacun deux (2) électrons sur leur couche périphérique. Ils ont tendance à les perdre pour donner des cations métalliques. Ils s'oxydent très facilement en donnant des oxydes réfractaires.

- La famille des halogènes

Ce sont les éléments de la colonne 7 du tableau simplifié (colonne 17 du tableau général). Ils portent chacun 7 électrons sur leur couche externe. Ils ont tendance à capter un électron pour donner des anions. Ils réagissent avec l'hydrogène pour donner des halogénures d'hydrogène.

- La famille des gaz rares ou gaz inertes ou encore gaz nobles

On les trouve dans la colonne 8 du tableau simplifié ou la colonne 18 du tableau général. Ils ont chacun 8 électrons sur leur couche externe à l'exception de l'hélium. Ils sont très stables et sont caractérisés par une réactivité chimique quasi nulle.

J'évalue mes acquis



- 1- Cite deux métaux alcalins.
- 2- Nomme l'unique gaz rare n'ayant que deux électrons sur sa couche externe.
- 3- Nomme la famille de l'élément Béryllium (${}_4\text{Be}$).

II- RÉSUMÉ DE COURS

1- Le Tableau de classification périodique et son remplissage.

Ce tableau comprend sept (7) lignes ou périodes et dix-huit (18) colonnes.

Les éléments chimiques y sont classés par ordre croissant de numéro atomique.

Chaque période correspond au début du remplissage d'une nouvelle couche électronique.

Chaque colonne contient des éléments ayant le même nombre d'électrons sur leur couche externe.

2- Les principales familles d'éléments chimiques

Chaque colonne du tableau contient des éléments chimiques ayant des représentations de Lewis identiques et par conséquent des propriétés chimiques analogues ; on parle de « famille d'éléments chimiques ».

III- MÉTHODES

• La structure électronique d'un élément chimique permet de connaître sa place dans le tableau de classification périodique. Réciproquement, la position d'un élément chimique dans le tableau de classification permet d'écrire sa structure électronique.

Exemples :

- Le magnésium $Z = 12$. Formule électronique $K^2L^8M^2$. Le magnésium se trouve dans le tableau périodique réduit à l'intersection de la 3^{ème} période (M) et de la 2^{ème} colonne (2 électrons sur sa dernière couche) ;
- Le chlore $Z = 17$. Formule électronique $K^2L^8M^7$. Le chlore se trouve dans le tableau périodique réduit à l'intersection de la 3^{ème} période (M) et de la 7^{ème} colonne (7 électrons sur sa dernière couche).

• Astuces mnémotechniques ou les trucs qui permettent de retenir plus facilement l'ordre des éléments de la deuxième et troisième périodes.

« Le Li t de BE B é a Cassé le Nez de l' Oncle Furieux Néon. »

pour : Lithium, Béryllium, Bore, Carbone, Nitrogène (Azote), Oxygène, Fluor, Néon.

« Suzanne (Napoléon) Mangea Allègrement Six Poulets Sans Claquer des Articulations. »

pour : Sodium qui se note Na, Magnésium, Aluminium, Silicium, Phosphore, Soufre, Chlore, Argon.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Le Fluor a pour numéro atomique $Z = 9$.

Détermine la période et la colonne qu'il occupe dans le tableau de la classification périodique des éléments chimiques.

Exercice 2

Un élément chimique X occupe la 5^{ème} colonne du tableau simplifié et la 3^{ème} ligne ou période du tableau de la classification périodique des éléments.

- 1- Détermine le numéro atomique de cet élément.
- 2- Identifie cet élément.

Exercice 3

Soient les propositions ci-dessous :

L'élément chimique de formule électronique $K^2L^8M^6$ est situé :

- a) à l'intersection de la troisième période et de la deuxième colonne du tableau simplifié ;
- b) à l'intersection de la troisième période et de la huitième colonne du tableau simplifié ;
- c) à l'intersection de la troisième période et de la sixième colonne du tableau simplifié.

Recopie la proposition correcte.

Résolution de l'exercice 1

Écrivons la formule électronique du Fluor.

$Z = 9$ signifie que l'atome de fluor possède 9 protons. On en déduit que cet atome possède 9 électrons d'après l'électroneutralité de l'atome.

On a donc ${}_9F : K^2L^7$.

Deux couches sont occupées (K et L), donc le Fluor appartient à la 2^{ème} période.

La couche externe comporte 7 électrons, donc le Fluor appartient à la 7^{ème} colonne du tableau simplifié.

Commentaire :

Se référer au cours.

Résolution de l'exercice 2

- 1- X occupe la 5^{ème} colonne, donc sa couche externe comporte 5 électrons.
X est dans la 3^{ème} ligne, donc sa structure ou formule électronique comporte 3 couches (K, L, M).
Cette structure s'écrit : $K^2 L^8 M^5$. On en déduit que $Z = 2 + 8 + 5 = 15$.
- 2- $X = P ; {}_{15}P$ (Phosphore).

Commentaire :

- le numéro de la colonne indique le nombre d'électrons de la couche externe ;
- Le numéro de la période indique le nombre de couches électroniques occupées par les électrons. Ce nombre d'électrons est le même que celui des protons dans l'atome.

Résolution de l'exercice 3

L'élément chimique de formule électronique $K^2 L^8 M^6$ est situé :
c) dans la troisième période et dans la sixième colonne du tableau simplifié.

Commentaire :

Se référer au cours.

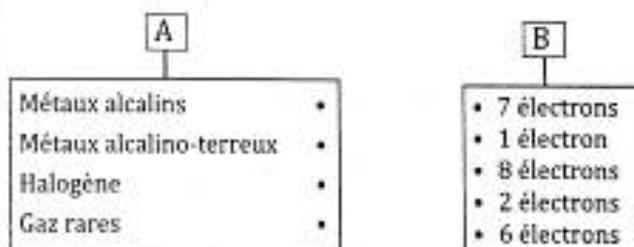
V- JE M'EXERCE**Exercices de fixation/ Application**

1 Récopie et complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants. couche externe/ chimiques analogues/Colonne/ famille/ identiques.

La classification actuelle des éléments chimiques repose sur le numéro atomique. Dans ce tableau, les éléments d'une même ... sont situés dans une même colonne. Le numéro de la ... détermine le nombre d'électrons qui occupent la ... de chaque élément. Ainsi, tous les éléments d'une même famille ont les nombres ... d'électrons sur leurs dernières couches. Ce qui explique leurs propriétés ...

2 Donne les représentations de Lewis de l'hydrogène et des trois premiers métaux alcalins (Lithium, Sodium, Potassium).

3 Récopie et relie convenablement chaque famille d'éléments du diagramme A au nombre d'électrons portés par la couche externe de chacun de ses éléments dans le diagramme B.



4 Sans consulter le tableau de classification périodique des éléments :

- 1- donne le numéro atomique de l'élément X situé à gauche de l'élément Y de formule électronique $K^2 L^8 M^6$;
- 2- indique le nom de la famille de l'élément X puis celle de l'élément Y.

5 Un élément chimique X possède quatre couches électroniques et deux électrons sur sa couche externe.

- 1- Écris la formule électronique de X.
- 2- Identifie la place de cet élément dans le tableau de la classification périodique des éléments.
- 3- Nomme la famille chimique de l'élément X.

6 Soient les représentations de Lewis ci-dessous :



Les éléments chimiques X et Y appartiennent respectivement à la troisième et à la deuxième ligne du tableau périodique.

- 1- Nomme la famille de l'élément chimique Y.
- 2- Donne la colonne qui contient l'élément X. Justifie.
- 3- Écris la structure électronique de X puis celle de Y.
- 4- Détermine les numéros atomiques des éléments X et Y puis nomme-les.

7 La structure électronique d'un élément chimique E montre que sa dernière couche est représentée par L^7 .

- 1- Donne le nombre de couches électroniques de cet élément.
- 2- Indique la période et la colonne de l'élément E. Déduis-en sa famille chimique.
- 3- Détermine le numéro atomique Z de l'élément E.
- 4- Écris sa structure de Lewis.

8 Un élément chimique inconnu comporte trois couches électroniques dont la dernière comporte 8 électrons.

- 1- Détermine la période et la famille de cet élément.
- 2- Écris sa formule électronique.
- 3- Détermine son numéro atomique Z.
- 4- Écris sa représentation de Lewis.

Situations d'évaluation

9 Au cours d'une « heure creuse », ta voisine de classe te sollicite pour l'aider à mieux comprendre les propriétés chimiques des éléments en fonction de leur famille à partir des structures électroniques respectives des quatre éléments A, B, C et D ci-dessous :

A : $K^2 L^8 M^1$; B : $K^2 L^8 M^7$ C : $K^2 L^8 M^8$ et D : $K^2 L^8$

Données :

- C et D sont des ions issus respectivement de B et A.
- Extrait d'un tableau de numéros atomiques

Élément	He	O	Na	Ne	Cl	Br
Z	2	8	11	10	17	35

- 1- Identifie la famille de chacun des éléments chimiques A et B.
- 2- Rappelle les propriétés chimiques de chacune de ces familles.
- 3- Identifie les éléments A et B.
- 4- Écris les formules des ions C et D.

10 Au cours d'une activité du club scientifique de ton établissement, le président dudit club soumet un test aux nouveaux membres du niveau seconde. Il s'agit à partir du tableau ci-dessous, d'énoncer le principe de remplissage du tableau de classification périodique des éléments puis d'identifier les familles d'éléments chimiques.

K^1							K^2
$K^2 L^1$	$K^2 L^2$	$K^2 L^3$	$K^2 L^4$	$K^2 L^5$	$K^2 L^6$	$K^2 L^7$	$K^2 L^8$
$K^2 L^9 M^1$	$K^2 L^9 M^2$	$K^2 L^9 M^3$	$K^2 L^9 M^4$	$K^2 L^9 M^5$	$K^2 L^9 M^6$	$K^2 L^9 M^7$	$K^2 L^9 M^8$
$K^2 L^9 M^9 N^1$	$K^2 L^9 M^9 N^2$						

Tu participes au test.

- 1- Dis ce que représente ce tableau.
- 2- Énonce le principe de remplissage du tableau.
- 3- Compare dans chaque colonne, le nombre d'électrons sur les couches externes. Conclue.
- 4- Identifie les différentes familles chimiques de ce tableau.

11 Au cours d'une discussion, deux de tes amis ont du mal à s'accorder sur la position d'un gaz rare appartenant à la deuxième période du tableau de la classification périodique des éléments. Tu te proposes de les accorder.

1- Indique le nombre d'électrons portés par la couche externe de ce gaz rare.

2- Détermine le numéro atomique Z de ce gaz.

3- Écris la représentation de Lewis de cet élément.

4- Justifie que les gaz rares sont aussi appelés gaz inertes.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

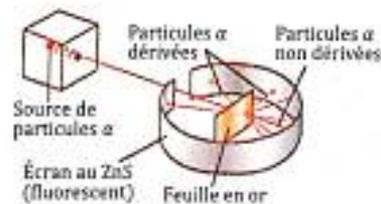
LA STRUCTURE ATOMIQUE ET LE TABLEAU PÉRIODIQUE

Même si le tableau de Mendeleïev démontrait la nature périodique des éléments, ce sont les scientifiques du 20^{ème} siècle qui ont expliqué pourquoi les propriétés des éléments reviennent périodiquement.

En 1911, Ernest Rutherford publia une étude sur la dispersion des particules alpha par les noyaux d'atomes lourds, ce qui conduisit à la détermination de la charge nucléaire. Il démontra que la charge nucléaire d'un noyau était proportionnelle à la masse atomique de l'élément. C'est aussi en 1911 que A. van den Broek, dans une série de 2 papiers, proposa que la masse atomique d'un élément était approximativement égale à la charge d'un atome. Cette charge, appelée plus tard numéro atomique, pourrait être utilisée dans le tableau périodique pour classer les éléments. En 1913, Henry Moseley, publia les résultats de ses mesures de longueurs d'onde des lignes spectrales de rayons x d'un certain nombre d'éléments; ils montraient que l'ordre des longueurs d'onde des émissions de rayons x par les éléments coïncidait avec l'ordre des éléments par numéro atomique. Avec la découverte des isotopes des éléments, il devint évident que la masse atomique ne jouait pas un rôle majeur dans la loi périodique comme l'avaient proposé Mendeleïev, Meyers et d'autres mais plutôt que les propriétés des éléments variaient périodiquement en fonction du numéro atomique.



Rutherford

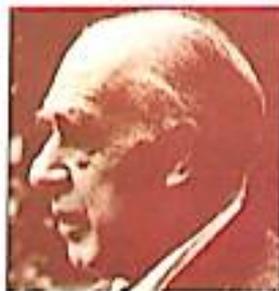


Dispersion des particules alpha



Henry Moseley

Le pourquoi de l'existence de la loi périodique trouva sa réponse au fur et à mesure que les scientifiques comprenaient la structure électronique des éléments, en allant des études de l'organisation des électrons en couches par Niels Bohr aux découvertes de G. N. Lewis sur la liaison des paires d'électrons.



Niels Bohr



G. N. Lewis

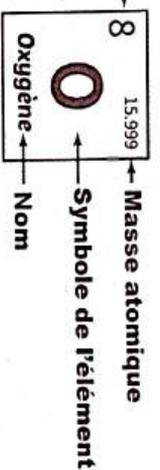
Le tableau périodique moderne

Les dernières modifications majeures au tableau périodique sont dues aux travaux de Glenn Seaborg au milieu du 20^{ème} siècle. A partir de sa découverte du plutonium en 1940, il découvrit tous les transuraniens jusqu'à l'élément 102. Il reconfigura le tableau en plaçant la série des actinides au-dessous de celle des lanthanides. Pour son oeuvre, Seaborg reçut le prix Nobel en 1951 et l'élément 106 fut nommé en son honneur.



Tableau périodique des éléments chimiques

1 H Hydrogène		2 He Hélio	
3 Li Lithium	4 Be Béryllium	5 B Bore	6 C Carbone
7 N Azote	8 O Oxygène	9 F Fluor	10 Ne Néon
11 Na Sodium	12 Mg Magnésium	13 Al Aluminium	14 Si Silicium
15 P Phosphore	16 S Soufre	17 Cl Chlore	18 Ar Argon
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titane
23 V Vanadium	24 Cr Chrome	25 Mn Manganèse	26 Fe Fer
27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Cuivre	30 Zn Zinc
31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Sélénium
35 Br Brome	36 Kr Krypton	37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium
39 Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdène
43 Tc Technétium	44 Ru Ruthénium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium
47 Ag Argent	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Étain
51 Sb Antimoine	52 Te Tellure	53 I Iode	54 Xe Xénon
55 Cs Césium	56 Ba Baryum	57 La Lanthane	58 Ce Cérium
59 Pr Praseodyme	60 Nd Néodyme	61 Pm Prométhée	62 Sm Samarium
63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium
67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium
71 Lu Lutécium	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungstène
75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platine
79 Au Or	80 Hg Mercure	81 Tl Thallium	82 Pb Plomb
83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astaté	86 Rn Radon
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium
105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Os Oganesson
109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium
113 Nh Nihonium	114 Fl Flerovium	115 Mc Moscovium	116 Lv Livermorium
117 Ts Tennessé	118 Og Oganesson		



- Alcalins
- Métalloïdes
- Alcalino-terreux
- Autres non-métaux
- Lanthanides
- Halogènes
- Actinides
- Gaz nobles
- Métaux de transition
- Non classés
- Métaux pauvres

LEÇON

4

IONS ET MOLÉCULES

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Énoncer	la règle de l'octet.
Interpréter	l'évolution chimique des atomes vers les ions monoatomiques.
Écrire	<ul style="list-style-type: none"> la formule de quelques ions monoatomiques. la formule de quelques ions polyatomiques.
Expliquer	la formation des molécules.
Définir	la liaison de covalence.
Donner	les représentations de Lewis de quelques molécules.
Distinguer	<ul style="list-style-type: none"> un corps pur simple d'un corps pur composé. un corps pur d'un mélange.
Écrire	les formules développées de quelques molécules.
Écrire	les formules statistiques de quelques composés ioniques.
Différencier	un composé ionique d'un composé moléculaire.

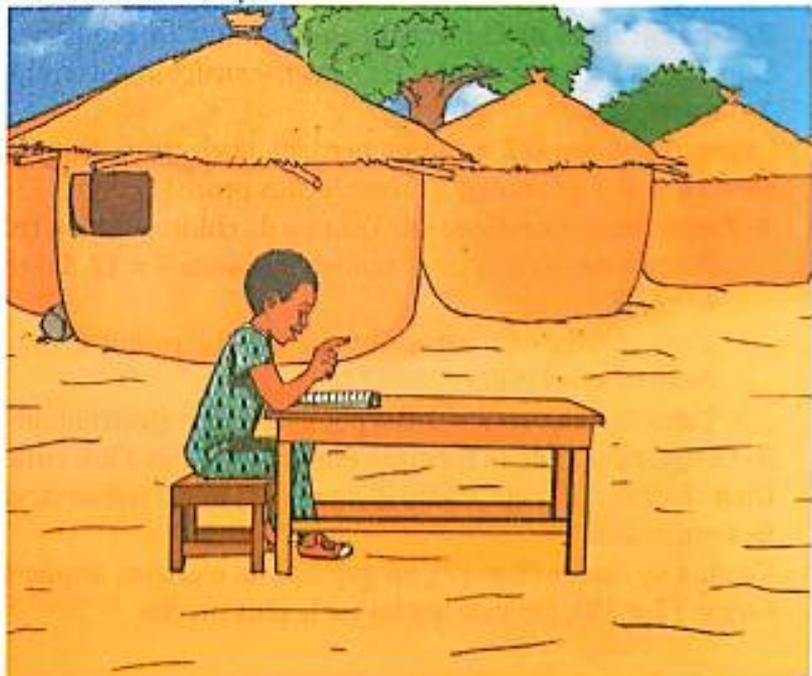
NOTIONS ESSENTIELLES

- Règle de l'octet
- Ions monoatomiques
- Ions polyatomiques
- Liaison de covalence
- Formules statistiques
- Composés ioniques

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Pendant les congés de Noël, un élève studieux de 2^{de} C découvre à travers ses recherches que : « Le sel de cuisine est l'un des cristaux ioniques les plus connus et qu'il est constitué de cations et d'anions monoatomiques liés entre eux par une attraction électrique ».

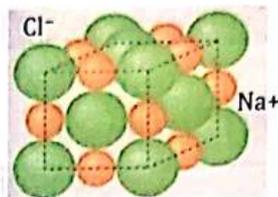
A la reprise des cours, il en informe ses camarades de classe et ensemble, sous la supervision de leur professeur de Physique-Chimie, ils entreprennent d'interpréter l'évolution chimique des atomes vers les ions monoatomiques, d'expliquer la formation des molécules et d'écrire les formules statistiques de quelques composés ioniques puis de différencier un composé ionique d'un composé moléculaire.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : ÉNONCER LA RÈGLE DE L'OCTET

Le chlorure de sodium existe dans les mers, les océans et dans certaines mines appelées mines de sel gemme. C'est un assemblage d'ions sodium Na^+ et d'ions chlorure Cl^- de maille cubique. Le sel est un cristal.



Document 1: Maille de NaCl

- 1- Écris, en te servant du tableau de classification périodique des éléments chimiques, la formule électronique de :
 - l'atome de sodium (Na) et de l'ion sodium (Na^+) ;
 - l'atome de néon (Ne).
- 2- Compare la formule électronique de l'ion (Na^+) à celle de l'atome de néon.
- 3- Conclus.
- 4- Écris la formule électronique de :
 - l'atome de chlore (Cl) et déduis celle de l'ion chlorure (Cl^-) ;
 - l'atome d'argon (Ar) de numéro atomique $Z = 18$.
- 5- Compare la formule électronique de l'ion (Cl^-) à celle de l'atome d'argon.
- 6- Conclus
- 7- Énonce la règle de l'octet.

Je fais le point de l'activité

1- Formules électroniques de l'atome de sodium, de l'ion sodium et de l'atome de néon.

- L'atome de sodium a pour numéro atomique $Z = 11$. Sa structure électronique est donc : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^1$.
- L'ion Na^+ ($Z = 11$) est un atome de sodium qui a perdu un électron, donc sa structure électronique est : $\text{K}^2 \text{L}^8$.
- La formule électronique de l'atome de néon de numéro atomique $Z = 10$ est : $\text{K}^2 \text{L}^8$.

2- Comparaison de la formule électronique de l'ion Na^+ à celle de l'atome de néon.

L'ion Na^+ et l'atome de néon ont la même structure électronique : $\text{K}^2 \text{L}^8$.

3- Conclusion

L'atome de sodium ($Z = 11$), en perdant un électron, acquiert la structure électronique du néon ($Z = 10$), gaz rare qui lui est le plus proche.

4- Formules électroniques de l'atome de chlore, de l'ion chlorure et de l'atome d'argon.

- L'atome de chlore a pour numéro atomique $Z = 17$. Sa structure électronique est donc : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^7$.
- L'ion chlorure Cl^- est un atome de chlore qui a gagné un électron. Sa structure électronique est donc : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$.
- L'atome d'argon ($Z = 18$) a pour structure électronique : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$.

5- Comparaison de la formule électronique de l'ion chlorure à celle de l'argon.

L'ion chlorure (Cl^-) et l'atome d'argon (Ar) ont la même structure électronique : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$.

6- Conclusion

L'atome de chlore ($Z = 17$), en gagnant un électron, acquiert la structure électronique de l'argon ($Z = 18$), gaz rare qui lui est le plus proche.

7- Énoncé de la règle de l'octet

Au cours des transformations chimiques, les atomes pour gagner en stabilité, vont chercher à acquérir la structure électronique du gaz rare le plus proche. Ils possèdent alors huit électrons ou un octet d'électrons sur leur couche externe.

Remarques :

- La règle de l'octet est applicable aux atomes de numéro atomique $Z > 4$.
- Pour les atomes de numéro atomique $Z \leq 4$, un atome ou un ion est stable si la couche externe K est remplie avec deux électrons (on parle de la règle du duet).

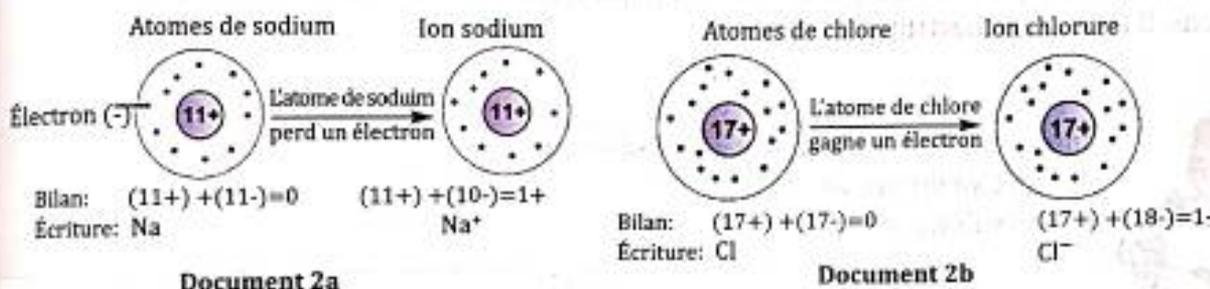
J'évalue mes acquis



- 1- Énonce la règle de l'octet.
- 2- Soit l'élément chimique ${}_{12}\text{Mg}$.
 - 2.1- Écris sa structure électronique.
 - 2.2- Écris la formule de l'ion que cet atome aura tendance à donner.

ACTIVITÉ 2 : INTERPRÉTER L'ÉVOLUTION CHIMIQUE DES ATOMES VERS LES IONS MONOATOMIQUES

Les documents 2a et 2b décrivent respectivement la formation d'un cation et d'un anion.



Document 2 : Formation d'un cation et d'un anion

- 1- Observe les documents 2a et 2b et explique la formation d'un ion monoatomique à partir d'un atome.
- 2- Écris les schémas de Lewis de l'ion Na^+ , de l'ion Cl^- , de l'atome de néon et de l'atome d'argon.
- 3- Conclue.

Je fais le point de l'activité

1- Formation des ions monoatomiques.

Document 2a : formation du cation Na^+

Pour acquérir la structure du néon, gaz rare le plus proche, l'atome de sodium ($Z = 11$) doit perdre une charge négative, c'est-à-dire un électron périphérique. Le cation Na^+ obtenu possède alors 10 électrons contre 11 protons et sa formule électronique ($\text{K}^2 \text{L}^8$) est identique à celle du néon ($Z = 10$), gaz rare le plus proche du sodium. La règle de l'octet est vérifiée.

Document 2b : formation de l'anion Cl^-

Pour acquérir la structure de l'argon, gaz rare le plus proche, l'atome de chlore ($Z = 17$) doit gagner un électron. L'anion Cl^- obtenu possède alors 18 électrons contre 17 protons et sa formule électronique ($\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$) est identique à celle de l'argon ($Z = 18$), gaz rare le plus proche du chlore.

2- Partons des structures électroniques

Pour Na : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^1$

Pour Na^+ : $\text{K}^2 \text{L}^8$ donc la couche externe de l'ion Na^+ comporte 8 électrons, d'où la représentation de Lewis :



Pour Cl : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^7$

Pour l'ion Cl^- : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$ donc la couche externe de l'ion Cl^- comporte 8 électrons, d'où la représentation de Lewis ci-dessous :



Pour l'atome de néon : $\text{K}^2 \text{L}^8$ d'où la structure de Lewis $[\text{Ne}]$

Pour l'atome d'argon : $\text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8$, d'où la structure de Lewis $[\text{Ar}]$

3- Conclusion :

Lors des réactions chimiques, les atomes évoluent de façon à acquérir huit électrons sur leur couche externe, identique à celle du gaz rare le plus proche dans le tableau de classification périodique des éléments. Les éléments chimiques ayant moins de quatre électrons sur leur couche externe tendent à former des cations et ceux ayant plus de quatre électrons tendent à former des anions.

Un ion monoatomique est issu d'un seul atome qui a gagné ou perdu un ou plusieurs électrons. Il est chargé électriquement.

J'évalue mes acquis



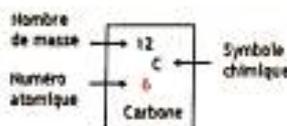
Interprète la formation des ions ci-dessous :

- 1- ion aluminium Al^{3+} ;
- 2- ion sulfure S^{2-} .

ACTIVITÉ 3 : ÉCRIRE LA FORMULE DE QUELQUES IONS MONOATOMIQUES

Tableau périodique simplifié des éléments

1 H 1 Hydrogène							4 He 2 Hélium
7 Li 3 Lithium	9 Be 4 Béryllium	11 B 5 Bore	12 C 6 Carbone	14 N 7 Azote	16 O 8 Oxygène	19 F 9 Fluor	20 Ne 10 Néon
23 Na 11 Sodium	24 Mg 12 Magnésium	27 Al 13 Aluminium	28 Si 14 Silicium	31 P 15 Phosphore	32 S 16 Soufre	35 Cl 17 Chlore	40 Ar 18 Argon
39 K 19 Potassium	40 Ca 20 Calcium	...					



Document 3 : Extrait du tableau de classification périodique des éléments chimiques.

En utilisant le tableau du document 3, écris les formules des ions ci-dessous.

- Ion lithium
- Ion oxyde

Je fais le point de l'activité

- L'atome de lithium (K^2L^1) va perdre 1 électron pour acquérir la structure de l'hélium (K^2) qui est le gaz rare le plus proche ; la formule de l'ion lithium est : Li^+
- L'atome d'oxygène (K^2L^6) va gagner 2 électrons pour acquérir la structure du néon (K^2L^8) qui est le gaz rare le plus proche ; la formule de l'ion oxyde est : O^{2-} .

J'évalue mes acquis

Écris en t'appuyant sur le document 3, les formules des ions dont les noms suivent : ion phosphore, ion béryllium, ion fluorure.

ACTIVITÉ 4 : ÉCRIRE LA FORMULE DE QUELQUES IONS POLYATOMIQUES

Dans les classes antérieures, tu as plus ou moins entendu parler d'ions polyatomiques. Tu vas maintenant apprendre à écrire leurs formules puis à expliquer leur stabilité.

- 1- Indique le nombre minimum de symbole d'atome présent dans la formule d'un ion polyatomique.
- 2- Recherche les formules des ions suivants : ion hydroxyde, ion nitrate, ion sulfate, ion carbonate, ion ammonium, ion hydronium, ion dichromate et ion permanganate.

Je fais le point de l'activité

- 1- Un ion polyatomique comporte au moins deux symboles d'atomes dans sa formule.
- 2-

Nom	ion hydroxyde	ion nitrate	ion sulfate	ion carbonate	ion ammonium	ion hydronium	ion dichromate
Formule chimique	OH^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	NH_4^+	H_3O^+	$Cr_2O_7^{2-}$

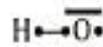
Remarque : structuration des ions polyatomiques: le cas de OH^-

Le numéro atomique de l'atome d'oxygène est $Z = 8$; sa formule statistique est : K^2L^6 et sa structure de Lewis est : $\cdot\overline{O}\cdot$. Cet atome possède deux électrons non appariés et chacun de ces électrons peut former une liaison chimique simple.

Le numéro atomique de l'atome d'hydrogène est $Z = 1$; sa formule électronique est : K^1 et sa structure de Lewis s'écrit :

$H\cdot$

La structure de l'association HO est donc :



Dans cette association, l'atome d'hydrogène a acquis une structure en duet (2 électrons) mais l'atome d'oxygène n'a pas acquis une structure en octet (8 électrons). Pour devenir stable, l'atome d'oxygène va capter un (1) électron extérieur. Et la structure de Lewis de l'ion OH^-

s'écrit : $H\text{---}\overline{O}]^-$

J'évalue mes acquis



Parmi les formules d'ions ci-dessous, relève celles qui sont des formules d'ions polyatomiques :

H^+ ; HCO_3^- ; Cu^{2+} ; PO_4^{3-} ; MnO_4^- ; Fe^{3+} .

ACTIVITÉ 5 : EXPLIQUER LA FORMATION DES MOLÉCULES



Modèle éclaté de la molécule de HCl



Modèle compact de la molécule de HCl

Document 4 : Modèles moléculaires du chlorure d'hydrogène

L'atome d'hydrogène et l'atome de chlore sont deux atomes instables dans la nature. Ces deux atomes peuvent s'assembler dans certaines conditions pour former la molécule de chlorure d'hydrogène (HCl) qui elle, a une structure stable (Document 4).

- 1- Rappelle la structure électronique de ces atomes.
- 2- Explique la formation de la molécule de chlorure d'hydrogène (HCl).

Je fais le point de l'activité

Le noyau de l'atome d'hydrogène possède un proton. Sa formule électronique est K^1 et sa représentation de Lewis est : $H \cdot$

Cet atome possède donc un électron célibataire.

L'atome de chlore possède 17 protons et 17 électrons dans son cortège électronique. Sa formule électronique est $K^2 L^8 M^7$ et sa représentation de Lewis est :



Comme l'atome d'hydrogène, l'atome de chlore possède aussi un électron célibataire ou non apparié.

Pour former la molécule de HCl, l'atome d'hydrogène et l'atome de chlore mettent en commun leurs électrons non appariés (on dit aussi « célibataires »), ce qui forme un doublet partagé. Ainsi, chaque atome atteint une structure stable (un duet pour l'hydrogène et un octet pour le chlore.)

La représentation de Lewis de la molécule HCl s'écrit donc :



Remarque : $H - \overline{\text{Cl}} |$

En rouge le doublet liant ; en vert les doublets non liants

J'évalue mes acquis



Explique la formation de la molécule :

- 1- de dichlore (Cl_2) ;
- 2- d'eau (H_2O).

ACTIVITÉ 6 : DÉFINIR LA LIAISON DE COVALENCE

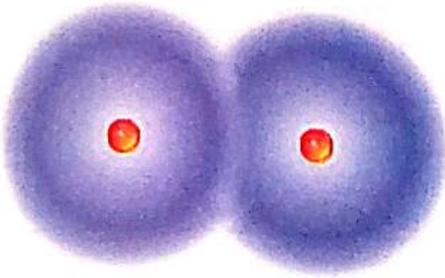


Figure 1 : Un modèle de la molécule de dihydrogène

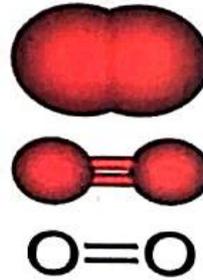


Figure 2 : des modèles de la molécule de dioxygène

Document 5 : Modèles moléculaires du dihydrogène H_2 et du dioxygène O_2

Le document 5 présente des modèles de molécules. Observe avec soin ces modèles.

- 1- Indique le nombre d'électrons périphériques qui forment la liaison entre les deux atomes d'hydrogène.
- 2- Nomme cette liaison formée.
- 3- Explique sa formation.
- 4- Écris la formule développée du dihydrogène.
- 5- Dis si la molécule de dihydrogène est stable.
- 6- Indique le nombre de doublets partagés entre les deux atomes d'oxygène.
- 7- Explique leur formation.
- 8- Écris la formule développée du dioxygène.
- 9- Définis la liaison de covalence et la notion de valence d'un élément.

Je fais le point de l'activité

- 1- La liaison est formée par un doublet d'électrons (2 électrons).
- 2- Cette liaison formée est appelée une liaison covalente simple.
- 3- Chaque atome d'hydrogène possède un électron sur sa couche externe. La liaison entre les deux atomes d'hydrogène est formée par la mise en commun de leurs deux électrons périphériques. Il se forme alors un doublet partagé (doublet liant) et chaque atome atteint sa structure stable avec deux électrons (duet) comme l'atome d'hélium, gaz rare le plus proche.
- 4- Formule développée du dihydrogène

$$H-H$$
- 5- La molécule est stable parce que les atomes qui la constituent ont la même structure électronique que le néon, gaz rare le plus proche.
- 6- On dénombre deux doublets partagés ou doublets liants entre les deux atomes d'oxygène ; on dit qu'il existe une double liaison covalente entre les deux atomes d'oxygène.
- 7- Dans la molécule de dioxygène O_2 , les atomes d'oxygène mettent en commun leurs électrons non appariés pour former deux doublets partagés, chaque atome atteignant ainsi sa structure stable en octet.
- 8- Formule développée du dioxygène
 D'après la structure électronique de l'atome d'oxygène $K^2 L^6$, on a :

$$O=O$$

9- Une liaison covalente ou liaison de covalence entre deux atomes résulte de la mise en commun par ces deux atomes, de deux électrons périphériques.

La valence d'un élément chimique est le nombre de liaisons covalentes que l'atome de cet élément peut établir avec d'autres atomes.

Exemples :

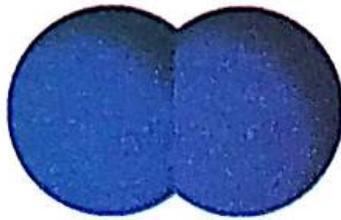
- l'hydrogène est monovalent (valence (H) = 1) ;
- l'oxygène est bivalent (valence (O) = 2) ;
- l'azote est trivalent (valence (N) = 3) ;
- le carbone est tétravalent (valence (C) = 4).

J'évalue mes acquis

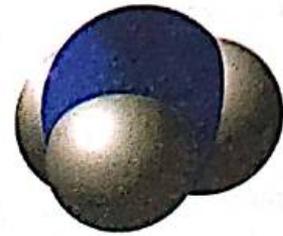


- 1- Définis une liaison covalente.
- 2- Cite deux types de liaison covalente.

ACTIVITÉ 7 : DONNER LES REPRÉSENTATIONS DE LEWIS DE QUELQUES MOLÉCULES



Modèle 1



Modèle 2

Document 6 : Des modèles moléculaires

Appuie-toi sur tes connaissances antérieures.

- 1- Écris les formules brutes des molécules du document 6.
- 2- Détermine la structure de Lewis de chacune de ces molécules et indique le type de liaison covalente formée.
- 3- Écris également la formule de Lewis de H_2 et O_2 avec les types de liaison covalente.

Je fais le point de l'activité

1- Formules brutes des molécules.

Modèle 1 : N_2 (Une boule bleue représente l'atome d'azote).Modèle 2 : NH_3 (Une boule blanche représente l'atome d'hydrogène).

2- Structure de Lewis des molécules

Molécule	Formation des liaisons	Schéma de Lewis de la molécule	Type de liaison
N_2	$\text{N} \begin{array}{c} \bullet\bullet \\ \bullet\bullet \\ \bullet\bullet \end{array} \text{N}$	$\text{N} \equiv \text{N}$	Liaison covalente triple
NH_3	$\begin{array}{c} \text{H} \bullet\bullet \text{N} \bullet\bullet \text{H} \\ \bullet\bullet \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} - \bar{\text{N}} - \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$	Liaison covalente simple
H_2	$\text{H} \bullet\bullet \text{H}$	$\text{H} - \text{H}$	Liaison covalente simple
O_2	$\langle \text{O} \bullet\bullet \text{O} \rangle$	$\langle \text{O} = \text{O} \rangle$	Liaison covalente double

J'évalue mes acquis



- 1- Détermine la représentation de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone.
- 2- Précise les types de liaisons covalentes formées.

ACTIVITÉ 8 : DISTINGUER UN CORPS PUR SIMPLE D'UN CORPS PUR COMPOSÉ ET DISTINGUER UN CORPS PUR D'UN MÉLANGE

1- Sur la base de tes connaissances antérieures, classe les corps décrits ci-dessous en corps purs simples, corps purs composés et mélanges :

Cu, l'air, Fe, H_2 , O_2 , un jus de fruits, Cl_2 , CH_4 , H_2O , l'eau de mer, CO_2 .

2- Conclus.

Je fais le point de l'activité

Corps purs simples	Corps purs composés	Mélanges
Cu		L'air
Fe		L'eau de mer
H_2	H_2O	Un jus de fruits
O_2	CO_2	

Conclusion :

Corps purs simples (atomes non liés)	Corps purs simples (atomes liés)	Corps purs composés	Mélange de deux corps purs

- Un corps pur simple est constitué d'atomes ou de molécules d'un seul élément chimique.
Exemples : Cu ; Fe ; H_2 ; O_2 ; Cl_2
- Un corps pur composé est constitué d'éléments chimiques différents.
Exemples : CH_4 ; H_2O ; CO_2 ; NaCl.
- 3- Un mélange est constitué de plusieurs types d'espèces chimiques.
Exemples : l'air ; mélange de poudre de fer et de fleur de soufre ; l'eau de mer

J'évalue mes acquis



- 1- Définis :
- 1.1- un corps pur simple ;
 - 1.2- un corps pur composé ;
 - 1.3- un mélange.
- 2- Cite :
- 2.1- un corps pur simple ;
 - 2.2- un corps pur composé ;
 - 2.3- un mélange.

ACTIVITÉ 9 : ÉCRIRE LES FORMULES DÉVELOPPÉES DE QUELQUES MOLÉCULES

En 3^{ème}, tu as écrit les formules semi-développées et développées de quelques hydrocarbures. Écris les formules développées des molécules de formule brute ci-dessous après avoir mis en évidence la formation des doublets liants.

H_2 , Cl_2 ; HCl , O_2 , H_2O , NH_3 , CO_2 et CH_4 .

Je fais le point de l'activité

Nom de la molécule	Formule brute	Modèle électronique	Formule développée
Dihydrogène	H_2	$H \cdot \cdot H$	$H-H$
Dichlore	Cl_2	$\cdot \cdot Cl \cdot \cdot Cl \cdot \cdot$	$Cl-Cl$
Chlorure d'hydrogène	HCl	$H \cdot \cdot Cl \cdot \cdot$	$H-Cl$
Dioxygène	O_2	$\cdot \cdot O \cdot \cdot O \cdot \cdot$	$O=O$
Eau	H_2O	$\begin{array}{c} \cdot \cdot O \cdot \cdot \\ \cdot \quad \cdot \\ H \quad H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ / \quad \backslash \\ H \quad H \end{array}$
Ammoniac	NH_3	$\begin{array}{c} H \\ \cdot \\ \cdot \\ H \cdot \cdot N \cdot \cdot H \\ \cdot \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-N-H \end{array}$
Dioxyde de carbone	CO_2	$\cdot \cdot O \cdot \cdot C \cdot \cdot O \cdot \cdot$	$O=C=O$
Méthane	CH_4	$\begin{array}{c} H \\ \cdot \\ \cdot \\ H \cdot \cdot C \cdot \cdot H \\ \cdot \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$

J'évalue mes acquis



Écris la formule développée du propane de formule brute C_3H_8 .

ACTIVITÉ 10 : ÉCRIRE LES FORMULES STATISTIQUES DE QUELQUES COMPOSÉS IONIQUES

Comme le sel (Chlorure de sodium), les composés ci-dessous sont des composés ioniques : sulfate d'aluminium, sulfate de fer II, hydroxyde de calcium.

- 1- Définis un composé ionique.
- 2- Écris la formule statistique de chacun de ces composés.

Je fais le point de l'activité

1- Un composé ionique est un édifice stable électriquement neutre, formé de cations et d'anions.

Il est représenté par sa formule statistique.

2- Formule statistique de chacun de ces composés.

Nom du composé ionique	Ions présents		Formule ionique	Formule statistique
	cations	anions		
Chlorure de sodium	Na ⁺	Cl ⁻	(Na ⁺ ; Cl ⁻)	NaCl
Sulfate d'aluminium	Al ³⁺	SO ₄ ²⁻	(2Al ³⁺ ; 3SO ₄ ²⁻)	Al ₂ (SO ₄) ₃
Sulfate de fer II	Fe ²⁺	SO ₄ ²⁻	(Fe ²⁺ ; SO ₄ ²⁻)	FeSO ₄
Hydroxyde de calcium	Ca ²⁺	OH ⁻	(Ca ²⁺ ; 2OH ⁻)	Ca(OH) ₂

J'évalue mes acquis

Écris la formule statistique la plus simple du composé contenant les ions : NO₃⁻ et Cu²⁺; Fe³⁺ et OH⁻.

ACTIVITÉ 11 : DIFFÉRENCIER UN COMPOSÉ IONIQUE D'UN COMPOSÉ MOLÉCULAIRE

Soient les composés de formules brutes suivantes: NaCl, FeCl₃, H₂, Cl₂, H₂O, NH₃, CO₂.

- 1- Recherche parmi eux :
 - les composés moléculaires ;
 - les composés ioniques.
- 2- Distingue un composé ionique d'un composé moléculaire.

Je fais le point de l'activité

1- Composés ioniques et composés moléculaires

- Les composés moléculaires sont : H₂, Cl₂, H₂O, NH₃, CO₂.

- Les composés ioniques sont : NaCl, FeCl₃.

2- Différence entre un composé ionique et un composé moléculaire

- Les composés moléculaires sont des substances pures formées lorsque des atomes sont liés entre eux par un partage d'électrons, tandis que les composés ioniques se forment en raison d'un transfert d'électrons d'un atome à un autre.
- Dans une liaison covalente, deux atomes partagent des électrons, alors que dans une liaison ionique, les électrons sont complètement transférés d'un atome à un autre pour donner une paire d'électrons.
- Des composés moléculaires se forment entre deux non-métaux, tandis que des composés ioniques se forment entre des métaux et des non-métaux...
- Les composés moléculaires sont de mauvais conducteurs électriques tandis que les composés ioniques sont de bons conducteurs.
- Les composés moléculaires peuvent être dans n'importe quel état physique « solide, liquide ou gazeux ». Les composés ioniques sont toujours solides et d'aspect cristallin.

J'évalue mes acquis



- 1- Cite deux composés moléculaires et deux composés ioniques.
- 2- Cite deux critères de différenciation de ces composés.

II- RÉSUMÉ DE COURS

1- Règle de l'octet

Les atomes évoluent chimiquement de manière à saturer leur couche externe à 8 électrons. L'hydrogène évolue pour acquérir un doublet sur sa couche externe.

2- Les ions monoatomiques

Ce sont des atomes qui ont gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

3- Les ions polyatomiques

Un ion polyatomique est une association d'atomes qui a globalement gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

4- La liaison de covalence

Deux atomes forment entre eux une liaison de covalence en mettant en commun un doublet d'électrons.

5- Les molécules

Les molécules sont des assemblages d'atomes électriquement neutre dans lesquelles les atomes sont liés par des liaisons covalentes.

6- Les composés ioniques

Un composé ionique est un édifice stable électriquement neutre formé de cations et d'anions.

III- MÉTHODES

- Méthode pour écrire la formule d'un composé ionique.

Exemple : le sulfure d'aluminium.

Soit $Al_x(SO_4)_y$, la formule statistique du composé où x et y sont des nombres entiers plus petits possibles.

Les ions provenant du composé sont : Al^{3+} et SO_4^{2-}

L'équilibre ionique traduit que la charge du motif est nulle.

$$x(+3) + y(-2) = 0 \text{ soit } x = \frac{2y}{3}$$

On choisit le plus petit nombre entier y pour lequel x sera un entier, x et y sont des entiers naturels non nuls. Donc $y = 3$ et $x = 2$, d'où la formule statistique ou formule brute est $Al_2(SO_4)_3$.

• Dans l'écriture de la formule statistique d'un composé ionique, écrire d'abord la formule de l'élément donnant le cation suivi de celle donnant l'anion.

Exemple : $(2Al^{3+} ; 3SO_4^{2-})$ donne $Al_2(SO_4)_3$ et non $(SO_4)_3Al_2$.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Les éléments chlore (Cl) et magnésium (Mg) ont pour formule électronique respective : $K^2 L^8 M^7$ et $K^2 L^8 M^2$.

- 1- Précise les ions qu'ils peuvent donner et les proportions dans lesquelles il faut associer ces ions pour obtenir un ensemble électriquement neutre.
- 2- Donne la formule statistique et le nom du composé résultant de cette association.

Exercice 2

Le cyanure d'hydrogène HCN et l'éthyne C_2H_2 possèdent une liaison covalente triple.

- 1- Écris la structure électronique des atomes de ces molécules.
- 2- Écris leurs formules développées.

Exercice 3

Relie par un trait la formule statistique à son nom.

Formule statistique		Nom
$Fe_2(SO_4)_3$	•	• Hydroxyde de calcium
$FeSO_4$	•	• Chlorure d'ammonium
$Ca(OH)_2$	•	• Sulfate de fer III
	•	• Sulfate de fer II

Résolution de l'exercice 1

- 1-
 - L'élément chlore peut donner l'ion chlorure Cl^- pour avoir la structure du gaz rare le plus proche (l'argon).
 - L'élément magnésium peut donner l'ion Mg^{2+} pour avoir la structure du néon.
 - Proportions : il faut deux ions Cl^- et un ion Mg^{2+} pour obtenir un ensemble électriquement neutre.
- 2- Formule statistique et nom
 $MgCl_2$: chlorure de magnésium.

Commentaire :

Utiliser la règle de l'octet.

Résolution de l'exercice 2

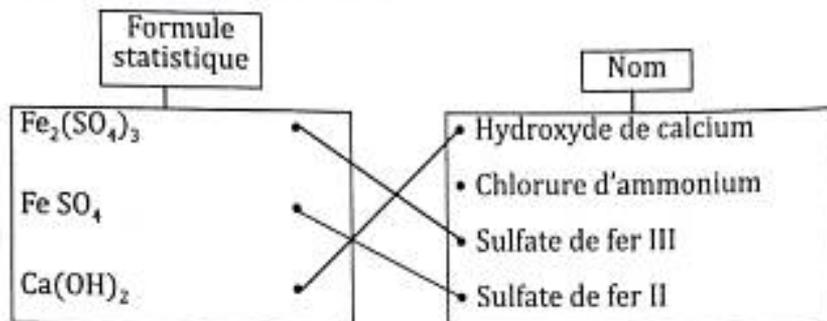
- 1- La structure électronique des atomes de ces molécules :
 - Le cyanure d'hydrogène HCN
 $H (Z = 1) : K^1$; $C (Z = 6) : K^2L^4$; $N (Z = 7) : K^2L^5$
 - L'éthyne C_2H_2
 $C (Z = 6) : K^2L^4$; $H (Z = 1) : K^1$
 - Leurs formules développées

Le cyanure d'hydrogène HCN : $N \equiv C - H$

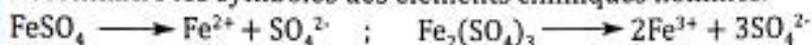
L'éthyne C_2H_2 : $H - C \equiv C - H$

Commentaire :

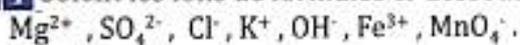
Savoir utiliser la formule de Lewis de chaque atome et de chaque molécule.

Résolution de l'exercice 3**Commentaire :**

Reconnaître les symboles des éléments chimiques nommés.

**V- JE M'EXERCE****Exercices de fixation/ Application**

1 Soient les ions de formules ci-dessous.



Classe-les en:

- 1- ions monoatomiques;
- 2- ions polyatomiques.

2

- 1- Écris les représentations de LEWIS des atomes de carbone et de chlore : ${}_6\text{C}$ et ${}_{17}\text{Cl}$.
- 2- Indique le nombre d'atomes de chlore qui peuvent se lier par covalence à un atome de carbone.
- 3- Écris la représentation de LEWIS de la molécule obtenue.

3 Écris la formule et le nom de la molécule formée à partir des atomes ci-dessous :

- 1- Silicium et fluor ;
- 2- Hydrogène et azote.

4 Écris la formule statistique du composé ionique constitué :

- 1- de l'ion baryum et de l'ion chlorure ;
- 2- de l'ion potassium et de l'ion permanganate ;
- 3- de l'ion sodium et de l'ion carbonate.

Exercices de renforcement / Approfondissement

5 Reproduis le tableau ci-dessous et complète-le :

Élément chimique	Formule électronique	Formule de l'ion	Nom de l'ion
^{12}Mg			
	K^2L^7		
		K^+	
			Ion sulfure
	$\text{K}^2\text{L}^6\text{M}^3$		
		O^{2-}	

6 Le numéro atomique du soufre est $Z = 16$.

- 1- Donne la structure électronique d'un atome de soufre.
- 2- Cite un élément chimique qui appartient à la même famille.
- 3- Justifie la structure électronique stable de la molécule de sulfure d'hydrogène de formule H_2S .

7

- 1- Le nombre de charges positives de l'atome de carbone est $Z = 6$ et celui de l'atome d'oxygène est $Z = 8$.

Écris la structure électronique de l'atome de carbone et celle de l'atome d'oxygène.

- 2- Le dioxyde de carbone est un composé oxygéné du carbone.
 - 2-1- Écris la formule brute du dioxyde de carbone.
 - 2-2- Donne la représentation de Lewis de cette molécule.

8 Le cyanure d'hydrogène est une molécule de formule HCN.

- 1- Définis une molécule.
- 2- Écris la formule électronique de chaque atome de HCN.
- 3- Détermine la valence de chaque atome de cette molécule.
- 4- Donne la représentation de Lewis de la molécule.

Situations d'évaluation

9 Au cours d'une séance de révision, des élèves d'une classe de 2^{de} C organisés en groupes d'étude, lisent les informations suivantes dans un livre de chimie.

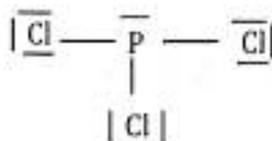
Le trifluore d'azote (NF_3) est un gaz à effet de serre dont le potentiel est 16000 fois supérieur à celui du dioxyde de carbone.

Vous décidez d'étudier ce gaz.

Tu es membre du groupe.

- 1- Donne :
 - 1-1- la formule électronique de chaque atome qui constitue la molécule de NF_3 ;
 - 1-2- la représentation de Lewis de chacun de ses atomes.
- 2- Dédus la représentation de Lewis de la molécule de NF_3 .

10 Lors d'une évaluation administrée en 2^{de} C₁, le professeur de physique-chimie a donné la représentation de Lewis ci-dessous.



Puis il a demandé à ses élèves de donner la valence des éléments chimiques dans la molécule et de montrer que l'un des éléments est un halogène.

Ton ami du quartier, élève de la classe ayant éprouvé des difficultés au cours de l'évaluation, te sollicite pour mieux comprendre la règle de l'octet.

- 1- Donne le nom et la formule brute de la molécule.
- 2- Dis si la règle de l'Octet est vérifiée pour tous les atomes qui la constituent.
- 3- Donne la valence de chacun des éléments chimiques présents dans cette molécule.
- 4- Justifie que l'élément chlore (Cl) appartient à la famille des halogènes.

11 Au cours d'un renforcement de leurs acquis en Chimie, un groupe d'élèves d'une 2^{de} C est chargé d'écrire les formules statistiques de quelques composés ioniques. Il s'agit du : chlorure de baryum ; du sulfate de sodium ; du carbonate d'ammonium et de l'hydroxyde de magnésium. Un élève de ce groupe, après la séance, partage quelques préoccupations avec toi sur ce sujet.

Tu décides de lui donner des explications claires.

Données :

Formules de quelques ions : Ba^{2+} ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; Na^+ ; OH^- ; Mg^{2+} ; CO_3^{2-} ; NH_4^+ .

1- Nomme les différents ions énumérés ci-dessus.

- 2- Associe le couple d'ions qui entre en jeu pour la formation de chaque composé ionique.
- 3- Écris la formule statistique de chacun de ces composés ioniques.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

COMPOSÉS IONIQUES :

Un composé ionique est un composé chimique créé par association d'ions.

Composés ioniques	Formules	Ions
Chlorure de sodium (sel de cuisine)	NaCl	Na^+ et Cl^-
Hydroxyde de sodium (soude)	NaOH	Na^+ et OH^-
Hydroxyde de potassium (potasse)	KOH	K^+ et OH^-
Sulfate de cuivre	CuSO_4	Cu^{2+} et SO_4^{2-}
Nitrate d'argent	AgNO_3	Ag^+ et NO_3^-
Chlorure d'argent	AgCl	Ag^+ et Cl^-
Permanganate de potassium	KMnO_4	K^+ et MnO_4^-
Dichromate de potassium	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	2K^+ et $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
Chlorure de fer (III)	FeCl_3	Fe^{3+} et 3Cl^-

Électroneutralité

Comme tous les composés chimiques, les composés ioniques sont électriquement neutres. De ce fait, ils contiennent à la fois des cations et des anions, dans des proportions telles que les charges positives des cations compensent exactement les charges négatives des anions. Cette propriété est valable pour les corps purs (solides ou liquides) comme pour les solutions ioniques.

Exemple : le chlorure de calcium (CaCl_2) solide est constitué d'ions calcium Ca^{2+} et d'ions chlorure Cl^- . La charge d'un ion calcium vaut $+2e$ (deux charges élémentaires), tandis que celle d'un ion chlorure vaut $-e$: pour que l'ensemble soit neutre, les proportions des ions sont de deux ions chlorure pour un ion calcium. La formule ionique de ce sel est donc (Ca^{2+} , 2Cl^-), sa formule statistique est CaCl_2 .

Solides ioniques

Les solides ioniques sont constitués d'un empilement alterné de cations et d'anions reliés par des liaisons dites « ioniques » ; la cohésion de l'ensemble est assurée par les forces électrostatiques. Par exemple, le sel de table (chlorure de sodium) est un empilement d'ions chlorure et d'ions sodium. De nombreux solides ioniques sont très solubles dans l'eau ou d'autres solvants polaires, car les ions y sont facilement solvatés (interaction favorable avec les molécules du solvant), même s'il existe des solides ioniques très peu solubles dans l'eau comme le chlorure d'argent ou le sulfate de baryum. Ces derniers composés sont obtenus comme précipités dans des méthodes analytiques basées sur des titrages.

Solutions ioniques

Un liquide contenant des ions parmi le solvant est appelé « solution ionique ». Dans la solution, les ions se déplacent facilement sous l'effet d'un champ électrique, d'où la forte conductibilité électrique des solutions ioniques. La mesure de la conductivité électrique d'une solution (conductimétrie) permet donc d'estimer sa teneur globale en ions. Une solution ionique est électriquement neutre.

Ainsi, l'eau des océans, qui constituent la plus importante réserve hydrique de la Terre, est riche en ions.

MOLE ET GRANDEURS
MOLAIRES

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Définir	la mole.
Définir	la masse molaire atomique, la masse molaire moléculaire, la quantité de matière.
Connaitre	l'unité de quantité de matière.
Déterminer	la quantité de matière d'un corps solide et d'un corps liquide.
Connaitre	la loi d'Avogadro-Ampère.
Définir	le volume molaire, la quantité de matière d'un corps gazeux, la densité d'un gaz par rapport à l'air.
Déterminer	la quantité de matière d'un corps gazeux.
Utiliser	les relations: $n = \frac{m}{M}$; $n = \frac{V}{V_m}$ et $d = \frac{M}{29}$.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Mole
- Masse molaire atomique
- Masse molaire moléculaire
- Quantité de matière
- Loi d'Avogadro-Ampère
- Volume molaire
- Densité d'un gaz par rapport à l'air

SITUATION D'APPRENTISSAGE

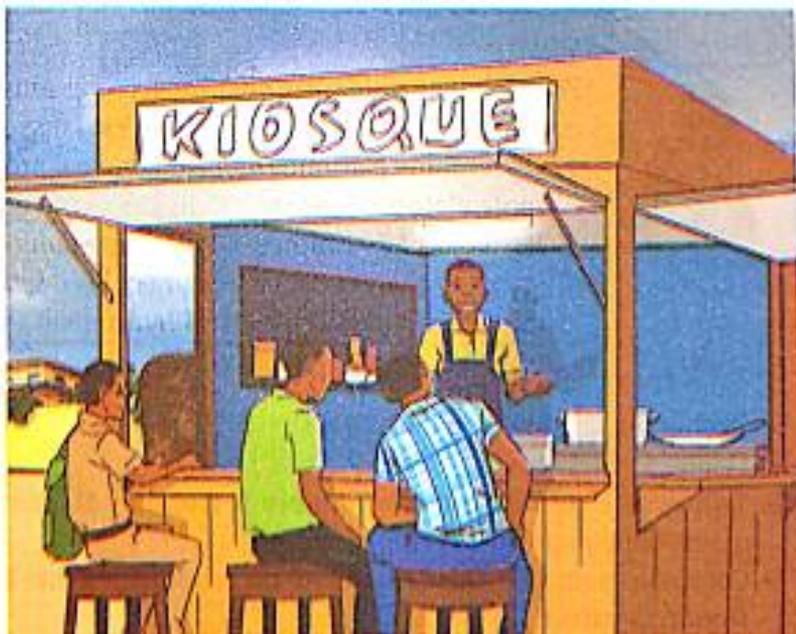
Un élève de seconde C d'un lycée moderne se rend dans un kiosque à café pour prendre son petit déjeuner. Il assiste à des échanges entre le vendeur appelé dans le quartier « l'intello » et un client.

Le client : « L'intello! Tu as oublié de mettre du saccharose dans mon café».

L'intello : « le sucre ? Tout de suite monsieur. Je vais y ajouter quelques moles».

Le client : « Quelques moles ? C'est quoi ça encore ? »

En classe, il rapporte cette conversation à ses camarades. Ensemble, avec leur professeur de Physique-Chimie, ils entreprennent de définir la mole et les grandeurs molaires, de connaître la loi d'Avogadro-Ampère, de déterminer la quantité de matière des corps solides, liquides et gazeux.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCOUVRIR LA NÉCESSITÉ D'UNE UNITÉ DE QUANTITÉ DE LA MATIÈRE

Observe le document 1.

- 1- Peux-tu imaginer le nombre d'atomes de carbone contenus dans l'échantillon du document 1 ?
- 2- Calcule le nombre d'atomes de carbone contenu dans 12 g de carbone pur sachant que l'élément carbone possède 12 nucléons et que la masse d'un nucléon est $m_n = 1,67 \times 10^{-24}$ g. Tu négligeras la masse des électrons.
- 3- Apprécie la dimension du résultat.
- 4- Est-il commode de manipuler de tels chiffres pour dénombrer la matière ?
- 5- Comment peut-on faciliter le comptage des quantités de matière ?
- 6- Donne l'unité de quantité de matière.



Document 1 : Du charbon de bois

Je fais le point de l'activité

Vu les dimensions de l'atome, on peut imaginer des milliards et des milliards d'atomes de carbone dans l'échantillon du document 1.

Nombre d'atomes dans 12 g de carbone :

La masse des 12 nucléons est : $12 \times 1,67 \cdot 10^{-24}$ g = $2,004 \cdot 10^{-23}$ g.

1 atome de carbone pèse $2,004 \cdot 10^{-23}$ g.

Dans 12 g de carbone, on aura donc : $\frac{12}{2,004 \cdot 10^{-23}} \approx 6,0 \cdot 10^{23}$ atomes, soit environ

600 000 000 000 000 000 000 000 atomes.

Ce nombre est extrêmement grand et difficile à manipuler à l'échelle macroscopique.

Il n'est donc pas commode d'utiliser de tels chiffres pour dénombrer la matière.

Pour faciliter le comptage de la quantité de la matière, on regroupe les entités en mole.

La mole est l'unité internationale de quantité de matière.

Comme nous la définirons dans l'activité suivante, elle correspond à un ensemble de $6,02 \cdot 10^{23}$ espèces chimiques.

Autrement dit :

- dans 1 mole d'atomes, il y a $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes ;
- dans 1 mole de molécules, il y a $6,02 \cdot 10^{23}$ molécules ;
- dans 1 mole d'ions, il y a $6,02 \cdot 10^{23}$ ions.

J'évalue mes acquis



Pour chacune des propositions ci-dessous, récopie le numéro suivi de V si la proposition est vraie et de F si elle est fausse.

1. Il y a moins d'atomes dans une mole d'atomes de carbone que d'atomes dans une mole d'atomes de fer.
2. Il y a $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes d'hydrogène dans 1 mole d'atomes d'hydrogène.
3. Il y a le même nombre de molécules dans une mole de molécules d'eau que dans une mole de molécules de dihydrogène.

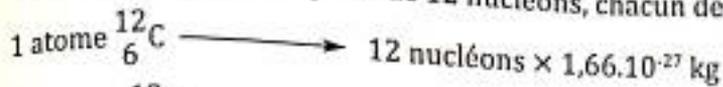
ACTIVITÉ 2 : DÉFINIR LA MOLE

- 1- Recherche la définition de la mole.
- 2- Donne son unité.
- 3- Trouve une relation entre le nombre N d'entités élémentaires contenues dans un système et la quantité de matière n correspondante.
- 4- Comment nomme-t-on la constante de proportionnalité N_A qui lie N et n ?
- 5- Donne sa valeur.

Je fais le point de l'activité

La mole est le nombre N d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 12 g de carbone 12. C'est l'unité internationale de quantité de matière.

1 atome de carbone 12 possède 12 nucléons, chacun de masse environ égale à $1,66 \cdot 10^{-27}$ kg.



$$N = \frac{0,012}{12 \times 1,66 \cdot 10^{-27}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atomes.}$$

La mole est donc égale à un ensemble de $6,02 \cdot 10^{23}$ espèces.

L'entité élémentaire chimique peut être un atome, un ion, une molécule.

Le symbole de la mole est **mol**.

Le nombre N d'entités élémentaires contenues dans un système est proportionnel à la quantité de matière n correspondante. $N = n \cdot N_A$

La constante de proportionnalité N_A est appelée nombre d'Avogadro ou constante d'Avogadro ; elle a pour valeur : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

J'évalue mes acquis

L'unité de quantité de matière est la mole.

1- Son symbole est :

a) mol ; b) mol^{-1} ; c) mole.

2- Dans 0,1 mol d'atomes de fer, il existe :

a) 0,1 atome de fer ;

b) $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes de fer ;

c) $6,02 \cdot 10^{24}$ atomes de fer.

Recopie pour chaque proposition ci-dessus, la lettre qui correspond à la bonne option.

ACTIVITÉ 3 : DÉFINIR LA MASSE MOLAIRES ATOMIQUE

1- Nomme la masse d'une mole d'atomes.

2- Donne sa définition.

3- Donne son unité.

4- Identifie les masses molaires atomiques des 12 premiers éléments du tableau de classification périodique des éléments chimiques.

5- Explique pourquoi les masses molaires de certains atomes ne sont pas des nombres entiers. Prends l'exemple du Chlore : $35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ en t'appuyant sur le document 2.

	${}_{17}^{35}\text{Cl}$	${}_{17}^{37}\text{Cl}$
Abondance isotopique %	75,8	24,2

Document 2 : Deux isotopes du chlore

Je fais le point de l'activité

La masse molaire atomique d'un élément chimique est la masse d'une mole d'atomes de cet élément chimique.

L'unité de masse molaire atomique est le gramme par mole (symbole $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$).

Masses molaires atomiques des 12 premiers éléments.

Élément	Hydrogène	Hélium	Lithium	Béryllium	Bore	Carbone	Azote	Oxygène	Fluor	Néon	Sodium	Magnésium
Symbole	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg
Masse molaire atomique $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	1,0	4,0	6,9	9,0	10,8	12,0	14,0	16,0	19,0	20,2	23,0	24,3

Les éléments dont la masse molaire atomique n'est pas entière sont, à l'état naturel, formés d'isotopes. La masse molaire atomique d'un élément est calculée en prenant en compte l'ensemble de ses isotopes.

Par exemple la masse molaire atomique de l'élément chlore se calcule en tenant compte de l'abondance naturelle de ses deux isotopes.

$$M(\text{Cl}) = 35 \times \frac{75,8}{100} + 37 \times \frac{24,2}{100} = 35,48 \approx 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

J'évalue mes acquis



Récopie et complète les phrases ci-dessous.

1. On appelle masse molaire atomique du carbone, de carbone.
2. L'unité de masse molaire est le de symbole

ACTIVITÉ 4 : DÉFINIR LA MASSE MOLAIRE MOLÉCULAIRE

- 1- Nomme la masse d'une mole de molécules.
- 2- Donne sa définition.
- 3- Donne son unité.
- 4- Comment calcule-t-on la masse molaire d'une molécule ?

Je fais le point de l'activité

La masse d'une mole de molécules est appelée masse molaire moléculaire.

La masse molaire moléculaire est la masse d'une mole de molécules identiques.

Son unité est le gramme par mole (symbole $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$).

La masse molaire moléculaire est égale à la somme des masses molaires atomiques des éléments chimiques qui constituent la molécule.

J'évalue mes acquis



Le paracétamol, de formule $\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$ est le principe actif de médicaments antalgiques et antipyrétiques.

Calcule sa masse molaire M.

Données en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M_{\text{C}} = 12$; $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{O}} = 16$; $M_{\text{N}} = 14$.

ACTIVITÉ 5 : DÉFINIR LA MASSE MOLAIRE IONIQUE

- 1- Nomme la masse d'une mole d'un ion.
- 2- Donne sa définition.
- 3- Donne son unité.
- 4- Comment peut-on déterminer la masse molaire d'un composé ionique comme le chlorure de sodium (NaCl) ?

Je fais le point de l'activité

La masse d'une mole d'un ion est appelée masse molaire ionique.

La masse molaire ionique est donc la masse d'une mole d'ions.

Son unité est le gramme par mole (symbole $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$).

La masse molaire d'un composé ionique est égale à la somme des masses molaires des ions qui constituent ce composé.

J'évalue mes acquis



Calcule la masse molaire M du chlorure de magnésium, composé ionique de formule $MgCl_2$.

Données en $g \cdot mol^{-1}$: $M_{Mg} = 24,3$; $M_{Cl} = 35,5$.

ACTIVITÉ 6 : DÉTERMINER LA QUANTITÉ DE MATIÈRE D'UN CORPS SOLIDE ET D'UN CORPS LIQUIDE

Tu disposes de pastilles d'hydroxyde de sodium ($NaOH$) de masse molaire $M_{NaOH} = 40 g \cdot mol^{-1}$ et d'une solution d'acide chlorhydrique concentrée ($HCl + H_2O$) de densité $\rho = 1,18 g/mL$, de degré de pureté $\pi = 37\%$ et de masse molaire $M_{HCl} = 36,5 g \cdot mol^{-1}$.

1. Trouve la relation entre la quantité de matière n d'un corps et sa masse molaire.
2. Pèse une masse $m_1 = 4 g$ de l'hydroxyde de sodium en vue de préparer une solution aqueuse.
3. Détermine la quantité de matière n_1 de l'hydroxyde de sodium pesé.
4. Prélève un volume $V = 1 mL$ de la solution concentrée d'acide chlorhydrique en vue de préparer une solution diluée.
5. Détermine la quantité de matière d'acide prélevé.

Je fais le point de l'activité

La relation entre la quantité de matière n d'un corps de masse m et sa masse molaire (solide ou liquide) M est donnée par la relation $n = \frac{m}{M}$; n en mol, m en g et M en $g \cdot mol^{-1}$.

La quantité de matière dans $m_1 = 4 g$ d'hydroxyde de sodium pesé est :

$$n_1 = \frac{m_1}{M_{NaOH}}$$

$$n_1 = \frac{4}{40} = 0,1 \text{ mol.}$$

La masse d'acide prélevé à partir de la solution impure d'acide est $m = \rho V$.

Ainsi, la quantité de matière d'acide pur prélevée est $n_2 = \pi \frac{\rho V}{M}$

$$n_2 = 37 \times \frac{1,18 \times 1}{100 \times 36,5} = 0,012 \text{ mol.}$$

J'évalue mes acquis



1. Détermine la masse m de chlorure de sodium à peser pour obtenir une quantité de matière $n = 0,5 \text{ mol}$ de chlorure de sodium. $M_{NaCl} = 58,5 g \cdot mol^{-1}$.

2. Détermine la quantité de matière n dans un volume $V = 1 L$ de solution de vinaigre pur de masse molaire moléculaire M .

Donnée : $M = 60 g \cdot mol^{-1}$; $\rho = 1,05 g \cdot cm^{-3}$

ACTIVITÉ 7 : DÉCOUVRIR LA LOI D'AVOGADRO-AMPERE ET LE VOLUME MOLAIRES D'UN GAZ

- 1- De quoi dépend le volume d'un gaz ?
- 2- Des volumes identiques de gaz pris dans les mêmes conditions de température et de pression contiennent-ils la même quantité de matière ?
- 3- Indique les conditions normales de température et de pression.
- 4- Énonce la loi d'Avogadro Ampère.
- 5- Nomme le volume occupé par 1 mole d'une substance gazeuse.
- 6- Définis le volume molaire.
- 7- Donne son unité.
- 8- Donne l'expression de la quantité de matière d'un corps gazeux en fonction de son volume molaire.
- 9- Donne le volume molaire d'un gaz dans les conditions normales de température et de pression.
- 10- Donne le volume molaire d'un gaz à $20^\circ C$, sous une pression de 1 atm.

Je fais le point de l'activité

Le volume d'un gaz dépend des conditions de température et de pression. Des volumes identiques de gaz différents pris dans les mêmes conditions de température et de pression contiennent la même quantité de matière. D'où la loi d'Avogadro-Ampère.

La loi d'Avogadro-Ampère

Des volumes égaux de gaz différents, pris dans les mêmes conditions de température et de pression, contiennent le même nombre de molécules.

Le volume occupé par 1 mole d'une substance gazeuse est appelé volume molaire de la substance gazeuse.

L'unité du volume molaire est le litre par mole ($\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}$).

La loi d'Avogadro-Ampère signifie que dans les mêmes conditions de température et de pression, tous les gaz ont le même volume molaire V_m .

La quantité de matière d'un corps gazeux de volume V a pour expression : $n = \frac{V}{V_m}$.

- Dans les conditions normales de température et de pression, c'est-à-dire à 0°C et à la pression atmosphérique normale (1 atm ou 1 013 mb ou 101 325 Pa), $V_m = 22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- A 20°C et à la pression atmosphérique normale, $V_m = 24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

J'évalue mes acquis

1. Donne l'énoncé de la loi d'Avogadro-Ampère.
2. Détermine la quantité de matière contenue dans 1,2 L de chlorure d'hydrogène (gazeux) à 20°C et à la pression atmosphérique normale.

ACTIVITÉ 8 : DÉFINIR LA DENSITÉ D'UN GAZ PAR RAPPORT À L'AIR

- 1- Rappelle la définition de la densité d'un solide et d'un liquide.
- 2- Définis la densité d'un gaz.
- 3- Etablis l'expression de la masse molaire M d'un gaz en fonction de sa densité d , sachant que dans les conditions normales de température et de pression, la masse volumique ρ de l'air est $d = 1,29 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ et que le volume molaire d'un gaz est $V_m = 22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Je fais le point de l'activité

La densité d'un solide ou d'un liquide est égale au rapport de sa masse volumique par celle de l'eau. Concernant les gaz, la densité se définit par rapport à l'air.

La densité d'un gaz par rapport à l'air est égale au rapport de sa masse volumique par celle de l'air.

Pour un gaz donné de masse molaire M , sa densité par rapport à l'air est :

$$d = \frac{M}{M_{\text{air}}} = \frac{M}{\rho_{\text{air}} \times V_m}$$

$$\text{Or } \rho_{\text{air}} \times V_m = 1,29 \times 22,4 = 28,89 \approx 29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$\text{D'où } d = \frac{M}{29} \text{ ou encore } M = 29d.$$

La densité d'un gaz est égale au quotient de sa masse molaire par 29.

Remarque :

- Quand $d > 1$, le gaz est plus dense ou plus lourd que l'air.
- Quand $d < 1$, le gaz est moins dense ou plus léger que l'air.

J'évalue mes acquis

Un alcane a pour densité gazeuse $d = 1,45$.

Sa masse molaire est :

- a) $30,45 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ b) $20 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ c) $42,05 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Choisis la bonne réponse.

II- RÉSUMÉ DE COURS

- Une mole d'une entité élémentaire (atome, molécule, ion, ...) contient $N = 6,02 \cdot 10^{23}$ entités élémentaires.
- La masse d'une mole d'une entité élémentaire est appelée masse molaire de cette entité.
- La quantité de matière n d'une entité élémentaire est le nombre de moles (de symbole mol) de cette entité.
- La constante (nombre) d'Avogadro vaut : $6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- Le volume molaire d'un gaz est le volume occupé par une mole de ce gaz. Il s'exprime en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Des volumes égaux de gaz différents, pris dans les mêmes conditions de température et de pression, renferment le même nombre de molécules: c'est la loi d'Avogadro-Ampère.
- La densité d d'un gaz par rapport à l'air dépend de la masse molaire moléculaire M de ce gaz ($d = \frac{M}{29}$).

III- MÉTHODES

1- Détermination de la masse molaire d'un composé.

La masse molaire $M_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_t}$ du composé $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_t$ s'écrit : $M_{\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z\text{N}_t} = xM_{\text{C}} + yM_{\text{H}} + zM_{\text{O}} + tM_{\text{N}}$
 où M_{C} , M_{H} , M_{O} et M_{N} sont respectivement les masses molaires atomiques du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

On donne (en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$) : $M_{\text{C}} = 12$; $M_{\text{H}} = 1$; $M_{\text{O}} = 16$; $M_{\text{N}} = 14$

2- Comment recueillir un gaz connaissant sa densité ?

- Lorsque la densité d'un gaz est inférieure à 1 ($d < 1$), on le recueille dans un flacon dont l'ouverture est dirigée vers le bas.
- Lorsque la densité d'un gaz est supérieure à 1 ($d > 1$), on le recueille dans un flacon dont l'ouverture est dirigée vers le haut.

III- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Le glucose (jus sucré) de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ se transforme en éthanol (alcool) de formule $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ et en dioxyde de carbone CO_2 par fermentation.

Calcule la masse molaire moléculaire de chaque composé.

Masses molaires en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$: C : 12 ; H : 1 ; O : 16.

Exercice 2

Calcule la masse molaire des composés suivants :

- la nitroglycérine : $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$;
- la pentrite : $\text{C}_5\text{H}_9\text{N}_4\text{O}_{12}$;
- le diméthylhydrazine : $\text{N}_2\text{H}_2(\text{CH}_3)_2$;
- le tétroxyde de diazote : N_2O_4 .

Mole et grandeurs molaires

Tu disposes d'un comprimé de Vitascorbol contenant en masse $m = 500$ mg d'acide ascorbique (appelé aussi vitamine C) de formule $C_6H_8O_6$.

- 1- Calcule la masse molaire de l'acide ascorbique.
- 2- Détermine la quantité d'acide ascorbique contenu dans ce comprimé.

Résolution de l'exercice 1

$$M(C_6H_{12}O_6) = 6M_C + 12M_H + 6M_O; M(C_6H_{12}O_6) = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16 = 180 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$M(C_2H_6O) = 2M_C + 6M_H + M_O; M(C_2H_6O) = 2 \times 12 + 6 \times 1 + 16 = 46 \text{ g.mol}^{-1}$$

Commentaire :

La masse molaire moléculaire est égale à la somme des masses molaires atomiques des éléments.

Résolution de l'exercice 2

$$\text{a) } M(C_3H_5N_3O_9) = 3M_C + 5M_H + 3M_N + 9M_O$$

$$M(C_3H_5N_3O_9) = 3 \times 12 + 5 \times 1 + 3 \times 14 + 9 \times 16 = 227 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{b) } M(C_5H_8N_4O_{12}) = 5M_C + 8M_H + 4M_N + 12M_O$$

$$M(C_5H_8N_4O_{12}) = 5 \times 12 + 8 \times 1 + 4 \times 14 + 12 \times 16 = 316 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{c) } M(N_2H_2(CH_3)_2) = 2M_N + 2M_H + 2(M_C + 3M_H)$$

$$M(N_2H_2(CH_3)_2) = 2 \times 14 + 2 \times 1 + 2(12 + 3 \times 1) = 60 \text{ g.mol}^{-1}$$

$$\text{d) } M(N_2O_4) = 2M_N + 4M_O$$

$$M(N_2O_4) = 2 \times 14 + 4 \times 16 = 92 \text{ g.mol}^{-1}$$

Commentaire :

Faire la somme des masses molaires atomiques des atomes présents dans ces composés.

Résolution de l'exercice 3

1- Masse molaire de l'acide ascorbique :

$$M = 6M_C + 8M_H + 6M_O$$

$$\text{AN : } M = 6 \times 12 + 8 \times 1 + 6 \times 16 = 176 \text{ g.mol}^{-1}$$

2- Quantité de matière de l'acide ascorbique dans le comprimé:

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{AN : } n = \frac{0,5}{176} = 2,84 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Commentaire :

Se référer au cours.

IV- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Définis :

- la mole ;
- la masse molaire atomique ;
- la quantité de matière d'une entité élémentaire.

2 Donne la valeur de la constante d'Avogadro.

3 La masse de 0,35 mol d'un composé moléculaire est 15,4 g.

Ce composé est :

- a) SO_2 ; b) CO_2 ; c) H_2O .

Règle la bonne réponse.

4 On considère un flacon de dichlore de 1,0 L dans les conditions où le volume molaire vaut $24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1- Détermine la quantité de matière de dichlore dans le flacon.

2- Déduis la masse de dichlore dans le flacon.

$$M_{\text{Cl}} = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

5 On donne les masses volumiques des liquides suivants en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$:

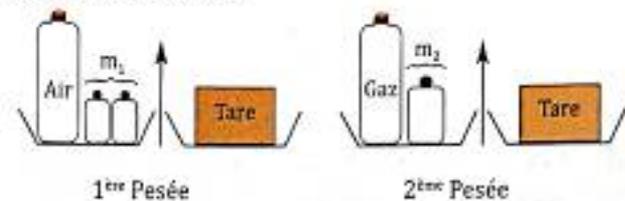
- acide sulfurique (H_2SO_4) : 1,8 ;
- acide nitrique (HNO_3) : 1,5 ;

- benzène (C_6H_6) : 0,88.

Détermine la quantité de matière contenue dans 3 L de chacun de ces trois liquides.

Masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: C : 12 ; H : 1 ; O : 16 ; S : 32 ; N : 14.

6 On réalise les deux pesées indiquées sur les figures ci-dessous :



On trouve : $m_1 = 100,3 \text{ g}$ et $m_2 = 99,2 \text{ g}$.

1- Détermine la masse de gaz.

2- Ce gaz est du dioxyde de carbone CO_2 .

Détermine :

2-1. la quantité de matière de CO_2 dans la bouteille ;

2-2. le nombre de molécules dans la bouteille.

On donne : masse volumique de l'air : $1,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$; volume de la bouteille : 1,5 L.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

7 La production mondiale de cacao en 2020-2021 est de 5 millions de tonnes. On dénombre environ 100 grains dans 1 kg de cacao.

Exprime, en moles de grains, la production mondiale de cacao en 2020/2021.

8 Un corps gazeux, de densité par rapport à l'air égale à 2,9, a une formule de type $(\text{CH}_2)_n$, n étant un nombre entier.

Détermine la formule de ce corps.

Données : masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; C : 12 ; H : 1

9 Tu disposes de deux échantillons de même masse, l'un de soufre et l'autre d'aluminium. La quantité de matière contenue dans l'échantillon de soufre est 0,54 mol.

Détermine :

1- la masse de l'échantillon de soufre.

2- la quantité de matière contenue dans l'échantillon d'aluminium.

Données : masses molaires en g/mol ; S : 32 ;

Al : 27

10 Reproduis et complète le tableau ci-dessous.

Gaz	Masse molaire moléculaire	Densité
Dioxygène O_2		
Diazote N_2		
Dihydrogène H_2		
Dichlore Cl_2		
Ethane C_2H_6		

Donnée : se référer au tableau de classification périodique pour les masses molaires atomiques.

11 Dans le tableau ci-dessous, sont indiqués des gaz dont les volumes sont mesurés dans les conditions où $V_m = 25 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

	Diazote N_2	Chlorure d'hydrogène HCl	Hélium He	Dioxyde de soufre SO_2
Masse volumique (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)				
$d_{\text{gaz}} = \frac{\rho_{\text{gaz}}}{\rho_{\text{air}}}$				
$d_{\text{gaz}} = \frac{M_{\text{gaz}}}{29}$				

1- Reproduis et complète le tableau ci-dessus (tu écriras la densité avec deux chiffres après la virgule).

2- Compare les résultats obtenus.

3- Utilise la formule $d = \frac{M_{\text{gaz}}}{29}$ pour déterminer la densité du monoxyde de carbone CO et du dioxyde de carbone CO_2 .

4- Déduis du monoxyde de carbone CO et du dioxyde de carbone CO_2 , celui qui se mélange le plus à l'air.

Situations d'évaluation

12 Tu accompagnes ta tante à l'hôpital pour des examens médicaux. Après consultation, l'analyse sanguine révèle que son taux de cholestérol est 6,50 millimole par litre ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$). Le bulletin de visite médicale indique que le taux normal de cholestérol sanguin est compris entre 1,40 et 2,20 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$. Tu es invité à chercher si le taux de cholestérol de ta tante est normal.

On donne :

- formule du cholestérol : $\text{C}_{27}\text{H}_{46}\text{O}$;
- masses molaires atomiques : $M_{\text{H}} = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{C}} = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 1- Donne le nom de la grandeur exprimée en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.
- 2- Exprime le résultat d'analyse en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.
- 3- Montre que le taux de cholestérol de ta tante est en excès.

13 Tu désires connaître la nature d'un gaz contenu dans un ballon de masse m_1 . S'il est rempli d'oxygène, sa masse devient m_2 . S'il est rempli d'un autre gaz pris dans les mêmes conditions de température et de pression, sa masse devient m_3 .

Tu disposes d'une liste de gaz parmi lesquels tu choisiras le gaz contenu dans le ballon.

Ce sont : CO , CO_2 , SO_2 , SO_3 .

On donne : $m_1 = 54,60 \text{ g}$; $m_2 = 54,78 \text{ g}$; $m_3 = 55,05 \text{ g}$.
 $M_{\text{C}} = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_{\text{S}} = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

1- Détermine :

- 1.1- la masse molaire des gaz dont les noms figurent sur la liste ;
- 1.2- la masse de gaz contenu dans le ballon ;
- 1.3- la quantité de matière de dioxygène ;
- 1.4- la masse molaire moléculaire du gaz contenu dans le ballon.

2- Déduis-en la nature du gaz.

3- Donne son nom.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIeux

BRÈVE HISTOIRE DE LA MOLE

Initialement, on utilisait les termes molécule-gramme et atome-gramme pour désigner la masse moléculaire (masse molaire). Le terme molécule est formé à partir du mot latin moles, signifiant « masse », sous l'influence de corpuscule, qui désigne quelque chose de très petit. Une abréviation est finalement apparue pour désigner la quantité de matière : la mole.

Le nom de « mole » date de 1897 et est une reprise (francisée dans la prononciation) de l'unité allemande Mol, utilisée par le chimiste Wilhelm Ostwald en 1894.

L'origine de la mole est d'abord liée au besoin de définir une unité propre à la chimie et de mettre fin aux questions relatives à l'unité de masse chimique. Ainsi, en 1971, l'introduction de la mole, 7^{ème} unité du SI (Synthèse Internationale), a permis de disposer d'une unité reconnue dédiée au domaine de la chimie.

ÉQUATION-BILAN D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

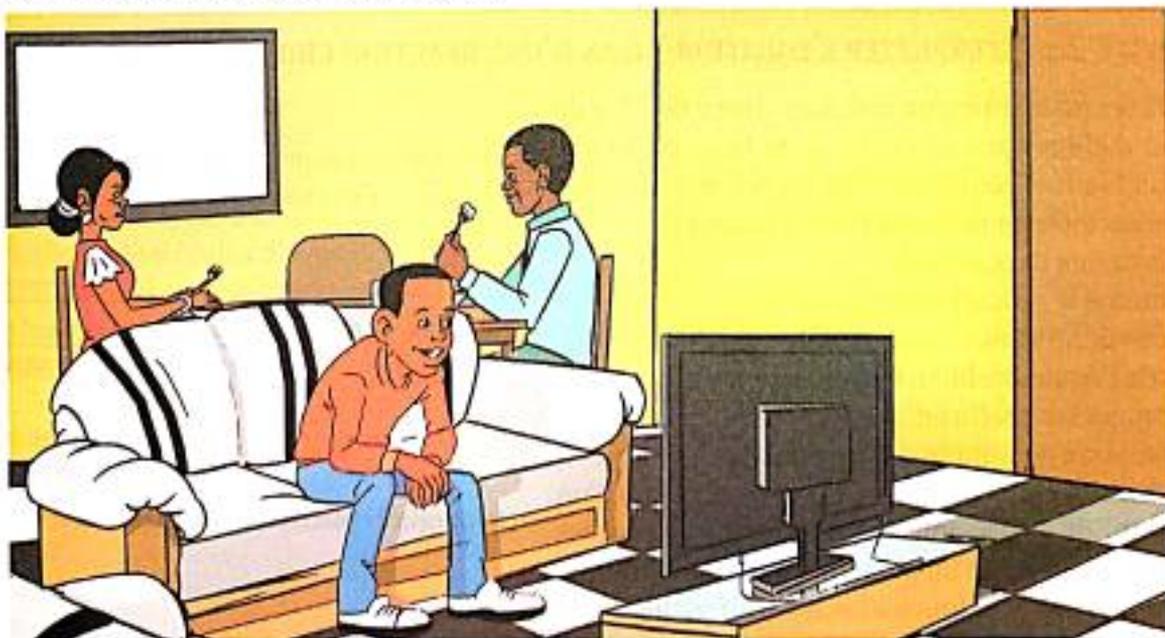
HABILITÉS	CONTENUS
Écrire	l'équation-bilan d'une réaction chimique.
Interpréter	l'équation-bilan d'une réaction chimique.
Exploiter	l'équation-bilan d'une réaction chimique.
Connaître	la loi de Lavoisier.
Utiliser	la loi de Lavoisier.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Équation-bilan d'une réaction chimique
- Interprétation macroscopique
- Interprétation microscopique
- Réactifs
- Produits
- Coefficients stœchiométriques
- Réactif en excès
- Réactif limitant
- Loi de Lavoisier

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de 2^{de} C d'un lycée moderne apprend dans un documentaire à la télévision que dans un souci de rentabilité, l'industrie chimique doit veiller à une utilisation efficace des réactifs afin de minimiser les pertes. Pour cela, il faut respecter une certaine proportion entre les réactifs utilisés. En classe, il rapporte cette information à ses camarades. Ensemble, avec l'aide de leur professeur de Physique Chimie, ils entreprennent d'écrire l'équation-bilan d'une réaction chimique, de l'interpréter, de l'exploiter et d'utiliser la loi de Lavoisier.

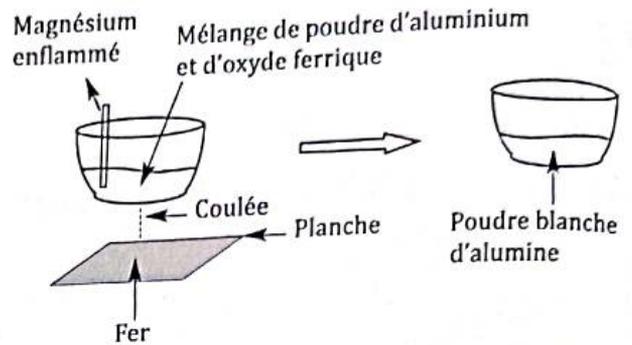


I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : ÉCRIRE L'ÉQUATION-BILAN D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

Tu réalises un mélange de poudre d'aluminium et d'oxyde ferrique dans un creuset réfractaire. Tu amorces la réaction à l'aide d'un ruban de magnésium enflammé (voir document 1).

- 1- Dis ce que tu observes.
- 2- Précise les réactifs et les produits de la réaction chimique.
- 3- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique entre l'aluminium et l'oxyde ferrique.
- 4- Donne la signification des symboles (+) et de la flèche dans l'équation-bilan de la réaction chimique.



Document 1 : Réaction entre l'aluminium et l'oxyde ferrique

Je fais le point de l'activité

- Le mélange de poudre d'aluminium et d'oxyde ferrique porté à incandescence donne de l'oxyde d'aluminium ou alumine et du fer. C'est une réaction qui produit de la chaleur : elle est dite exothermique.
- Les réactifs sont l'aluminium et l'oxyde ferrique ou oxyde de fer III, tandis que les produits sont le fer et l'oxyde d'aluminium ou alumine.
- L'équation-bilan de cette réaction chimique est : $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \longrightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$
- Le signe (+) au niveau des réactifs signifie « réagit avec », alors qu'il signifie « et » du côté des produits.
- La flèche signifie « donne ».

J'évalue mes acquis



Complète les phrases ci-dessous.

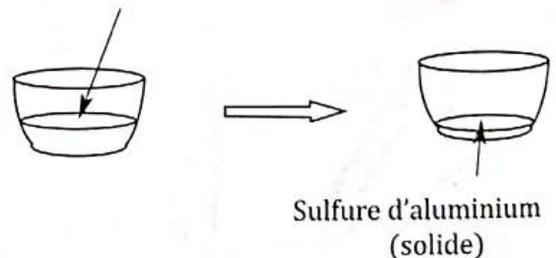
- 1- L'aluminium réagit avec l'oxyde ferrique pour donner
- 2- L'équation-bilan de la réaction entre l'aluminium et l'oxyde ferrique est :
 $\dots + \dots\text{Al} \longrightarrow \dots$

ACTIVITÉ 2 : INTERPRÉTER L'ÉQUATION-BILAN D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

Tu réalises maintenant un mélange intime de 2,7 g de poudre d'aluminium et de 4,8 g de fleur de soufre dans un creuset réfractaire. Tu portes le mélange à l'incandescence en un point (voir document 2).

- 1- Dis ce que tu observes.
- 2- Nomme le produit obtenu.
- 3- Détermine sa masse par pesée.
- 4- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
- 5- Nomme les coefficients intervenant dans l'équation-bilan équilibrée d'une réaction chimique.
- 6- Donne une interprétation de ces coefficients d'un point de vue microscopique des espèces chimiques, puis d'un point de vue macroscopique des espèces chimiques à l'échelle humaine.

Mélange de poudre d'aluminium et de fleur de soufre



Document 2 : Réaction entre l'aluminium et le soufre

Je fais le point de l'activité

On observe un grand dégagement de chaleur et la transformation totale des réactifs en un solide incolore : c'est du sulfure d'aluminium.

La masse de sulfure d'aluminium obtenue est de 7,5 g.

L'équation-bilan de la réaction chimique est : $2\text{Al} + 3\text{S} \longrightarrow \text{Al}_2\text{S}_3$

Les coefficients intervenant dans l'équation-bilan équilibrée d'une réaction chimique sont appelés coefficients stœchiométriques. Ils servent à équilibrer l'équation-bilan.

Signification microscopique de l'équation-bilan :

Les coefficients ou nombres stœchiométriques indiquent le nombre d'entités chimiques (atomes, molécules, ions, ...) ayant réagi d'une part, et le nombre de celles formées d'autre part.

Par exemple :

- dans l'équation-bilan de la réaction de l'aluminium avec le soufre, 2 atomes d'aluminium (Al) réagissent avec 3 atomes de soufre (S) pour donner 1 entité de composé ionique de sulfure d'aluminium.

- dans l'équation-bilan $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ de la combustion complète du propane, 1 molécule de propane réagit avec 5 molécules d'oxygène pour donner 3 molécules de dioxyde de carbone (CO_2) et 4 molécules d'eau (H_2O).

Signification macroscopique de l'équation-bilan :

Établissons les rapports entre les quantités de matière des réactifs et du produit pour la réaction entre l'aluminium et le soufre.

- Les masses molaires des réactifs et produit sont :

$$M_{\text{Al}} = 27 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M_{\text{S}} = 32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} ; M_{\text{Al}_2\text{S}_3} = 150 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1} .$$

- Les masses des réactifs utilisés et du produit formé sont :

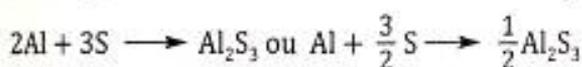
$$m_{\text{Al}} = 2,7 \text{ g} ; m_{\text{S}} = 4,8 \text{ g} ; m_{\text{Al}_2\text{S}_3} = 7,5 \text{ g} .$$

- Les quantités de matière des réactifs utilisés et du produit formé sont :

$$n_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{M_{\text{Al}}} = \frac{2,7}{27} = 0,1 \text{ mol} ; n_{\text{S}} = \frac{m_{\text{S}}}{M_{\text{S}}} = \frac{4,8}{32} = 0,15 \text{ mol} ; n_{\text{Al}_2\text{S}_3} = \frac{m_{\text{Al}_2\text{S}_3}}{M_{\text{Al}_2\text{S}_3}} = \frac{7,50}{150} = 0,05 \text{ mol}$$

$$- \frac{n_{\text{S}}}{n_{\text{Al}}} = 1,5 = \frac{3}{2} ; \frac{n_{\text{Al}_2\text{S}_3}}{n_{\text{Al}}} = 0,5 = \frac{1}{2} .$$

Les rapports ci-dessus se retrouvent dans l'équation-bilan :



Ainsi, au niveau macroscopique, 2 moles d'atome d'aluminium réagissent avec 3 moles d'atomes de soufre pour donner 1 mole de sulfure d'aluminium.

De même, pour la combustion complète du propane, 1 mole de molécules de propane réagit avec 5 moles de molécules d'oxygène pour donner 3 moles de molécules de dioxyde de carbone (CO_2) et 4 moles de molécules d'eau (H_2O).

En définitive, l'équation-bilan d'une réaction chimique traduit des relations de proportionnalités entre les quantités de matière des réactifs et des produits. Elle fournit donc un bilan molaire entre les quantités de matière des réactifs et des produits.

J'évalue mes acquis



Complète la phrase ci-dessous par les chiffres ou les mots qui conviennent.
L'équation-bilan ($4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$) indique que moles de fer avec moles de dioxygène pour moles d'oxyde ferrique.

ACTIVITÉ 3 : EXPLOITER L'ÉQUATION-BILAN D'UNE RÉACTION CHIMIQUE

1- Cas où les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques

Tu fais réagir une masse $m = 16,4$ g de zinc en poudre avec une masse $m' = 8$ g de soufre pour obtenir du sulfure de zinc.

- a- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
- b- Écris la relation de proportionnalité entre les quantités de matière des réactifs et du produit.
- c- Montre que les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques.
- d- Détermine la masse de sulfure de zinc obtenu.

2- Cas où l'un des réactifs est en excès.

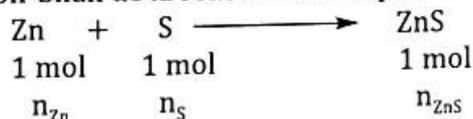
Tu brûles une masse $m = 3,5$ g de paille de fer dans un volume $V = 0,5$ L de dioxygène, mesuré dans les conditions où le volume molaire est $V_m = 24$ L.mol⁻¹.

- a- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.
- b- Écris la relation de proportionnalité entre les quantités de matière des réactifs et du produit.
- c- Montre que l'un des réactifs est en excès.
- d- Détermine la masse du réactif restant et celle du produit formé.

Je fais le point de l'activité

1- Cas où les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques

a- Équation-bilan de la réaction chimique



b- D'après l'équation-bilan de la réaction chimique, 1 mol de zinc réagit avec 1 mol de soufre pour donner 1 mol de sulfure de zinc ; on peut donc écrire la relation suivante :

$$n_{\text{Zn}} = n_{\text{S}} = n_{\text{ZnS}}$$

c- Montrons que les réactifs sont dans les proportions stœchiométriques.

Déterminons les quantités de matière du zinc et du soufre : $n_{\text{Zn}} = \frac{m_{\text{Zn}}}{M_{\text{Zn}}}$ et $n_{\text{S}} = \frac{m_{\text{S}}}{M_{\text{S}}}$

A.N. : $n_{\text{Zn}} = \frac{16,4}{65,4} = 0,25$ mol et $n_{\text{S}} = \frac{8}{32} = 0,25$ mol.

On constate que : $n_{\text{Zn}} = n_{\text{S}}$. On peut donc en conclure que le mélange réalisé est dans les proportions stœchiométriques. Les deux réactifs sont totalement consommés.

d- Masse de sulfure de zinc formée

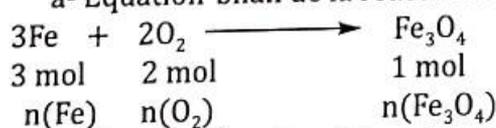
D'après l'équation-bilan, $n_{\text{ZnS}} = n_{\text{Zn}} = n_{\text{S}}$; donc $m_{\text{ZnS}} = n_{\text{ZnS}} \times M_{\text{ZnS}}$.

$$M_{\text{ZnS}} = M_{\text{Zn}} + M_{\text{S}} = 65,4 + 32 = 97,4 \text{ g.}$$

A.N. : $m_{\text{ZnS}} = 0,25 \times 97,4 = 24,35$ g.

2- Cas où l'un des réactifs est en excès

a- Équation-bilan de la réaction chimique



b- D'après l'équation-bilan de la réaction chimique, 3 mol de fer réagissent avec 2 mol de dioxygène pour former 1 mol d'oxyde magnétique de fer. On peut donc écrire la relation suivante :

$$\frac{n(\text{Fe})}{3} = \frac{n(\text{O}_2)}{2} = n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$$

c- Réactif en excès

Déterminons les quantités de matière du fer et du dioxygène : $n(\text{Fe}) = \frac{m(\text{Fe})}{M(\text{Fe})}$ et $n(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m}$.

A.N. : $n(\text{Fe}) = \frac{3,5}{56} = 6,25 \cdot 10^{-2}$ mol et $n(\text{O}_2) = \frac{0,5}{24} = 2,1 \cdot 10^{-2}$ mol.

L'équation-bilan indique : $n(\text{O}_2) = \frac{2}{3}n(\text{Fe})$.

Pour faire brûler complètement $6,25 \cdot 10^{-2}$ mol de fer, il faut : $n'(\text{O}_2) = \frac{2}{3} \times 6,25 \cdot 10^{-2}$, soit $n'(\text{O}_2) = 4,17 \cdot 10^{-2}$ mol.

Or, on ne dispose dans le flacon que de $2,1 \cdot 10^{-2}$ mol de dioxygène : $n(\text{O}_2) < \frac{2}{3}n(\text{Fe})$.

On peut donc en conclure que le fer est le réactif en excès et le réactif limitant, le dioxygène. Le mélange n'est pas dans les proportions stœchiométriques.

d-

- Masse du réactif restant ;

Quantité de matière du fer restant

$$n(\text{Fe})_{\text{restant}} = n(\text{Fe})_{\text{introduit}} - n(\text{Fe})_{\text{réagi}}$$

La quantité de matière du fer qui a réagi est : $n(\text{Fe})_{\text{réagi}} = \frac{3}{2} \times n(\text{O}_2)$,

soit $n(\text{Fe})_{\text{réagi}} = \frac{3}{2} \times 2,1 \cdot 10^{-2} = 3,15 \cdot 10^{-2}$ mol ;

donc : $n(\text{Fe})_{\text{restant}} = 6,25 \cdot 10^{-2} - 3,15 \cdot 10^{-2} = 3,1 \cdot 10^{-2}$ mol

La masse du fer n'ayant pas réagi est : $m(\text{Fe})_{\text{restant}} = n(\text{Fe})_{\text{restant}} \times M(\text{Fe})$.

A.N. : $m(\text{Fe})_{\text{restant}} = 3,1 \cdot 10^{-2} \times 56 = 1,736$ g.

- Masse du produit formé

$$\frac{n(\text{Fe})}{3} = \frac{n(\text{O}_2)}{2} = n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$$

Compte tenu du fait que le fer est en excès, la détermination de la masse se fera à partir du dioxygène, réactif limitant ou du fer ayant réagi.

On a donc : $n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{n(\text{O}_2)}{2}$, d'où $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{n(\text{O}_2)}{2} \times M(\text{Fe}_3\text{O}_4)$

A.N. : $m(\text{Fe}_3\text{O}_4) = \frac{0,021}{2} \times 232 = 2,436$ g.

Conclusion

Lorsque les réactifs sont mélangés dans les proportions stœchiométriques, pour déterminer la/les masse(s) ou le/les volume(s) du/des produit/productes de la réaction chimique, tu peux utiliser la quantité de matière de l'un des réactifs mis en présence.

Lorsque dans le mélange réactionnel, l'un des réactifs est en excès, la détermination des quantités se fait soit à partir de la quantité de matière du réactif limitant, soit à partir de la quantité de matière du réactif en excès ayant réagi.

l'évalue mes acquis



On fait brûler de l'aluminium dans le dioxygène. On obtient de l'oxyde d'aluminium (alumine).

L'équation-bilan de la réaction s'écrit : $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2\text{Al}_2\text{O}_3$.

1- Pour obtenir 1 mole d'oxyde d'aluminium, il faut faire réagir :

- 1 mole d'aluminium;
- 2 moles d'aluminium;
- 3 moles d'aluminium.

2- La quantité de matière d'oxygène qui réagit avec 1 mole d'aluminium est :

- 1,5 moles;
- 0,75 moles;
- 1 mole.

Choisis la bonne réponse dans chaque cas.

ACTIVITÉ 4 : CONNAÎTRE LA LOI DE LAVOISIER

Exploite les résultats de l'activité 2 où les réactifs sont utilisés dans les proportions stœchiométriques.

- 1- Fais la somme des masses des réactifs.
- 2- Compare cette somme à la masse de sulfure d'aluminium obtenu.
- 3- Conclue.
- 4- Énonce la loi de Lavoisier.

Je fais le point de l'activité

$$m_{Al} + m_S = 2,7 \text{ g} + 4,8 \text{ g} = 7,5 \text{ g}$$

$$m_{Al} + m_S = m_{Al_2S_3} = 7,5 \text{ g.}$$

La masse de produit formé est égale à la masse de réactifs consommés.

Loi de Lavoisier :

Dans un système qui n'emprunte ni ne cède aucune substance au milieu extérieur, la masse totale reste constante, quelles que soient les transformations chimiques affectant les constituants du système.

J'évalue mes acquis



- 1- Détermine la masse minimale de fleur de soufre qu'il faut mélanger à 4,2 g de limaille de fer pour obtenir un mélange stœchiométrique.
- 2- Détermine la masse de sulfure de fer obtenu.

II- RÉSUMÉ DE COURS

- L'équation-bilan traduit la conservation des éléments chimiques au cours d'une réaction chimique impliquant la conservation de masse : la somme des masses des réactifs est égale à la somme des masses des produits.
- Les coefficients stœchiométriques permettent d'équilibrer l'équation-bilan d'une réaction chimique ; ils indiquent les nombres de moles correspondant aux proportions des réactifs à utiliser de façon précise.
- L'équation-bilan a une signification microscopique mais son exploitation se fait au niveau macroscopique.

III- MÉTHODES

- Pour écrire une équation-bilan, il faut :
 - identifier les réactifs ;
 - identifier les produits ;
 - s'assurer de la conservation des éléments et de la masse totale en utilisant des coefficients placés devant la formule des différents corps qui participent à la réaction.
- Volume molaire et stœchiométrie :
 Dans une réaction chimique où interviennent plusieurs gaz, les coefficients placés devant la formule de ces gaz indiquent des proportions stœchiométriques que l'on peut exprimer en volumes (mesurés dans les mêmes conditions de température et de pression).
- La réaction s'effectue dans les conditions stœchiométriques si les quantités de matière des réactifs respectent les coefficients stœchiométriques de l'équation-bilan.
- Résolution d'un exercice de chimie en se servant de l'équation-bilan :
 - identifier les réactifs et les produits ;

- écrire et équilibrer correctement l'équation-bilan ;
- faire le bilan molaire de la réaction à partir de l'équation-bilan ;
- rechercher toutes les données directes ou indirectes : quantité de matière, masse ou volume des réactifs et/ou des produits ;
- établir une relation de proportionnalité entre les quantités de matière des réactifs et des produits ;
- répondre aux consignes de l'exercice.

III- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

On prépare du chlorure d'hydrogène HCl par réaction du dihydrogène H_2 avec le dichlore Cl_2 .

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- 2- Détermine la masse de dichlore nécessaire pour préparer 365 g de chlorure d'hydrogène.

Exercice 2

On chauffe le saccharose (un sucre) de formule $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ en vase clos. Il se forme du carbone et de la vapeur d'eau.

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- 2- Calcule la masse de carbone obtenu à partir de 48,3 g de sucre.

Exercice 3

On brûle le fer dans le dioxygène et il se forme l'oxyde magnétique de fer de formule Fe_3O_4 .

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- 2- Détermine le volume de dioxygène nécessaire pour faire brûler une mole de fer.

On donne : $V_m = 22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Exercice 4

On réalise la combustion incomplète de l'éthane dans l'air où il se forme 100 g de carbone et de l'eau.

Données : $M_C = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Dans les conditions normales de température et de pression (CNTP), $V_m = 22,4 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$ et l'air contient 20% de dioxygène

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- 2- Détermine :
 - 2.1- le volume d'éthane nécessaire ;
 - 2.2- le volume de dioxygène ;
 - 2.3- le volume d'air utilisé.

Résolution de l'exercice 1

- 1- Equation-bilan de la réaction.



- 2- Masse de dichlore nécessaire à la préparation de $m = 365 \text{ g}$ de chlorure d'hydrogène.

$$n(\text{HCl}) = \frac{m}{M} = \frac{365}{36,5} = 10 \text{ mol};$$

$$\frac{n(\text{Cl}_2)}{1} = \frac{n(\text{HCl})}{2}, \text{ d'où } n(\text{Cl}_2) = \frac{n(\text{HCl})}{2} = 5 \text{ mol.}$$

La masse de dichlore est donnée par la relation : $m(\text{Cl}_2) = n(\text{Cl}_2) \times M(\text{Cl}_2)$

$$m(\text{Cl}_2) = 5 \times 2 \times 35,5 = 355 \text{ g.}$$

Commentaire :

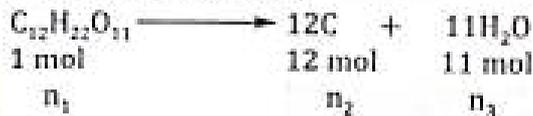
Bien équilibrer l'équation-bilan de la réaction.

Bien écrire la relation de proportionnalité entre les quantités de matière du réactif dont la masse est recherchée (Cl_2) et du produit (HCl) en tenant compte des coefficients stœchiométriques de l'équation-bilan de la réaction. Utiliser les masses molaires atomiques de Cl et de H qui sont respectivement $35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Résolution de l'exercice 2



2- Masse de carbone :



On a $n_2 = 12 n_1$ $m_2 = 12 \frac{m_1}{M_1} M_2$

AN : $m_2 = 12 \times \frac{48,3}{342} \times 12 = 20,3 \text{ g}$

Commentaire :

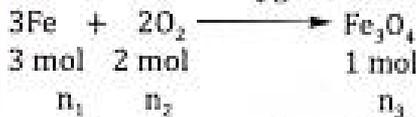
Savoir équilibrer l'équation-bilan d'une réaction chimique.

Résolution de l'exercice 3

1- Équation-bilan de la réaction :



2- Volume de dioxygène nécessaire :



$n_2 = \frac{2}{3} n_1$ $V_2 = \frac{2}{3} n_1 \times V_m$

AN : $V_2 = \frac{2}{3} \times 1 \times 22,4 = 14,9 \text{ L}$

Commentaire :

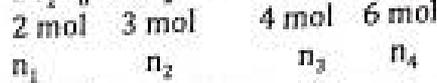
Savoir équilibrer l'équation-bilan.
Savoir faire le bilan molaire.

Résolution de l'exercice 4

1- Équation-bilan de la réaction :



2- Volume d'éthane nécessaire :



$n_1 = \frac{n_3}{2}$ $V_1 = \frac{m_3}{2M_3} \times V_m$

AN : $V_1 = \frac{100 \times 22,4}{2 \times 12} = 93,3 \text{ L}$

Volume de dioxygène :

$V_2 = \frac{3}{2} V_1$ AN : $V_2 = \frac{3}{2} \times 93,3 = 140 \text{ L}$

Volume d'air :

$V_{air} = 5V_2$ AN : $V_{air} = 5 \times 140 = 700 \text{ L}$

Commentaire :

De référer au cours.

IV- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Trouve les mots, les chiffres, les symboles ou les noms manquants.

L'aluminium brûle dans le dioxygène en donnant naissance à l'oxyde d'aluminium (alumine) selon l'équation-bilan $Al + O_2 \longrightarrow Al_2O_3$

On voit que cette équation-bilan n'est pas et pour qu'elle le devienne, il faut ajouter des coefficients qui sont pour Al, pour O₂ et pour Al₂O₃.

Al et O₂ sont des tandis que Al₂O₃ est le pour cette réaction.

On doit se référer à cette équation-bilan pour préparer un mélange d'aluminium et de dioxygène qui réagira totalement. On dit alors que les réactifs sont dans les proportions Dans ce cas, la quantité de matière d'aluminium Al est deux fois plus que celle de formé.

2 Équilibre les équations-bilans suivantes :



3 Équilibre les équations-bilans suivantes :



4 Soit l'équation-bilan de la réaction entre le dihydrogène et le dichlore. $H_2 + Cl_2 \longrightarrow 2HCl$. La quantité minimale de dichlore nécessaire pour obtenir 3,0 mol de chlorure d'hydrogène est : a) 3 mol ; b) 6 mol ; c) 1,5 mol. Écris la lettre correspondant à la bonne réponse.

5 Reproduis et complète le tableau ci-dessous :

Composés	Volume	Quantité de matière
Dichlore Cl_2	1,0 L	
Sulfure d'hydrogène H_2S		0,12 mol
Dioxyde de soufre SO_2	30 mL	
Diaxote N_2		$4 \cdot 10^{-4}$ mol
Ammoniac NH_3		1,2 mol
Méthane CH_4	1,3 L	
Dioxygène O_2	15 L	

On donne : volume molaire $V_m = 25 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

Exercices de renforcement/Approfondissement

6 On fait brûler 4 g de soufre dans un flacon contenant 2 L de dioxygène et il se forme du dioxyde de soufre dans les conditions normales de température et de pression (CNTP).

- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- Montre que le soufre est en excès.
- Détermine la masse de soufre restant en fin de réaction.

7 Le carbone brûle dans le dioxygène pour donner 13,2 g de dioxyde de carbone.

On donne : volume molaire : $25 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$

Détermine la masse de carbone et le volume de dioxygène nécessaire pour réaliser cette combustion.

8 Le constituant principal des bougies s'appelle « acide stéarique » de formule brute $C_{18}H_{36}O_2$.

En brûlant dans l'air, ce corps dégage du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

Tu désires brûler complètement une bougie de masse $m = 15 \text{ g}$ dans les conditions normales de température et de pression (CNTP).

Tu négligeras la masse de la mèche de la bougie.

- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- Détermine :
 - le volume de dioxygène nécessaire ;
 - le volume de dioxyde de carbone obtenu ;
 - la masse de dioxyde de carbone formé.

9 On brûle un morceau de sodium dans un flacon contenant 250 cm^3 de dichlore dans les proportions stœchiométriques. Il se forme des cristaux blancs de chlorure de sodium $NaCl$.

- Écris l'équation-bilan de cette réaction.
- Détermine :
 - la masse de chlorure de sodium formé ;
 - la masse de sodium consommé.

10 Un objet en fer subit l'action lente du dioxygène contenu dans l'air. Il se forme 5,0 g de rouille de formule Fe_2O_3 .

- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
- Détermine :
 - la quantité de matière de rouille formée ;
 - la quantité de fer ayant réagi ;
 - la masse de fer ayant réagi.

11 L'oxyde de magnésium MgO se forme par réaction du dioxygène avec le magnésium.

Tu disposes de 5,0 g de magnésium et de 3,0 g de dioxygène.

- Écris l'équation-bilan de la réaction.
- Écris la relation entre les quantités de matière des réactifs.
- Dis si les proportions stœchiométriques sont respectées.

12 Ton groupe d'étude veut savoir, du gaz propane et du gaz butane, celui dont la combustion complète dans l'air demande la meilleure ventilation dans une pièce dans laquelle elle est réalisée. Tu es sollicité (e) pour répondre à cette préoccupation de ton groupe.

Données : $V(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 1,0 \text{ L}$

- 1- Écris les équations-bilans des combustions de ces gaz dans le dioxygène de l'air.
- 2- Exprime le volume $V(\text{O}_2)$ de dioxygène nécessaire à la combustion complète de chacun des gaz en fonction des volumes respectifs $V(\text{C}_3\text{H}_8)$ et $V(\text{C}_4\text{H}_{10})$ de propane et de butane.
- 3- Calcule $V(\text{O}_2)$ dans les deux cas.
- 4- Dédus-en lequel des deux gaz a besoin d'une meilleure ventilation pour sa combustion.

13 Une séance de travaux pratiques de chimie dans une classe de 2^{de} C de ton établissement a pour objectifs de déterminer le volume et la longueur d'un fil de fer pur. Ton professeur de Physique-Chimie met à la disposition de ton groupe :

- un morceau de fil de fer cylindrique de diamètre D et de longueur ℓ ;
 - un flacon contenant un volume V de dioxygène.
- Il s'agit de réaliser la combustion complète de ce morceau de fer dans le dioxygène afin d'atteindre les objectifs. Il se forme de l'oxyde magnétique de formule Fe_3O_4 .

Tu es désigné (e) par ton groupe pour rédiger le

compte rendu de l'expérience réalisée.

Données :

masse volumique du fer : $\rho = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$;
 masses molaires : $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$;
 volume molaire : $V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}$;
 $D = 2,0 \text{ mm}$; $V = 250 \text{ mL}$.

- 1- Écris l'équation-bilan de la combustion complète du fer dans le dioxygène.
- 2- Détermine :
 - 2-1. la masse de fer nécessaire pour réaliser cette réaction ;
 - 2-2. le volume de fer correspondant ;
 - 2-3. la longueur ℓ de fil de fer qu'il faut préparer.

14 Tu découvres chez un photographe de ton quartier, un vieil appareil photo. Il te fait savoir que le filament d'une lampe de flash de cet appareil était constitué de magnésium de masse m et que l'éclair qui se produisait provenait de la combustion de ce filament dans le dioxygène de l'air. Au cours de cette réaction, il se forme de l'oxyde de magnésium MgO solide.

Données :

$m = 50 \text{ mg}$; $M_{\text{Mg}} = 24 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{\text{O}} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$
 Volume molaire : $V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}$

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction de combustion du magnésium.
- 2- Détermine :
 - 2.1- le volume de dioxygène nécessaire ;
 - 2.2- la masse d'oxyde de magnésium produit lors de cette réaction.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIUEUX

IMPORTANCE DE LA CHIMIE INDUSTRIELLE

La chimie industrielle a pour objet d'étudier la fabrication d'une façon économiquement et socialement satisfaisante, des produits chimiques qui répondent aux besoins de l'Homme, y compris les besoins nouveaux qu'elle s'efforce de créer.

La chimie industrielle est l'activité économique qui produit des molécules et autres composés chimiques en grande quantité, dite industrielle, en exploitant les technologies du génie chimique.

Les produits chimiques utilisés de manière massive proviennent soit de la commercialisation de matières premières brutes ou sommairement conditionnées, soit de traitements et autres procédés industriels exploitant ces matières premières. On aura par exemple des engrais pratiquement livrés sans traitement après extraction, ou au contraire plus ou moins substantiellement améliorés par la chimie industrielle pour en augmenter l'efficacité ou la valeur marchande.

LE CHLORURE DE SODIUM SOLIDE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

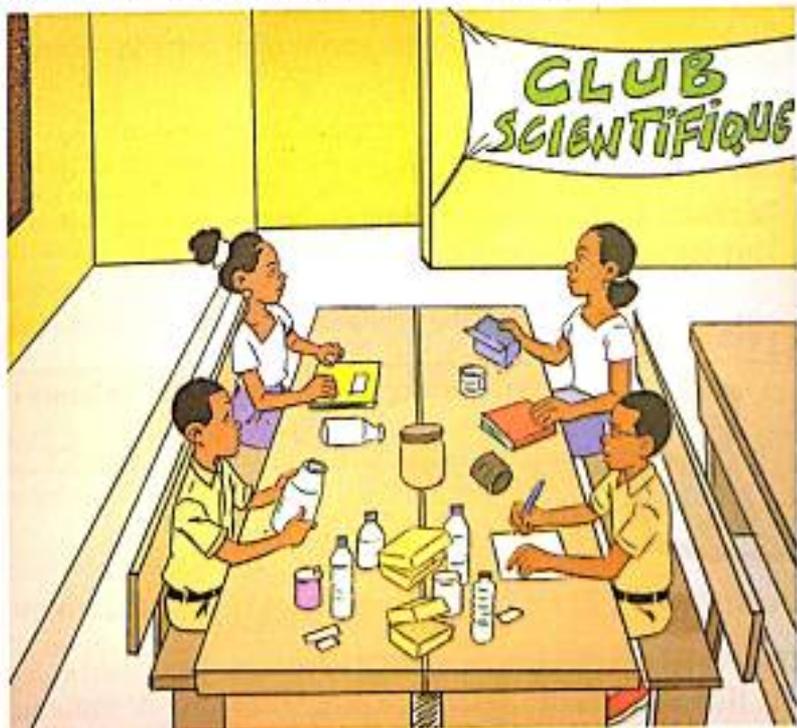
HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	la formule statistique du chlorure de sodium.
Décrire	la structure microscopique du chlorure de sodium.
Expliquer	<ul style="list-style-type: none"> la neutralité électrique du chlorure de sodium ; la cohésion du cristal du chlorure de sodium.
Justifier	<ul style="list-style-type: none"> le caractère isolant du cristal ; la stabilité thermique du cristal.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Formule statistique du chlorure de sodium solide
- Cohésion du cristal de chlorure de sodium
- Caractère isolant du cristal de chlorure de sodium
- Stabilité thermique du cristal de chlorure de sodium

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Le club scientifique de ton lycée conçoit une maquette de sel de cuisine appelé chlorure de sodium avec du matériau de récupération. Ta classe découvre cette maquette dans un stand lors d'une journée porte ouverte. Curieuse d'en savoir plus sur le cristal de chlorure de sodium, ta classe entreprend, avec l'aide de votre professeur de Physique-Chimie, de connaître sa formule statistique, de décrire sa structure microscopique et d'expliquer ses propriétés physiques et électriques.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : DÉCOUVRIR LA FORMULE STATISTIQUE DU CHLORURE DE SODIUM SOLIDE

Tu considères les deux éléments chimiques suivants : ${}^{23}_{11}\text{Na}$ et ${}^{35}_{17}\text{Cl}$.

- 1- Écris la structure électronique de chacun d'eux.
- 2- Donne la formule et le nom de l'ion obtenu à partir de chaque élément chimique.
- 3- Ecris la formule du chlorure de sodium.

Je fais le point de l'activité

Les structures électroniques du sodium et du chlore sont :

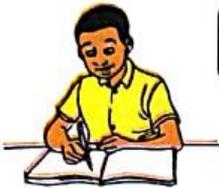
- $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$ pour le sodium Na de numéro atomique $Z = 11$;
- $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$ pour le chlore Cl de numéro atomique $Z = 17$.

Les ions obtenus de ces atomes sont :

- l'ion sodium Na^+ par perte de l'électron périphérique de l'atome de sodium;
- l'ion chlorure Cl^- par gain d'un électron sur la couche périphérique de l'atome de chlore.

Ainsi, on obtient la formule NaCl comme formule statistique du chlorure de sodium.

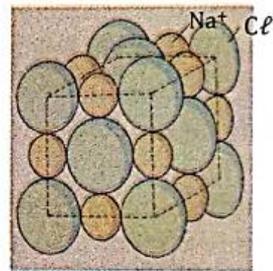
J'évalue mes acquis



Justifie l'écriture NaCl comme formule statistique du chlorure de sodium.

ACTIVITÉ 2 : DÉCRIRE LA STRUCTURE MICROSCOPIQUE DU CHLORURE DE SODIUM SOLIDE

Observe l'image ci-contre et décris sommairement la structure microscopique du chlorure de sodium solide.



Document 1 : Structure du chlorure de sodium

Je fais le point de l'activité

Le cristal de chlorure de sodium est formé d'un empilement régulier d'ions Na^+ et Cl^- . Ces ions sont assimilables à des sphères.

J'évalue mes acquis



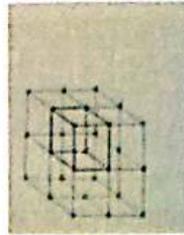
Décris la structure microscopique du chlorure de sodium solide de façon sommaire.

ACTIVITÉ 3 : EXPLIQUER LA NEUTRALITÉ ÉLECTRIQUE DU CRISTAL DE CHLORURE DE SODIUM

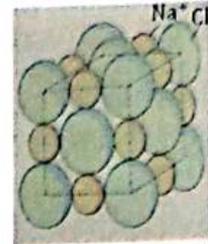
Observe les représentations de NaCl selon le modèle éclaté et le modèle compact.

- 1- Nomme le motif élémentaire dans le chlorure de sodium.

- 2- Dis comment est constitué chaque motif élémentaire.
- 3- Explique la neutralité électrique du cristal de chlorure de sodium.



Modèle éclaté d'une maille du cristal de NaCl



Modèle compact d'une maille du cristal de NaCl

Document 2 : La maille de chlorure de sodium

Je fais le point de l'activité

Le motif élémentaire du chlorure de sodium est appelé maille du chlorure de sodium. La maille du chlorure de sodium est telle que chaque ion Na^+ est entouré de six (6) ions Cl^- et chaque ion Cl^- est entouré de six (6) ions Na^+ ; il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- dans le réseau cristallin de chlorure de sodium. On dit alors que le chlorure de sodium solide est électriquement neutre.

J'évalue mes acquis



Le cristal de chlorure de sodium est électrique neutre. Il contient :

- a) plus d'ions Na^+ que d'ions Cl^- ;
- b) plus d'ions Cl^- que d'ions Na^+ ;
- c) autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- .

Recopie la lettre correspondant à la bonne réponse.

ACTIVITÉ 4 : EXPLIQUER LA COHÉSION DU CRISTAL DU CHLORURE DE SODIUM

Tu sais que des charges de même signe se repoussent tandis que celles de signes contraires s'attirent.

1- Donne les différents types d'interactions dans un cristal de NaCl entre:

- deux ions Cl^- ;
- deux ions Na^+ ;
- un ion Cl^- et un ion Na^+ .

2- Donne le type d'interactions qui favorise la cohésion du chlorure de sodium solide.

Je fais le point de l'activité

La cohésion du chlorure de sodium solide (édifice ionique) est assurée par des forces de nature électrostatique :

- attraction entre ions de signes contraires ;
- répulsion entre ions de même signe.

Les forces d'attraction étant prépondérantes, le cristal est très solide ; il faut fournir beaucoup d'énergie pour le disloquer.

J'évalue mes acquis



Le chlorure de sodium solide est rigide.

Cette rigidité est due à :

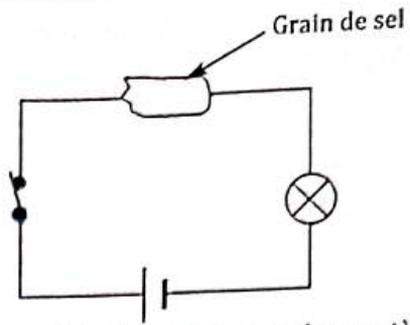
- a) des forces d'attraction électrostatiques ;
- b) des forces d'attraction électromagnétiques ;
- c) des forces d'attraction terrestres.

Recopie la bonne réponse.

ACTIVITÉ 5 : MONTRER LE CARACTÈRE ISOLANT DU CRISTAL

Réalise l'expérience ci-contre :

- 1- Indique ce que tu observes au niveau de la lampe.
- 2- Conclus.



Document 3 : Mise en évidence du caractère isolant du chlorure de sodium solide

Je fais le point de l'activité

Lorsque l'interrupteur est fermé, la lampe reste éteinte : le cristal de chlorure de sodium ne conduit pas le courant électrique ; c'est un isolant électrique.

J'évalue mes acquis



Le cristal de chlorure de sodium est un isolant électrique. Justifie cette affirmation.

ACTIVITÉ 6 : MONTRER LA STABILITÉ THERMIQUE DU CRISTAL

Tu verses quelques cristaux de chlorure de sodium dans un tube à essais. Tu chauffes le tube pendant quelques minutes.

- 1- Note ce que tu observes.
- 2- Conclus.



Je fais le point de l'activité

Les cristaux restent en leur état solide : le chlorure de sodium pur solide fond à une température très élevée. Cette température est $\theta_f = 801^\circ\text{C}$. On dit alors que le cristal de chlorure de sodium est thermiquement stable.

J'évalue mes acquis



Pour l'affirmation suivante, écris V si elle est vraie ou F si elle est fausse. Le chlorure de sodium peut être fondu à l'aide d'un labo gaz.

II- RÉSUMÉ DE COURS

- La structure cristalline du chlorure de sodium, à l'état solide, est une structure ordonnée constituée d'ions sodium Na^+ et d'ions chlorure Cl^- .
- Dans un cristal de chlorure de sodium, il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- : le cristal de chlorure de sodium est électriquement neutre. Sa formule statistique est NaCl .
- Le chlorure de sodium solide est un isolant électrique.
- La cohésion du chlorure de sodium solide (édifice ionique) est assurée par des forces de nature électrostatique.
- La température de fusion du chlorure de sodium solide est 801°C .

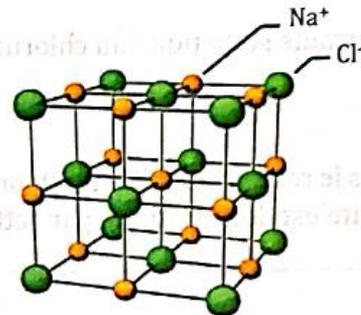
III- MÉTHODES

Description de la structure du chlorure de sodium ou sel de cuisine NaCl .

La structure du chlorure de sodium peut être décrite par le contenu de sa maille ; la maille étant la plus petite unité du cristal.

Une maille de chlorure de sodium est un cube qui contient :

- un ion chlorure à chacun des 8 sommets de la maille ;
- un ion chlorure au centre de chacune des 6 faces de la maille ;
- un ion sodium au centre de la maille ;
- un ion sodium au milieu des 12 arêtes de la maille.



Dénombrement des ions Na^+ et Cl^- appartenant en propre à une maille cubique :

Ions	Au sommet	Au centre d'une face	Au centre	Au milieu de l'arête	Total
Na^+	0	0	1	$12 \times \frac{1}{4} = 3$	4
Cl^-	$8 \times \frac{1}{8} = 1$	$6 \times \frac{1}{2} = 3$	0	0	4

IV- EXERCICES RÉSOLUS**Exercice 1**

Parmi les formules suivantes, récopie celle qui est la formule statistique du chlorure de sodium.

- a) $(\text{Na}^+, \text{Cl}^-)$ b) Na^+Cl^- c) NaCl

Exercice 2

Le cristal de chlorure de sodium a pour formule NaCl .

Dis si le chlorure de sodium est un composé moléculaire ou ionique.

Résolution de l'exercice 1

La formule statistique du chlorure de sodium est NaCl .

Commentaire :

Dans le réseau cristallin du chlorure de sodium, il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- . Cette égalité est donc traduite par cette formule statistique.

Résolution de l'exercice 2

Le chlorure de sodium est un composé ionique.

Commentaire :

Il n'existe que des ions dans le cristal de chlorure de sodium.

V- JE M'EXERCE

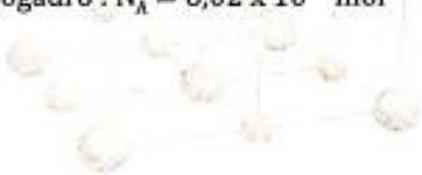
Exercices de fixation/ Application

- 1- Donne le nom et la formule des espèces chimiques présentes dans le cristal de chlorure de sodium.
- 2- Montre que le chlorure de sodium solide est électriquement neutre.
- 3- Écris, pour chacune des propositions suivantes, le numéro suivi de V si la proposition est vraie ou F si elle est fautive
 - 1- Le chlorure de sodium est un cristal ionique.
 - 2- Dans un cristal de chlorure de sodium, il y a autant d'atomes de sodium que d'atomes de chlore.
 - 3- Dans un cristal de chlorure de sodium, les ions chlorures et les ions sodium sont liés.
- 4- La liaison ionique dans le cristal de chlorure de sodium résulte du passage d'électrons des anions vers les cations.
- 5- Dans un cristal de chlorure de sodium, chaque ion sodium est entouré de six ions chlorures.
- 6- Un cristal de chlorure de sodium, de forme cubique, a une arête de longueur $\ell = 2 \text{ mm}$. Calcule son volume.

Exercice de renforcement/ Approfondissement

- 3- Récoltée dans les marais salants après évaporation de l'eau, la fleur de sel est du chlorure de sodium contenant des ions chlorures de formule Cl^- et des ions sodium de formule Na^+ . Dans une saignée, 24×10^{23} ions chlorures ont été dénombrés. Données :

Masse d'un ion chlorure : $m(\text{Cl}^-) = 6,2 \times 10^{-26} \text{ kg}$
 Masse d'un ion sodium : $m(\text{Na}^+) = 1,8 \times 10^{-26} \text{ kg}$
 Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- 1- Donne
 - 1.1- la formule du chlorure de sodium ;
 - 1.2- le nombre d'ions sodium.
- 2- Détermine pour cette saignée :
 - 2.1- la quantité de matière de chlorure de sodium présente ;
 - 2.2- la masse des ions chlorures présents ;
 - 2.3- la masse de chlorure de sodium présent.



1. Lors de la préparation du devoir de niveau de la seconde C de ton établissement, l'un des éléments de ton groupe de travail éprouve des difficultés à estimer la quantité de matière de chlorure de sodium contenu dans un récipient de forme cubique de volume V .

Il sollicite ton aide.

Données :

- $r_{\text{Na}^+} = 100 \text{ pm}$, $r_{\text{Cl}^-} = 180 \text{ pm}$, les rayons des ions sodium et chlorures ;
- $V = 2 \text{ mm}^3$; $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.
- L'observation de la structure des cristaux de chlorure de sodium à l'aide des dispositifs technologiques appropriés montre qu'ils sont constitués d'un empilement régulier d'ions Na^+ et Cl^- tangents.

1. Définis la maille d'un composé ionique.
2. Donne le nombre d'ions Na^+ et d'ions Cl^- appartenant en propre à la maille de chlorure de sodium.
3. Détermine le volume de la maille du chlorure de sodium.
4. Détermine la quantité de matière de chlorure de sodium dans le récipient de volume V .

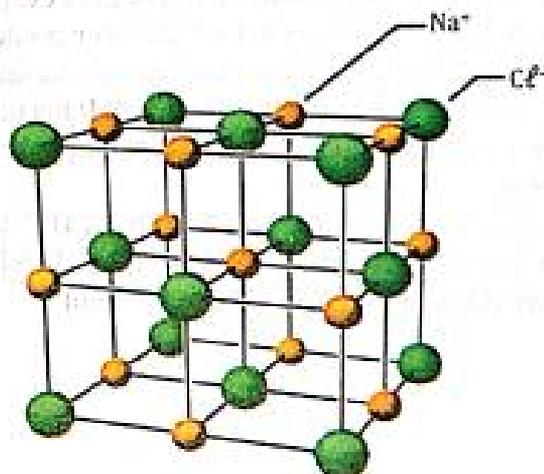
2. Tu es désigné (e) par ton professeur de Physique-Chimie pour participer au concours de crack initié par le conseil régional.

Lors de la phase éliminatoire, il vous est demandé de plancher sur le modèle éclaté de la maille cubique d'un cristal de chlorure de sodium représenté par la figure ci-dessous en vue de déterminer la masse volumique du chlorure de sodium.

Données :

- $a = 562 \text{ pm}$, l'arête d'une maille ;
- $N = 6,02 \cdot 10^{23}$;
- $M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

- 1- Dénombre à combien de mailles appartient en propre :
 - un ion chlorure occupant un sommet de la maille ;
 - un ion chlorure occupant le centre d'une face d'une maille ;
 - un ion sodium occupant le milieu d'une arête d'une maille ;
 - un ion sodium occupant le centre d'une maille.
- 2- Détermine le nombre d'ions Na^+ et d'ions Cl^- que l'on peut attribuer en propre à une maille cubique.
- 3- Détermine le nombre de mailles qu'il y a dans un cristal de chlorure de sodium de volume $V = 1 \text{ mm}^3$.
- 4- Détermine :
 - 4.1- le nombre de moles de chlorure de sodium présents dans $V = 1 \text{ mm}^3$ de chlorure de sodium.
 - 4.2- la masse volumique du chlorure de sodium en g/cm^3 .



VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

EXTRACTION DU SEL



Un récolteur de sel au lac Rose (Sénégal)

Il existe plusieurs façons de récupérer le chlorure de sodium :

- dans les pays où l'ensoleillement et les températures sont suffisants, le sel peut être extrait par évaporation grâce au système des marais salants. Une série de bassins peu profonds permet de favoriser l'évaporation de l'eau. Le sel est de plus en plus concentré au fur et à mesure du passage de l'eau de mer dans les bassins. Dans les derniers bassins, le sel sédimente et peut être récolté par raclage ;
- dans les pays froids, le système de congélation est utilisé. L'eau de mer est congelée et le sel sédimente dans la saumure de plus en plus concentrée. Lorsque la concentration est suffisante, le sel finit par précipiter ;
- pour l'halite, le sel est extrait comme un minerai dans une mine souterraine si la couche est suffisamment épaisse. Mais dans la plupart des cas, le sel est mélangé ou la couche est trop fine. Aussi, pour l'extraire, de l'eau est injectée et la solution de sel est pompée à la surface ;
- la cristallisation est aussi un moyen d'extraire le chlorure de sodium du liquide dans lequel il est contenu.

LES IONS EN SOLUTION AQUEUSE



LEÇON

8

SOLUTIONS AQUEUSES IONIQUES

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Interpréter	le phénomène de dissolution d'un composé ionique dans l'eau.
Définir	<ul style="list-style-type: none"> le solvant. le soluté. la solubilité. la concentration massique volumique. la concentration molaire volumique.
Écrire	l'équation-bilan de dissolution d'un composé ionique dans l'eau.
Déterminer	<ul style="list-style-type: none"> la concentration massique volumique. la concentration molaire volumique.
Montrer	l'électroneutralité d'une solution aqueuse ionique.
Écrire	<ul style="list-style-type: none"> les équations des réactions aux électrodes. l'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.
Exploiter	l'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Hydratation
- Solvatation
- Dislocation d'un cristal
- Concentration molaire volumique
- Concentration massique volumique
- Électroneutralité d'une solution aqueuse ionique
- Solubilité d'un composé

SITUATION D'APPRENTISSAGE

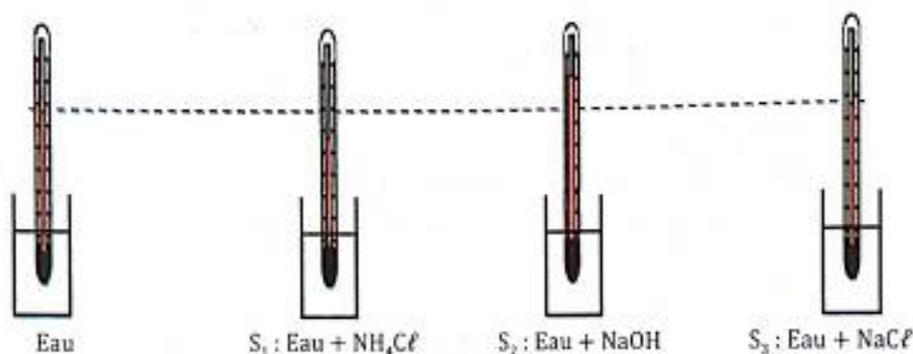
Un élève de 2^{de} C dans un lycée moderne lit l'étiquette d'une bouteille. Il a du mal à comprendre les chiffres notés en mg/l. En classe, il soumet sa préoccupation à ses camarades. Ensemble, avec le professeur de Physique-Chimie, ils envisagent de faire des recherches sur la dissolution d'un composé ionique dans l'eau et de définir les caractéristiques d'une solution aqueuse, puis de déterminer la concentration massique volumique et la concentration molaire volumique et enfin, d'étudier la réaction d'électrolyse.



I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : INTERPRÉTER LE PHÉNOMÈNE DE DISSOLUTION D'UN COMPOSÉ IONIQUE DANS L'EAU

- 1- Prépare trois solutions aqueuses ioniques S_1 , S_2 et S_3 :
 - tu obtiens S_1 en ajoutant du chlorure d'ammonium (solide) de formule statistique NH_4Cl dans de l'eau distillée ;
 - tu obtiens S_2 en ajoutant de l'hydroxyde de sodium (solide) de formule statistique $NaOH$ dans de l'eau distillée ;
 - tu obtiens S_3 en dissolvant du chlorure de sodium (solide) de formule statistique $NaCl$ dans de l'eau distillée.
- 2- Lors de la préparation de chacune de ces solutions, relève la température de l'eau avant l'ajout du solide, puis relève la température de la solution obtenue.
- 3- Note tes observations.
- 4- Interprète la dissolution de ces composés.
- 5- Indique le rôle du solvant.
- 6- Nomme le composé dissous.
- 7- Écris les équations de dissociation de ces composés ioniques.



Document 1: Température lors de la dissolution d'un composé ionique

Je fais le point de l'activité

Le chlorure d'ammonium, le chlorure de sodium et l'hydroxyde de sodium, pour une certaine quantité raisonnable utilisée, se dissolvent dans l'eau. Lors de la dissolution, la température :

- diminue pour la solution S_1 de chlorure d'ammonium ;
- reste constante pour la solution S_3 de chlorure de sodium ;
- augmente pour la solution S_2 d'hydroxyde de sodium.

La dissolution d'un composé ionique s'effectue en trois étapes :

- la dislocation des ions du composé en dissolution, sous l'effet de forces entre ceux-ci et les molécules d'eau ;
- la solvatation des ions disloqués, appelée hydratation dans le cas de l'eau : les molécules d'eau entourent ces ions ;
- la dispersion des ions entourés dans l'eau.

Le solvant a pour rôle de dissoudre le composé ionique à travers les trois étapes décrites ci-dessus. Ici, il s'agit de l'eau.

Le corps dissous est appelé le soluté.

Les équations de dissociation sont :



Aspect énergétique :

- la dislocation consomme de la chaleur pour vaincre les liaisons ioniques ; elle est donc endothermique ;
- la solvation, avec l'attraction entre les ions et les molécules d'eau, dégage de la chaleur ; elle est donc exothermique.
- Le bilan énergétique entre la dislocation et la solvation donne une énergie de dissolution soit endothermique, soit exothermique.

J'évalue mes acquis



- 1- Cite les différentes étapes de la dissolution du fluorure de potassium KF dans de l'eau.
- 2- Explique le dégagement de chaleur qui se produit lors de cette dissolution.

ACTIVITÉ 2 : DÉFINIR LES CARACTÉRISTIQUES DES SOLUTIONS AQUEUSES IONIQUES

Verse progressivement, en agitant au fur et à mesure, des cristaux de chlorure de sodium dans de l'eau distillée.

- 1- Dis ce que tu constates après avoir versé une quantité importante de chlorure de sodium dans l'eau distillée.
- 2- Définis la concentration molaire volumique et la concentration massique.
- 3- Définis la solubilité d'un composé chimique.

Je fais le point de l'activité

Lorsqu'on dissout un soluté dans un solvant, il existe une quantité de soluté au-delà de laquelle la dissolution n'est plus possible.

Avant d'atteindre cet état de fait, on peut calculer la quantité de matière du soluté dissous par litre de solution. Cette quantité est appelée concentration molaire volumique notée C , exprimée en mol.L^{-1} .

La concentration molaire volumique est donc la quantité de matière par unité de volume de solution.

On écrit $C = \frac{n}{V}$ pour la solution.

pour une espèce chimique X , elle est notée : $[X] = \frac{n_X}{V}$ (n en mol et V en L).

On peut aussi définir la concentration massique volumique C_m d'un soluté comme la masse m de ce soluté par unité de volume de solution. $C_m = \frac{m}{V}$. Elle s'exprime en g.L^{-1} .

On appelle solubilité d'un composé, sa quantité maximale que l'on peut dissoudre dans un litre d'eau. Elle dépend de la température. Elle s'exprime en mol.L^{-1} ou en g.L^{-1} .

J'évalue mes acquis



Tu dissous 15,1 g de chlorure de calcium solide dans 100 mL d'eau distillée.

On donne : $M_{Ca} = 40 \text{ g.mol}^{-1}$; $M_{Cl} = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

Détermine :

- 1- la quantité de matière de CaCl_2 dissous ;
- 2- la concentration molaire volumique de la solution ;
- 3- la concentration molaire volumique des ions Ca^{2+} et Cl^- présents dans la solution ;
- 4- la concentration massique du chlorure de calcium.

ACTIVITÉ 3 : MONTER L'ÉLECTRONEUTRALITÉ D'UNE SOLUTION AQUEUSE IONIQUE

Tu dissous des cristaux de chlorure de calcium dans de l'eau distillée.

- 1- Écris l'équation-bilan de la dissociation du chlorure de calcium.
- 2- Indique :
 - le nombre de charges positives ;
 - le nombre de charges négatives.
- 3- Compare les nombres de charges positives et de charges négatives.
- 4- Conclue.

Je fais le point de l'activité

L'équation de dissociation du chlorure de calcium est : $\text{CaCl}_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$
 Selon l'équation de dissociation, une entité du composé CaCl_2 donne 2 charges positives provenant d'un ion Ca^{2+} et 2 charges négatives provenant de deux ions Cl^- .
 Il existe donc autant de charges positives que de charges négatives dans la solution.

On dit qu'une solution aqueuse ionique est électriquement neutre.

J'évalue mes acquis

Dans 100 mL d'eau, tu dissous une masse $m = 15,1$ g de chlorure de calcium CaCl_2 .
 1- Calcule la concentration molaire volumique des ions Ca^{2+} et Cl^- .
 2- Déduis-en que la solution est électriquement neutre.

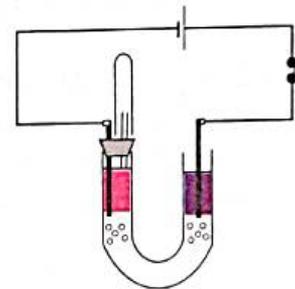
ACTIVITÉ 4 : ÉCRIRE L'ÉQUATION-BILAN DE LA RÉACTION DE L'ÉLECTROLYSE

Tu réalises l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium dans un tube en U. Dans le compartiment où se trouve l'anode, tu ajoutes un peu d'indigo (colorant organique) et dans le compartiment cathodique, tu ajoutes quelques gouttes de phénolphtaléine (incolore).

Tu places un tube à essais à la cathode (Document 2).

Tu fermes le circuit électrique.

- 1- Indique ce que tu observes au niveau des électrodes.
- 2- Interprète ces observations.
- 3- Écris l'équation des réactions qui ont lieu aux électrodes.
- 4- Écris l'équation-bilan de la réaction de l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium.



Document 2: schéma de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium

Je fais le point de l'activité**Observations :**

Lorsque le circuit est fermé, des bulles de gaz apparaissent sur les deux électrodes. La phénolphtaléine prend une teinte rose violacée au niveau de la cathode tandis que la teinte bleue de l'indigo disparaît progressivement au voisinage de l'anode.

Le gaz recueilli dans le tube à essais à la cathode brûle à l'approche d'une flamme en produisant une détonation.

Interprétations :

La coloration rose traduit l'apparition d'ions hydroxyde OH^- et la détonation à l'approche d'une flamme montre qu'il s'est formé du dihydrogène.

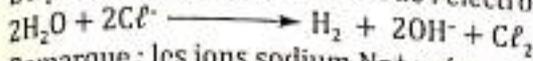
La décoloration de la couleur bleue de l'indigo traduit la présence de dichlore.

Conclusion :

Au cours de l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium, il se forme :

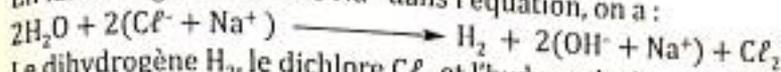
- du dihydrogène et des ions hydroxyde à la cathode : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$
- du dichlore à l'anode : $2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$

L'équation-bilan de la réaction de l'électrolyse de la solution de chlorure de sodium s'écrit :



Remarque : les ions sodium Na^+ présents dans la solution de chlorure de sodium ne réagissent pas : Na^+ est un ion spectateur.

En faisant figurer les ions Na^+ dans l'équation, on a :



Le dihydrogène H_2 , le dichlore Cl_2 et l'hydroxyde de sodium sont des produits importants dans l'industrie chimique.

J'évalue mes acquis

- 1- Décris l'expérience d'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium.
- 2- Donne les équations des réactions qui se produisent aux électrodes.

II- RÉSUMÉ DE COURS

- Une solution aqueuse ionique est obtenue en dissolvant des cristaux d'un composé ionique dans de l'eau : le composé ionique dissous est le soluté tandis que l'eau est appelée solvant.
- La solubilité d'un composé ionique dissous dans l'eau est la quantité maximale de matière de soluté dissous par unité de volume.
- La dissolution d'un composé ionique solide dans l'eau se fait en trois étapes :
 - la dislocation du réseau;
 - l'hydratation des ions présents;
 - la dispersion des ions hydratés.
- La concentration molaire volumique C d'un soluté est la quantité de matière n de ce soluté par unité de volume de solution. Elle s'exprime en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

$$C = \frac{n}{V} \quad (n \text{ en mol et } V \text{ en L}).$$

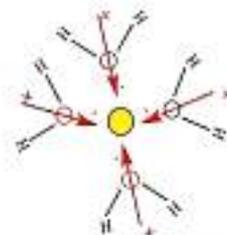
- La concentration massique volumique C_m d'un soluté est la masse m de ce soluté par unité de volume de solution. Elle s'exprime en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

$$C_m = \frac{m}{V} \quad (m \text{ en g et } V \text{ en L}).$$

- Une solution aqueuse ionique est électriquement neutre.
- L'équation-bilan de la réaction d'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium s'écrit : $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}^- \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^- + \text{Cl}_2$.

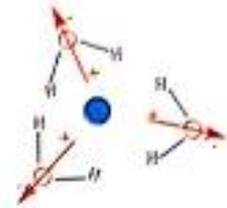
III- MÉTHODES**Hydratation des cations :**

Entre les cations et les molécules d'eau polaires, il y a une interaction électrostatique attractive. Les cations s'entourent de molécules d'eau, l'atome d'oxygène électronégatif étant face à un cation et les atomes d'hydrogène étant à l'opposé.



Hydratation des anions :

Entre les anions et les molécules d'eau polaires, il y a une interaction électrostatique attractive. Les cations s'entourent de molécules d'eau, mais les molécules d'eau sont retournées de telle sorte que les atomes d'hydrogène sont face à l'anion.

**Comment préparer une solution par dissolution d'un solide ionique ?**

Pour préparer un volume V de solution de concentration massique en soluté C_m (en $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), il faut prélever une masse $m = C_m \times V$.

Pour préparer un volume V de solution de concentration molaire C en soluté de masse molaire M (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$), il faut prélever une masse de soluté $m = C \cdot V \cdot M$.

III- EXERCICES RÉSOLUS**Exercice 1**

On dissout une masse $m_1 = 2 \text{ g}$ de chlorure de sodium et une masse $m_2 = 2 \text{ g}$ de chlorure de potassium dans de l'eau. La solution a un volume $V = 250 \text{ mL}$. On donne : $M_{\text{NaCl}} = 58,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M_{\text{KCl}} = 74,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- 1- Dresse la liste des ions présents dans la solution.
- 2- Détermine leurs concentrations molaires.

Exercice 2

On veut fabriquer une solution de sulfate de fer II de concentration molaire $C = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On donne : $M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Détermine la masse de sulfate de fer II hydraté ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) à dissoudre pour obtenir un litre de solution.

Résolution de l'exercice 1

- 1- La liste des ions présents dans la solution : Na^+ ; Cl^- ; K^+ .
- 2- Détermination des concentrations :

$$[\text{Na}^+] = \frac{n_1}{V} \text{ avec } n_1 = \frac{m_1}{M_{\text{NaCl}}}, \text{ d'où } [\text{Na}^+] = \frac{m_1}{M_{\text{NaCl}} \times V} \quad \text{AN : } [\text{Na}^+] = \frac{2}{58,5 \times 0,250} = 0,14 \text{ mol/L.}$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{n_1 + n_2}{V} \text{ avec } n_1 = \frac{m_1}{M_{\text{NaCl}}} \text{ et } n_2 = \frac{m_2}{M_{\text{KCl}}} \text{ d'où } [\text{Cl}^-] = \frac{\frac{m_1}{M_{\text{NaCl}}} + \frac{m_2}{M_{\text{KCl}}}}{V}.$$

$$\text{AN : } [\text{Cl}^-] = \frac{\frac{2}{58,5} + \frac{2}{74,5}}{0,250} = 0,24 \text{ mol/L.}$$

$$[\text{K}^+] = \frac{m_2}{M_{\text{KCl}} \times V} \quad \text{AN : } [\text{K}^+] = \frac{2}{74,5 \times 0,25} = 1,107 \text{ mol/L.}$$

Commentaire :

Savoir que les ions chlorures proviennent d'une part de NaCl et d'autre part de KCl d'où $[\text{Cl}^-] = \frac{n_1 + n_2}{V}$

Résolution de l'exercice 2

Masse de sulfate de fer II hydraté :

$$C = \frac{n}{V} \text{ avec } n = \frac{m}{M} ; \text{ d'où } m = C \cdot M \cdot V \quad \text{AN : } m = 0,1 \times 278 \times 1 = 27,8 \text{ g.}$$

Commentaire :

Se référer au cours.

IV- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

- 1**
- 1- Explique en quelques mots : « une solution aqueuse ionique est électriquement neutre ».
 - 2- Cite les trois étapes de la dissolution d'un composé ionique.
 - 3- Précise l'effet thermique des deux premières étapes.

2 La solubilité du diode I_2 dans l'eau vaut $0,34 \text{ g.L}^{-1}$ à 25°C .

Détermine la concentration molaire volumique du di-iodure I_2 dans une solution saturée de di-iodure.

- 3** Remplace les pointillés par les mots ou groupes de mots qui conviennent.

Le chlorure de sodium solide n'est pas un conducteur électrique. C'est un ... électrique. Cette propriété s'explique par le fait que les ..., dans le cristal ne sont pas libres de se déplacer.

Lorsqu'on dissout le chlorure de sodium dans

l'eau, le courant électrique peut circuler. Si des électrodes de graphite sont utilisées, du ... apparaît à la cathode, et il se dégage du ... à l'anode. C'est l'... du chlorure de sodium.

4 On mélange une solution de chlorure de sodium de concentration $C_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ et de volume $V_1 = 100 \text{ mL}$ avec une solution de sulfate de sodium de concentration $C_2 = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ et de volume $V_2 = 150 \text{ mL}$.

1- Fais l'inventaire des ions présents dans la solution.

2- Détermine leurs concentrations molaires volumiques.

5 Écris l'équation-bilan de la dissolution dans l'eau, des solides ioniques suivants :

- a) Li_2CO_3 ; b) $PbCl_2$;
c) $CaCO_3$; d) $Ba(NO_3)_2$;
e) $Fe_2(SO_4)_3$.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

6 On réalise l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium. Le générateur débite un courant continu d'intensité $I = 500 \text{ mA}$ pendant la durée $\Delta t = 2 \text{ min}$.

1- Calcule la quantité d'électricité q mise en jeu pendant cette électrolyse.

2- Dédus-en, en moles :

2.1- la quantité d'électrons reçus par l'anode (ou cédés par la cathode) pendant cette électrolyse ;

2.2- les quantités de gaz formés sur les électrodes.

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

7 Pour réaliser l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, on dispose d'une pile de $4,5 \text{ V}$, de fils de cuivre, d'un interrupteur et de l'électrolyseur contenant la solution.

1- Fais le schéma du montage.

2- Indique sur le schéma :

- les noms des électrodes ;
- les sens de déplacement des ions dans la solution ;
- le sens de déplacement des électrons dans les fils.

3- Écris :

3.1- les équations des réactions qui se produisent aux électrodes ;

3.2- l'équation-bilan de l'électrolyse.

8 Lors de l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, on recueille un volume V_1 à l'anode et un volume V_2 à la cathode.

1- Écris l'équation-bilan de l'électrolyse.

2- Compare les volumes V_1 et V_2 de ces gaz recueillis.

9 Sur l'étiquette d'une bouteille d'eau minérale se trouvent les indications relatives aux concentrations, en g.L^{-1} , des différents ions présents dans cette eau.

Cations		Anions	
Na^+	0,008	Cl^-	0,006
K^+	0,003	HCO_3^-	0,386
Ca^{2+}	0,451	SO_4^{2-}	1,058
Mg^{2+}	0,066	NO_3^-	0,001

1- Reprend l'étiquette de la bouteille en exprimant les concentrations en mol.L^{-1} .

2- Montre que le nombre de charges positives est égal au nombre de charges négatives.

Solutions aqueuses ioniques

10 On ajoute 2 g de sel de cuisine NaCl dans 100 mL de l'eau minérale de l'exercice précédent.

Détermine les concentrations molaires volumiques des ions Na^+ et des ions Cl^- dans cette solution.

Situations d'évaluation

11 Tu découvres dans une encyclopédie que le « sel de Mohr » est un corps cristallisé de formule $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ et de masse molaire M . Tu désires connaître les concentrations molaires volumiques des ions présents dans un volume V d'une solution aqueuse de sel de Mohr préparée à partir d'une masse m de sel de Mohr. On donne : $m = 0,784 \text{ g}$; $V = 100 \text{ mL}$; $M = 392 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

- 1- Écris l'équation-bilan de la dissolution de sel de Mohr dans l'eau.
- 2- Fais l'inventaire des ions présents dans la solution.
- 3- Détermine les concentrations molaires volumiques de ces ions.

12 Tu apprends dans un livre que pour soulager certains maux d'estomac, on dissout une masse m d'une cuillerée à café de « bicarbonate de sodium » (hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3) dans un volume V d'eau contenu dans un verre. Tu te proposes de déterminer la concentration molaire volumique des ions présents dans la solution préparée.

On donne : $m = 3 \text{ g}$ et $V = 120 \text{ mL}$

- 1- Écris l'équation de dissolution du bicarbonate de sodium dans l'eau.
- 2- Dresse la liste des ions présents dans la solution.
- 3- Détermine la concentration molaire volumique de la solution.
- 4- Déduis-en la concentration molaire volumique de chaque ion présent dans la solution.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

LE RELARGAGE

Le relargage est une technique qui consiste à séparer une substance en solution de son solvant en introduisant une autre substance plus soluble qui prend sa place. Le relargage peut être suivi d'une distillation.

Lorsqu'une substance est en solution, chaque molécule (ou ion) est entourée par des molécules de solvant qui l'empêchent de se grouper avec ses congénères et donc de reprendre sa forme « à l'air libre ».

Si on introduit dans une solution une substance plus facilement soluble que la première, celle-ci monopolise les molécules du solvant permettant à la première de se séparer du solvant. C'est à l'origine une technique de savonnerie qui consiste à ajouter du sel dans l'eau savonneuse pour faire précipiter le savon (qui est très peu voire pas du tout soluble dans l'eau salée).

Cette technique est aussi utilisée pour séparer l'ADN ou les protéines (en ajoutant du sulfate d'ammonium).

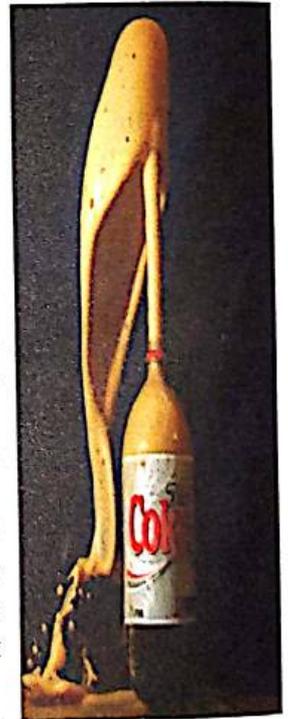
Expérience de la bouteille de Coca-Cola : Effet de geyser du mélange Mentos-boisson gazeuse. Cette expérience, qui a provoqué un engouement sur internet, consiste à introduire très rapidement du sucre (ou des Mentos) dans une bouteille de Coca-Cola ouverte : un jet de mousse pouvant atteindre un mètre de haut apparaît alors.

Il s'agit d'un phénomène de relargage entre le dioxyde de carbone CO_2 et le sucre, ce dernier prenant la place du premier.

L'effet geyser du mélange Mentos-boisson gazeuse est lié au dégazage brutal du dioxyde de carbone dissous dans la boisson gazeuse lors de l'immersion de la friandise.

Il a été popularisé initialement aux Etats-Unis sous le nom de Mentos eruption, Diet Coke eruption, ou autres variantes similaires

Cette réaction est connue d'un public assez large depuis 2006. Phénomène physico-chimique intrigant, elle est rapidement devenue un phénomène de pop culture.



LEÇON

9

TESTS D'IDENTIFICATION
DE QUELQUES IONS

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

HABILITÉS	CONTENUS
Identifier	<ul style="list-style-type: none"> • quelques cations : <ul style="list-style-type: none"> - Ion argent (Ag^+); - Ion baryum (Ba^{2+}); - Ion fer II (Fe^{2+}); - Ions fer III (Fe^{3+}); - Ion cuivre II (Cu^{2+}); - Ion zinc (Zn^{2+}); - Ion sodium (Na^+). • quelques anions : <ul style="list-style-type: none"> - Ion chlorure (Cl^-); - Ion sulfate (SO_4^{2-}); - Ion carbonate (CO_3^{2-}); - Ion phosphate (PO_4^{3-}).
Écrire	les différentes équations-bilans des réactions chimiques.
Exploiter	les équations-bilans des réactions chimiques.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Anion
- Equation-bilan
- Cation
- Solide gélatineux
- Précipité
- Précipité

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Au cours d'une journée dédiée à la science dans un lycée, au stand de SVT, un technicien de santé explique aux élèves de la 2^{de}C, le procédé du test de dépistage du diabète. Le lendemain en classe, ils en parlent à leur professeur de Physique-Chimie. Celui-ci leur apprend qu'en chimie, pour les solutions ioniques, il existe aussi des tests pour identifier les ions. Sous sa conduite, ils entreprennent ensemble d'identifier quelques cations et anions puis d'écrire les différentes équations-bilans afin de les exploiter.

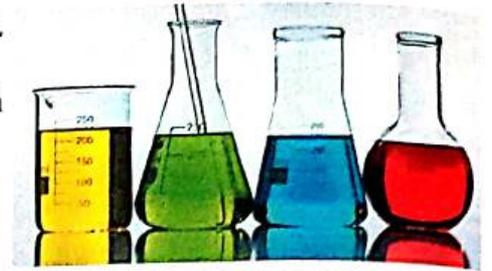


I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : IDENTIFIER QUELQUES IONS PAR LA COULEUR DES SOLUTIONS

Observe les solutions aqueuses ioniques ci-contre (document 1).

- 1- Compare les couleurs de ces solutions.
- 2- Nomme les espèces chimiques qui sont susceptibles d'être à l'origine de la couleur d'une solution aqueuse.
- 3- Conclue.



Document 1 : Solutions aqueuses

Je fais le point de l'activité

- 1- Les solutions ont des couleurs différentes.
- 2- Les espèces chimiques qui peuvent être à l'origine de la couleur d'une solution aqueuse sont les ions.

Ions en solutions	Couleur de la solution
Ions cuivre (II) : Cu^{2+}	Bleue
Ions fer (II) : Fe^{2+}	Vert-pâle
Ions permanganate : MnO_4^-	Violette
Ions dichromate : $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Orange

- 3- La couleur de certaines solutions donne une présomption de la présence d'un type d'ions précis. Par contre, certains ions rendent les solutions incolores (Zn^{2+} ; Al^{3+} ; Cl^- ; NO_3^- ; SO_4^{2-} ...). Il n'est donc pas possible de détecter leur présence en solution par la couleur. Seuls des tests d'identification de ces ions peuvent confirmer leur présence. En effet, des solutions de la même couleur ne contiennent pas forcément les mêmes types d'ions; la coloration d'une solution ne lui est pas spécifique: la solution de permanganate de potassium et le jus de « bissap » sont deux solutions différentes mais quasiment de la même couleur.

J'évalue mes acquis

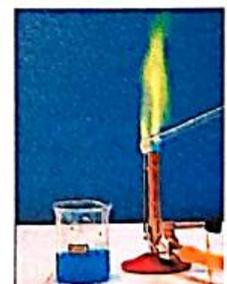


Tu mélanges les solutions orange, bleue et verte du document 1. Donne les noms et les formules des trois cations présents éventuellement dans ce mélange.

ACTIVITÉ 2 : IDENTIFIER DES IONS PAR LE TEST A LA FLAMME.

Tu disposes d'un bécher contenant une solution bleue de sulfate de cuivre II, d'une tige en verre et d'un brûleur à gaz (document 2). Tu trempe la tige dans la solution puis tu la mets dans la flamme du brûleur à gaz.

- 1- Rappelle la couleur normale de la flamme du brûleur à gaz.
- 2- Dis ce que tu observes lorsque la tige est placée dans la flamme.
- 3- Donne le nom de l'ion responsable de la coloration de la flamme du brûleur.
- 4- Quelle conclusion peux-tu en tirer ?



Document 2 : Test d'ion cuivre II à la flamme

Je fais le point de l'activité

- 1- La couleur normale de la flamme du brûleur à gaz est bleue.
- 2- On observe une coloration verte de la flamme du brûleur au contact de la tige en verre trempée dans la solution bleue de sulfate de cuivre.
- 3- L'ion responsable de cette coloration est l'ion cuivre II.
- 4- L'ion cuivre II colore la flamme bleue d'un brûleur à gaz en vert.

Certains ions portés dans une flamme la transforment en une couleur caractéristique.

Ions	Couleur de la flamme
Ions cuivre (II) : Cu^{2+}	Verte
Ion calcium: Ca^{2+}	Rouge-orangé
Ion sodium : Na^+	Jaune

J'évalue mes acquis



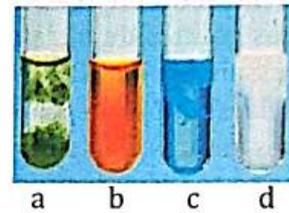
Donne la coloration de la flamme d'un labo-gaz si on y ajoute quelques gouttes d'une solution contenant des ions sodium.

ACTIVITÉ 3 : IDENTIFIER LES IONS PAR LES TESTS DE PRÉCIPITATION

Tu disposes de quatre tubes à essais a, b, c et d contenant respectivement une solution de sulfate de fer II, une solution de chlorure de fer III, une solution de sulfate de cuivre II et une solution de sulfate de zinc (document 3).

Dans chaque tube à essais, tu ajoutes quelques gouttes d'hydroxyde de sodium ou soude ($\text{Na}^+ ; \text{OH}^-$).

- 1- Indique tes observations.
- 2- Conclue.
- 3- Écris dans chaque cas l'équation-bilan traduisant la réaction chimique qui a eu lieu.



Document 3 : Identification d'ions par précipité

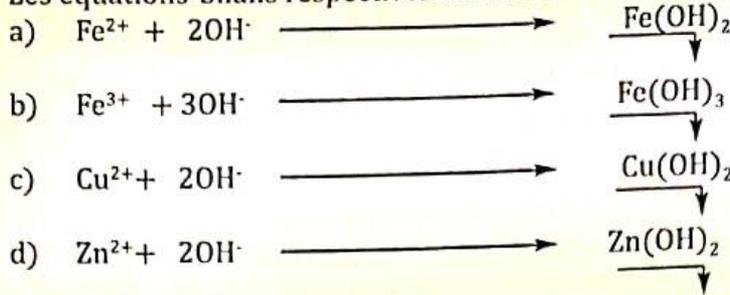
Je fais le point de l'activité

Dans les tubes à essais a, b, c et d, il y a formation d'un solide gélatineux appelé précipité, de couleur verte dans le tube a, de couleur rouille dans le tube b, de couleur bleue dans le tube c et de couleur blanche dans le tube d.

La solution de soude permet de caractériser les ions fer II, fer III, cuivre II et zinc. Ces cations métalliques ont donc un réactif commun qui est l'ion hydroxyde (OH^-).

Ion testé	Réactif	Couleur et nom du précipité obtenu	Formule du précipité
Fe^{2+}	OH^-	Précipité vert d'hydroxyde de fer II	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
Fe^{3+}	OH^-	Précipité rouille d'hydroxyde de fer III	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
Cu^{2+}	OH^-	Précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
Zn^{2+}	OH^-	Précipité blanc d'hydroxyde de zinc	$\text{Zn}(\text{OH})_2$

3- Les équations-bilans respectives de ces réactions sont :



J'évalue mes acquis



Reproduis les diagrammes ci-dessous et relie chaque ion à la couleur du précipité qu'il donne en solution avec les ions hydroxyde.

- Zn²⁺ •
- Fe³⁺ •
- Fe²⁺ •
- Cu²⁺ •

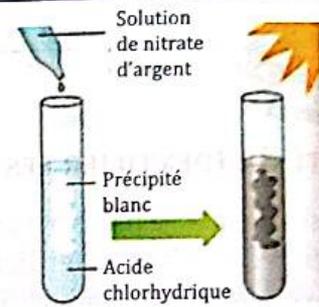
- vert
- bleu
- rouille
- blanc
- orange

ACTIVITÉ 4 : TESTER L'ANION (Cl⁻) ET LE CATION (Ba²⁺)

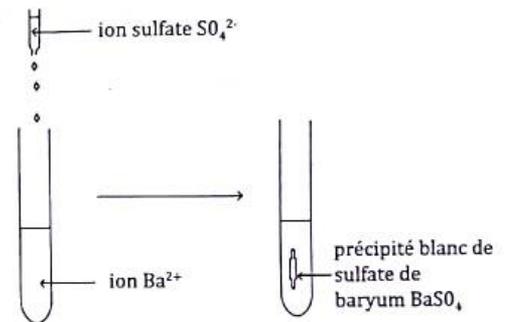
Tu disposes de deux tubes à essais contenant l'un, une solution d'acide chlorhydrique (document 4 a), et l'autre, une solution de chlorure de baryum (document 4 b).

- Dans la solution d'acide chlorhydrique, tu verses quelques gouttes de nitrate d'argent puis tu exposes le tube à essais à la lumière.
- Dans la solution de chlorure de baryum, tu verses quelques gouttes d'acide sulfurique.

- 1- Donne tes observations concernant chaque tube à essais.
- 2- Conclus.
- 3- Écris les équations-bilans des réactions qui ont lieu au cours de chacun de ces tests.



Document 4 a : Test de l'ion chlorure Cl⁻



Document 4 b : Test de l'ion baryum Ba²⁺

Je fais le point de l'activité

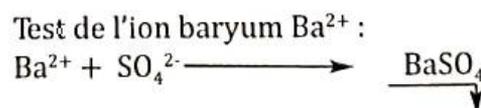
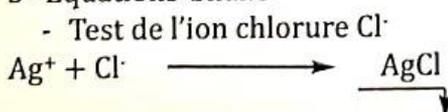
1- L'ion argent contenu dans la solution de nitrate d'argent réagit avec l'ion chlorure contenu dans la solution d'acide chlorhydrique pour former un précipité blanc de chlorure d'argent (AgCl) qui noircit à la lumière.

Remarque : ce test permet aussi d'identifier l'ion argent Ag⁺.

2- L'ion sulfate SO₄²⁻ réagit avec l'ion baryum Ba²⁺ pour former un précipité blanc de sulfate de baryum.

Remarque : ce test permet aussi d'identifier l'ion sulfate SO₄²⁻.

3- Equations-bilans



J'évalue mes acquis



Propose un test à réaliser pour identifier :

- 1- l'ion argent Ag^+ ;
- 2- l'ion sulfate SO_4^{2-} .

ACTIVITÉ 5 : IDENTIFIER QUELQUES ANIONS

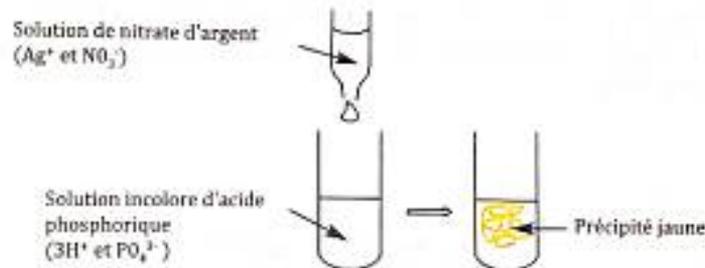
Tu sais identifier déjà deux anions : l'ion chlorure Cl^- et l'ion sulfate SO_4^{2-} . Tu vas maintenant apprendre à tester d'autres anions.

- 1- Verse quelques gouttes de nitrate d'argent dans une solution contenant des ions phosphate (PO_4^{3-}).
 - Schématise cette expérience et indique tes observations.
 - Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.
- 2- Verse de l'acide chlorhydrique dans un tube à essais contenant du carbonate de sodium. Bouche-le. Mets-y un tube coudé qui permet de conduire le gaz dégagé dans de l'eau de chaux initialement limpide.
 - Schématise cette expérience et indique tes observations.
 - Interprète tes observations.
 - Écris l'équation-bilan de la réaction.

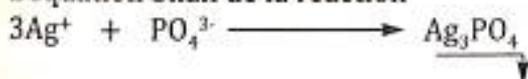
Je fais le point de l'activité

1-

L'ajout de quelques gouttes de nitrate d'argent sur les ions phosphate conduit à la formation d'un précipité jaune de phosphate d'argent Ag_3PO_4 (voir schéma).



L'équation bilan de la réaction



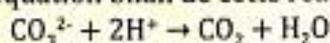
Remarque: les ions qui ne participent pas à la formation du précipité sont appelés ions spectateurs.

2-



L'ajout de quelques gouttes d'acide chlorhydrique dans une solution de carbonate de calcium, conduit à un dégagement gazeux. Ce gaz trouble l'eau de chaux : c'est le dioxyde de carbone CO_2 provenant des ions carbonate CO_3^{2-} .

L'équation bilan de cette réaction est :



Tableaux récapitulatif de l'identification des ions

- Les cations

Ions testés	Réactifs	Observations	Formules des précipités
Ag^+	Cl^-	Précipité blanc qui noircit à la lumière	AgCl
Ba^{2+}	SO_4^{2-}	Précipité blanc	BaSO_4
Fe^{2+}	OH^-	Précipité vert d'hydroxyde de fer II, soluble dans un excès de soude	$\text{Fe}(\text{OH})_2$
Fe^{3+}	OH^-	Précipité rouille d'hydroxyde de fer III, insoluble dans un excès de soude	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
Cu^{2+}	OH^-	Précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II, insoluble dans un excès de soude	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
Zn^{2+}	OH^-	Précipité blanc d'hydroxyde de zinc, soluble dans un excès de soude	$\text{Zn}(\text{OH})_2$

Les anions

Ions testés	Réactifs	Observations	Noms et formules des corps obtenus
Cl^-	Ag^+	Précipité blanc qui noircit à la lumière	Chlorure d'argent AgCl
SO_4^{2-}	Ba^{2+}	Précipité blanc	Sulfate de baryum BaSO_4
CO_3^{2-}	H_3O^+	Trouble de l'eau de chaux	Dioxyde de carbone CO_2
PO_4^{3-}	Ag^+	Précipité jaune	Phosphate d'argent Ag_3PO_4

Remarque : l'ion nitrate (NO_3^-) est testé par l'ion hydronium (H_3O^+). On obtient du monoxyde d'azote (NO) qui au contact de l'air se transforme en dioxyde d'azote visible sous forme de vapeurs rousses (NO_2).

J'évalue mes acquis



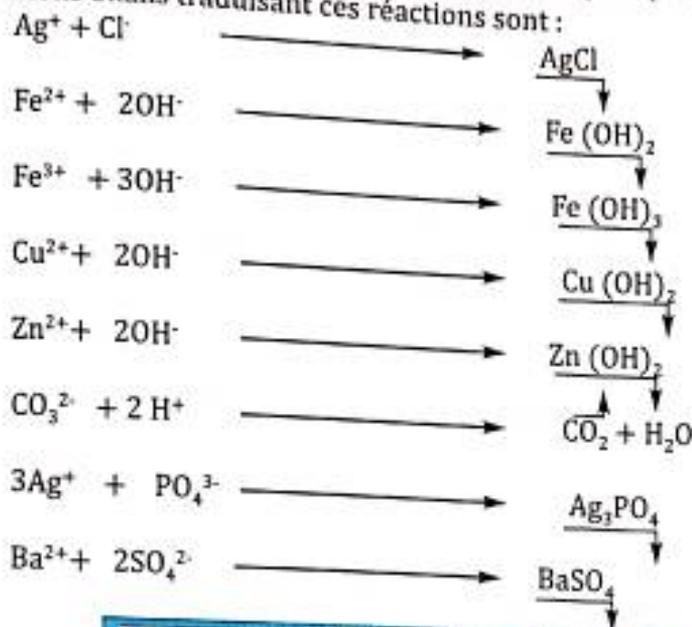
Propose un test à réaliser pour identifier :

- 1- l'ion carbonate CO_3^{2-} ;
- 2- l'ion phosphate PO_4^{3-} .

II- RÉSUMÉ DE COURS

- Pour prouver la présence d'un ion dans une solution, on procède par des tests d'identification. Les différents tests d'identification des ions sont :
 - le test à la flamme ;
 - le test de précipitation ;
 - le dégagement gazeux.
- Tests d'identification de quelques ions
 - L'ion sodium Na^+ donne une flamme jaune.
 - L'ion Ag^+ réagit avec l'ion Cl^- pour donner un précipité blanc qui noircit à la lumière.
 - L'ion baryum Ba^{2+} réagit avec l'ion SO_4^{2-} pour donner un précipité blanc.
 - L'ion fer II (Fe^{2+}) réagit avec l'ion hydroxyde (OH^-) pour former un précipité vert.

- L'ion fer III (Fe^{3+}) réagit avec l'ion hydroxyde (OH^-) pour former un précipité rouille.
- L'ion cuivre II (Cu^{2+}) réagit avec l'ion hydroxyde (OH^-) pour former un précipité bleu.
- L'ion zinc (Zn^{2+}) réagit avec l'ion hydroxyde (OH^-) pour former un précipité blanc.
- L'ajout d'une solution d'acide chlorhydrique sur l'ion carbonate conduit à la formation du dioxyde de carbone qui trouble l'eau de chaux.
- L'ion phosphate réagit avec l'ion Ag^+ pour donner un précipité jaune.
- Les équations bilans traduisant ces réactions sont :



III- MÉTHODES

- Un cation réagit toujours avec un anion et vice versa.
- Pas de réaction entre cation et cation et entre anion et anion.
- Les ions spectateurs ne participent pas à la précipitation.
- Les ions qui précipitent sont ceux qui sont incompatibles en solution. Lorsqu'ils sont en solution, ils s'associent pour former le solide ionique et précipitent.

Exemples: Les ions Ag^+ et Cl^- sont incompatibles en solution. Ils précipitent pour donner le solide ionique $AgCl$.

Les ions Cu^{2+} et OH^- sont incompatibles en solution. Ils précipitent pour donner le solide ionique $Cu(OH)_2$.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Donne les trois types de test d'identification des ions.

Exercice 2

- 1- Donne les formules des ions suivants :
ion cuivre II, ion sodium et ion calcium.
- 2- Indique la couleur que chacun de ces ions donne à la flamme d'un labogaz.

Exercice 3

On donne les formules d'ions suivantes: PO_4^{3-} , Cl^- , H^+ , Zn^{2+} , SO_4^{2-} , OH^- .

- 1- Cite ceux qui peuvent précipiter avec l'ion argent Ag^+ .
- 2- Donne la couleur et le nom du précipité obtenu dans chaque cas.
- 3- Indique le précipité qui noircit à la lumière.

Résolution de l'exercice 1

- 1- Les trois types de test d'identification des ions sont :
- le test à la flamme ;
 - le test de précipitation ;
 - le dégagement gazeux.

Commentaire :

Connaître le réactif de chaque ion à identifier.

Résolution de l'exercice 2

- 1- Ion cuivre II : Cu^{2+} ; ion calcium : Ca^{2+} ; Ion sodium : Na^+
 2- Ion cuivre II : coloration verte ; ion calcium : coloration rouge-orangé ; ion sodium : coloration jaune.

Commentaire :

- Ces ions sont des cations.
- Ne pas confondre la couleur bleue que l'ion Cu^{2+} donne en solution et la coloration verte de la flamme.

Résolution de l'exercice 3

- 1- Ceux qui peuvent précipiter avec l'ion argent sont : PO_4^{3-} , Cl^- , SO_4^{2-}
 2- Il y a le précipité jaune de phosphate d'argent ; le précipité blanc de chlorure d'argent et le précipité blanc de sulfate d'argent.
 3- Le précipité qui noircit à la lumière est le chlorure d'argent.

Commentaire :

Les cations ne peuvent pas réagir avec l'ion argent et l'ion OH^- ne forme pas de précipité avec cet ion.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

1 Reproduis les diagrammes A et B puis relie par un trait chaque ion à la couleur qu'il donne en solution.

A

Ion fer III	•
Ion zinc	•
Ion cuivre II	•
Ion fer II	•

A

• Blanc
• Bleu
• Vert
• Rouille

2 On donne une liste de précipités : chlorure d'argent ; hydroxyde de fer III, hydroxyde de fer II, phosphate d'argent, sulfate d'argent.

- 1- Écris la formule de chaque précipité.
 2- Donne la couleur de chacun de ces précipités.

3 Pour chacune des propositions ci-dessous :

- 1- dans une solution incolore il y a des ions permanganate ;
- 2- l'ion phosphate réagit avec l'ion argent pour donner un précipité jaune ;
- 3- la réaction entre l'ion carbonate et l'ion hydrogène produit du gaz carbonique ;
- 4- l'ion argent précipite avec l'ion chlorure pour donner un précipité incolore, relève le numéro suivi de la lettre V si elle est vraie ou de la lettre F si elle est fautive.

1 Tu disposes des ions suivants : PO_4^{3-} , Cl^- , H^+ , Zn^{2+} , SO_4^{2-} , OH^- , CO_3^{2-} , Zn^{2+} , Fe^{3+} .

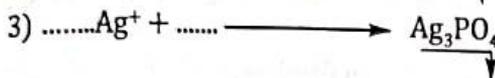
Indique :

- 1- le réactif des ions métalliques ;
- 2- les réactifs de l'ion argent ;

- 3- les deux ions qui réagissant entre eux et dégagent du dioxyde de carbone ;
- 4- l'ion qui réagit avec l'ion argent pour donner un précipité jaune.

Exercices de renforcement / Approfondissement

5 Complète les équations-bilans de précipitation ci-dessous :



6 Tu prélèves deux échantillons d'une solution ionique A contenant un seul cation principal dans deux tubes à essais numérotés I et II.

- Dans le tube I, tu ajoutes quelques gouttes d'une solution de chlorure de sodium et tu obtiens un précipité blanc qui noircit à la lumière.
- Dans le tube II, tu verses quelques gouttes de phosphate de sodium et tu obtiens un précipité jaune.

- 1- Nomme chacun des précipités obtenus.
- 2- Indique le nom du cation contenu dans la solution A.
- 3- Écris les équations-bilans de la formation de ces précipités.

7 Un flacon sans étiquette contient une solution S de couleur bleue qui ne renferme qu'un seul type de cation et d'anion. Afin de rétablir l'étiquette abîmée, deux expériences ont été réalisées :

- dans un échantillon prélevé, on ajoute de la soude et on obtient un précipité bleu ;
- dans un autre échantillon on ajoute des gouttes de nitrate d'argent et on obtient un précipité blanc qui ne noircit pas à la lumière.

- 1- Donne le nom de chaque précipité formé.
- 2- Identifie les deux ions à inscrire sur la nouvelle étiquette.
- 3- Nomme la solution S.

8 Tu disposes d'une solution S de chlorure de fer II. Tu ajoutes dans un échantillon A de cette solution, du nitrate d'argent puis dans un autre échantillon B, de la soude.

- 1- Donne la couleur de la solution S.
- 2- Indique l'ion responsable de cette coloration.
- 3- Donne les observations faites dans A et B.
- 4- Écris l'équation-bilan conduisant au produit de la réaction de l'échantillon A avec le nitrate d'argent.

Situation d'évaluation

CHIMIE

9. Au laboratoire de Physique-Chimie, votre professeur met à la disposition de ton groupe de travail une solution ionique S d'étiquette inconnue. Afin de déterminer le nom de S, il vous propose de réaliser deux tests pour identifier les deux types d'ions supposés présents dans cette solution.

Tu es désigné(e) pour la réalisation des tests puis de la rédaction du rapport.

- Dans un échantillon A de la solution S, tu verses quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent et vous observez un précipité blanc qui noircit à la lumière.
- Dans un autre échantillon B de la solution S, tu ajoutes quelques gouttes d'une solution de carbonate de calcium et il s'en suit un dégagement gazeux qui trouble l'eau de chaux.

1- Nomme :

- 1.1- l'ion identifié dans l'échantillon A ;
- 1.2- le gaz qui se dégage.

2- Écris l'équation bilan de la réaction :

- 2.1- qui a lieu dans l'échantillon A ;
- 2.2- qui a lieu dans l'échantillon B.

3- Indique le nom de l'ion identifié.

4- Déduis de ces deux tests le nom de la solution S.

10. Afin de vérifier vos acquis, votre professeur de Physique-Chimie met à la disposition de ton groupe de travail des réactifs et quatre flacons A, B, C et D sans étiquette. Il vous indique cependant que ces flacons contiennent pêle-mêle du sulfate de zinc, du sulfate de sodium ; du chlorure de sodium et du chlorure de fer II.

Il vous instruit d'identifier l'une des solutions incolores prise au hasard.

Pour cela, vous effectuez deux tests :

- l'ajout de quelques gouttes d'une solution de chlorure de baryum conduit à un précipité blanc ;
- l'ajout de quelques gouttes d'une solution de soude ne produit aucun précipité.

1- Complète le tableau.

Solutions	Nom et formule des cations en solution	Nom et formule des anions en solution
Sulfate de Zinc		
Sulfate de sodium		
Chlorure de sodium		
Chlorure de fer II		

2- Explique le test négatif à la soude.

3- Écris l'équation-bilan de la formation du précipité.

4- Nomme la solution étudiée.

11. Un groupe d'élèves de 2^{de} C prépare un devoir de niveau. Pour réussir l'exercice sur l'identification des ions, il se propose de résoudre l'exercice suivant. Dans une solution de phosphate de fer II de concentration molaire c_1 , on verse un volume v_2 de nitrate d'argent de concentration molaire c_2 . Il se forme un précipité. Ce précipité est ensuite lavé et séché.

Données : $c_1 = 0,5 \text{ mol/L}$; $v_1 = 500 \text{ mL}$;
 $c_2 = 0,5 \text{ mol/L}$; $v_2 = 40 \text{ mL}$.

Tu rapportes le corrigé.

1- Donne la couleur et le nom du précipité.

2- Écris l'équation-bilan de la précipitation.

3- Détermine :

- 3.1- le réactif limitant de la réaction ;
- 3.2- la masse du précipité formé.

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

QUEL EST L'IMPACT DES IONS NÉGATIFS DANS NOTRE ORGANISME ?

Tous les éléments naturels ont une valeur électrique. Nos cellules sont elles aussi soumises à cette règle avec des charges positives à l'extérieur et des charges négatives à l'intérieur. Une des explications de l'impact des ions négatifs serait l'effet facilitateur de transport transmembranaire au niveau de cellules qui permettrait de restaurer certaines fonctions perturbées.

D'une manière plus proche de nous, les ions négatifs, qui sont pour la plupart des ions oxygène, se retrouvent en montagne, au niveau des plantes et forêts, au pied des chutes d'eau c'est-à-dire dans des endroits de profond bien-être.

A contrario, les ions positifs, qui auraient un impact négatif, se retrouvent dans les pollutions atmosphériques, dans les salles climatisées, dans le brouillard ou lors d'un changement de temps.

Ainsi, la qualité de l'air que nous respirons, jusqu'à un volume de 12 000 litres soit près de 15 kg / jour, est un élément important de notre santé et bien-être au-delà des problèmes d'allergie et d'asthme.

Nous avons conscience de mieux respirer et d'un mieux-être à la campagne, à la montagne, au bord de la mer ou près d'une source ou d'une cascade sans pour autant savoir que l'air y est particulièrement riche en ions négatifs.

L'ionisation aurait un impact de stabilisation métabolique ou de bio-stimulation de notre organisme c'est-à-dire que l'ionisation agirait en prévention de perturbation de certaines fonctions de notre organisme.

La dégradation de la qualité de notre air et les pics de pollution ne nous rendent pas tous malades. La baisse des ions négatifs n'aurait donc pas un impact directement délétère car notre organisme est capable de s'adapter.

Par contre, chez certains d'entre nous qui ont un organisme fragile ou qui sont plus sensibles, les ions négatifs ou le bon équilibre ionique de notre air permettrait de se défendre, d'avoir une action préventive en stimulant et optimisant notre métabolisme.

On parle de bio-stimulation car on se contente de stimuler, de maintenir ou restaurer un équilibre, de relancer des fonctions de l'organisme pour qu'elles réagissent de nouveau au mieux. On peut appeler ces techniques de bio-stimulation « médecines douces » ou « médecines alternatives ».

Entre les individus, on retrouve une grande variabilité de perception et de réceptivité à ces phénomènes.

Le Dr Hervé Robert, dans son remarquable livre « Ionisation Santé-Vitalité : Les bienfaits des ions négatifs » paru en 2008, a reporté un grand nombre de résultats positifs sur la santé : amélioration de notre tonus, baisse de la fatigue, amélioration de notre humeur, diminution des infections et impacts sur nos fonctions cardiovasculaires et respiratoires. Néanmoins, peu d'études ont été réalisées en France où depuis longtemps, la médecine curative l'emporte sur la médecine préventive.

Quel est l'impact de ces ions négatifs sur le sommeil ?

L'action des ions négatifs sur le sommeil se ferait grâce à la baisse de la concentration de la sérotonine au niveau du cerveau et du sang. La sérotonine est un neuromédiateur essentiel pour la régulation de l'humeur et de notre balance veille-sommeil. Sa régulation permet d'améliorer notre humeur et notre endormissement.

De plus, les ions négatifs en favorisant le calme et la relaxation, permettent une bonne préparation au sommeil.

De manière expérimentale, comme le rapporte le Dr Hervé Robert, au bout de 30 minutes de fonctionnement, un ioniseur diminue la fréquence et l'amplitude des ondes alpha qui sont les ondes précédant l'endormissement ; l'ionisation permettrait donc de mieux rentrer dans le sommeil.

TEST D'IDENTIFICATION DE QUELQUES IONS

Après avoir étudié les réactions de précipitation, nous allons voir comment on peut identifier les ions d'un mélange.

On commence par séparer les ions en groupes. On ajoute de l'acide nitrique à la solution à tester. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

On ajoute de l'acide nitrique en excès. On chauffe et on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité est composé de chlorure d'argent, de chlorure de mercure (II) et de chlorure de plomb (II).

LEÇON

10

SOLUTIONS ACIDES ET
BASQUES. MESURES DE
pH

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

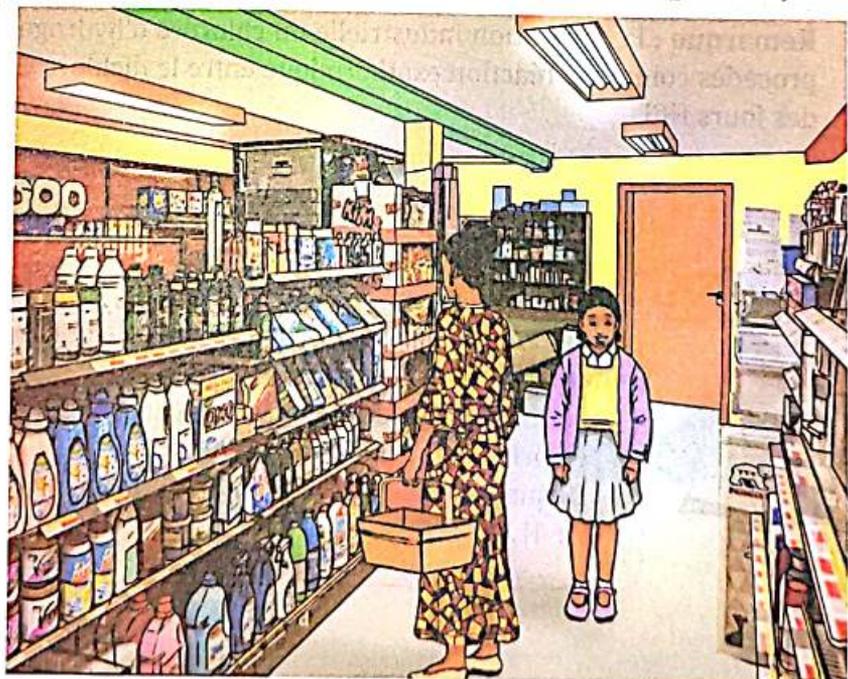
HABILITÉS	CONTENUS
Écrire	l'équation-bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau.
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> les propriétés d'une solution acide : cas de l'acide chlorhydrique. les propriétés de l'ion hydronium.
Connaître	la relation entre la concentration en ion hydronium et le pH d'une solution aqueuse.
Déterminer	la concentration molaire volumique des ions présents dans une solution acide.
Écrire	l'équation de dissociation de NaOH dans l'eau.
Connaître	<ul style="list-style-type: none"> les propriétés d'une solution basique : cas de la soude. les propriétés de l'ion hydroxyde.
Déterminer	la concentration molaire volumique des ions présents dans une solution basique.
Déterminer	le pH d'une solution aqueuse.
Connaître	les domaines de pH des solutions acides et basiques.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Acide
- Base
- pH
- Ion hydronium
- Ion hydroxyde
- Chlorure d'hydrogène
- Soude
- Indicateur coloré

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Une élève de 2^{de} C d'un Lycée accompagne sa mère au supermarché de la ville. Au rayon des produits détergents, la mère choisit deux articles estampillés acide (pH = 4) sur l'un et basique (pH = 10) sur l'autre. L'employé de ce rayon leur donne des précautions à prendre pour leur manipulation. Pour approfondir les informations reçues de l'employé, elle en parle le lendemain à ses camarades de classe. Ensemble, sous la conduite de leur professeur de Physique-Chimie, ils cherchent à connaître les propriétés d'une solution acide et d'une solution basique puis à déterminer le pH d'une solution aqueuse.



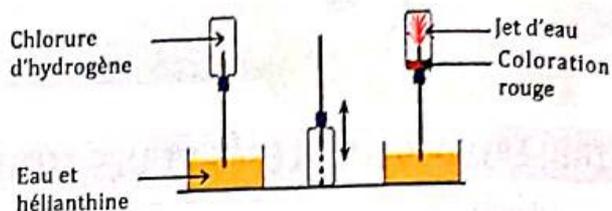
I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : RÉALISER LA DISSOLUTION DU CHLORURE D'HYDROGÈNE DANS L'EAU

Réalise l'expérience représentée par le document 1 en utilisant :

- un cristallisoir contenant de l'eau et de l'hélianthine.
- un flacon contenant du chlorure d'hydrogène gazeux, muni d'une pipette et d'un bouchon.

- 1- Retourne sur le cristallisoir, le flacon contenant le chlorure d'hydrogène avec le bouchon et la pipette.
- 2- Retire le flacon, secoue-le pour amorcer l'aspiration d'eau puis remets-le sur le cristallisoir.
- 3- Donne tes observations.
- 4- Interprète le jet d'eau dans le flacon.
- 5- Pourquoi l'hélianthine prend-elle la coloration rouge?
- 6- Écris l'équation-bilan de la réaction qui a lieu.



Document 1 : Dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau

Je fais le point de l'activité

Le chlorure d'hydrogène est un corps gazeux dont la molécule a pour formule HCl. C'est un gaz incolore, toxique et hautement corrosif.

Le chlorure d'hydrogène se dissout facilement dans l'eau. Ce qui provoque le jet d'eau dans le flacon. La réaction est exothermique.

La dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau donne une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène ou solution d'acide chlorhydrique qui fait virer l'hélianthine du jaune à la couleur rouge, caractéristique du milieu acide.

L'équation-bilan de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est :



L'ion H_3O^+ appelé ion hydronium est caractéristique de l'acidité d'une solution acide.

Remarque : la fabrication industrielle du chlorure d'hydrogène se fait aussi par d'autres procédés comme la réaction exothermique entre le dichlore Cl_2 et le dihydrogène H_2 dans des fours HCl.

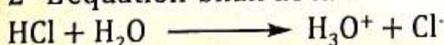
J'évalue mes acquis



Écris, pour les affirmations ci-dessous, le numéro suivi de V si l'affirmation est vraie ou de F si elle est fausse.

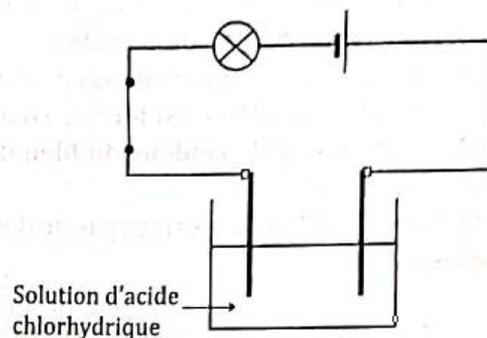
1- La dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau donne une solution d'acide chlorhydrique.

2- L'équation-bilan de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est :



ACTIVITÉ 2 : MONTRER LES PROPRIÉTÉS D'UNE SOLUTION D'ACIDE CHLORHYDRIQUE

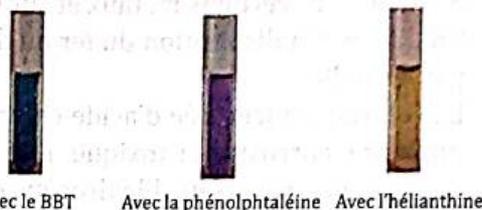
- 1- Réalise le circuit électrique schématisé ci-contre (document 2).
 a)- Ferme l'interrupteur et note l'état de la lampe électrique.
 b)- Conclue.



Document 2 : Conductibilité électrique de la solution d'acide chlorhydrique

- 2- Action sur les indicateurs colorés.
 Tu disposes de deux tubes à essais dont l'un contient de l'eau distillée et l'autre, quelques millilitres de solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

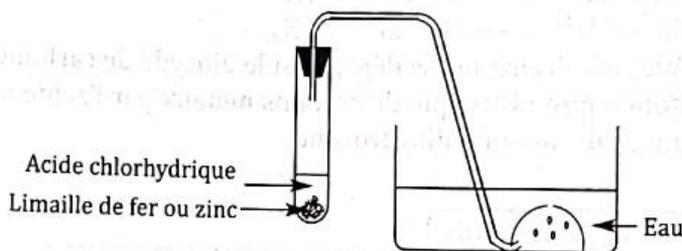
- a)- Ajoute quelques gouttes de bleu de bromothymol (BBT) dans chaque tube à essais (document 3) et note la couleur obtenue.
 b)- Reprends l'expérience avec la phénolphthaléine et l'hélianthine en notant la couleur obtenue dans chaque cas.
 c)- Conclue.



Document 3 : Action des ions hydronium sur les indicateurs colorés

- 3- Action sur certains métaux et le calcaire.
 Dans un tube à essais contenant de la limaille de fer ou du zinc ou du calcaire, tu ajoutes une solution concentrée d'acide chlorhydrique (document 4).

- a)- Donne tes observations.
 b)- Conclue.



Document 4 : Action de l'acide chlorhydrique concentré sur des métaux

Je fais le point de l'activité**1- Propriété conductrice de courant électrique**

Lorsque l'interrupteur est fermé, la lampe s'allume et des bulles de gaz se forment aux électrodes : la solution aqueuse de chlorure d'hydrogène ou acide chlorhydrique conduit donc le courant électrique.

Elle contient des ions hydronium H_3O^+ et des ions chlorures Cl^- qui assurent la circulation du courant électrique dans la solution. C'est une solution aqueuse ionique.

Le chlorure d'hydrogène en solution est notée $H_3O^+ + Cl^-$. C'est un électrolyte, c'est-à-dire une solution qui conduit le courant électrique.

2- Action sur les indicateurs colorés

- Le bleu de bromothymol est vert dans l'eau pure (milieu neutre) et jaune en présence de l'ion hydronium (milieu acide).
- L'hélianthine est jaune dans l'eau pure et rouge en présence de l'ion hydronium.
- La phénolphtaléine est incolore dans l'eau pure et en présence de l'ion hydronium.

Les changements de couleur du bleu de bromothymol et de l'hélianthine sont dus aux ions hydronium H_3O^+ .

La phénolphtaléine ne permet pas de déceler la présence des ions hydronium dans une solution aqueuse.

	Solution acide	Eau distillée
Bleu de bromothymol	Jaune	Vert
Hélianthine	Rouge	Jaune
Phénolphtaléine	Incolore	Incolore

3- Action sur certains métaux et sur le calcaire.

On observe la disparition du fer ou du zinc ou du calcaire et un dégagement de gaz manifesté par les bulles.

La solution concentrée d'acide chlorhydrique est une solution aqueuse incolore d'une odeur piquante, corrosive et toxique. Elle attaque certains métaux tels que le fer, le zinc, avec un dégagement gazeux de dihydrogène et la formation d'ions métalliques.

Les équations-bilans des réactions chimiques qui ont lieu sont :



Ou plus simplement



Avec le calcaire, le gaz dégagé est le dioxyde de carbone.

Remarque : l'attaque de certains métaux par l'acide chlorhydrique est utilisée au laboratoire pour fabriquer du dihydrogène.

J'évalue mes acquis



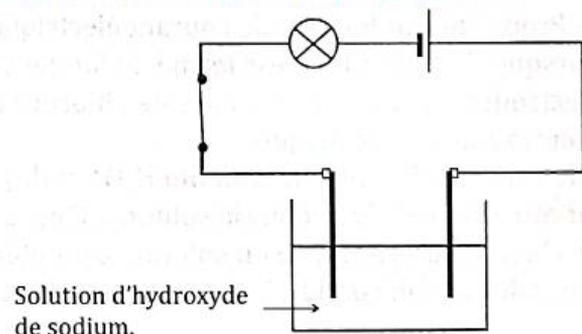
- 1- Donne deux propriétés d'une solution aqueuse diluée d'acide chlorhydrique.
- 2- Écris l'équation bilan de la réaction de l'acide chlorhydrique concentré avec l'aluminium.

ACTIVITÉ 3 : MONTRER LES PROPRIÉTÉS D'UNE SOLUTION D'HYDROXYDE DE SODIUM

1- Propriété conductrice du courant électrique

L'hydroxyde de sodium ou soude caustique est un solide ionique blanc, de formule statistique NaOH.

- a- Réalise la dissolution d'une certaine quantité d'hydroxyde de sodium dans de l'eau.
- b- Écris l'équation de la réaction de dissociation de l'hydroxyde de sodium.
- c- Réalise le circuit électrique du document 5.
- d- Note l'état de la lampe électrique puis conclus.



Solution d'hydroxyde de sodium.

Document 5 : conductibilité électrique de la solution d'hydroxyde de sodium

2- Action sur les indicateurs colorés.

Tu disposes de deux tubes à essais dont l'un contient de l'eau distillée et l'autre, quelques millilitres de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

- Ajoute quelques gouttes de bleu de bromothymol (BBT) dans chaque tube à essais (document 6) et note la couleur obtenue.
- Reprends l'expérience avec la phénolphthaléine et l'hélianthine en notant la couleur obtenue dans chaque cas.
- Conclus.



Document 6 : Action des ions hydroxydes sur les indicateurs colorés

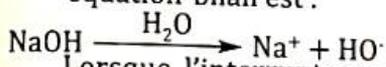
3- Action sur des ions métalliques

- Rappelle le réactif qui permet d'identifier les ions fer II (Fe^{2+}), les ions fer III (Fe^{3+}), les ions zinc (Zn^{2+}) et les ions cuivre II (Cu^{2+}) dans une solution aqueuse.
- Déduis-en les propriétés des ions hydroxyde.

Je fais le point de l'activité

1- Propriété conductrice de courant électrique

- L'hydroxyde de sodium se dissout facilement dans l'eau. La réaction est exothermique. Son équation-bilan est :



Lorsque l'interrupteur du circuit est fermé, la lampe s'allume : la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou soude conduit donc le courant électrique grâce aux ions hydroxyde HO^- et aux ions sodium Na^+ ; c'est un électrolyte.

2- Action sur les indicateurs colorés

- Le bleu de bromothymol est vert en milieu neutre et bleu en présence de l'ion hydroxyde (milieu basique).
- La phénolphthaléine est incolore en milieu neutre et rouge-violacé en présence de l'ion hydroxyde.
- L'hélianthine est jaune en milieu neutre et en présence de l'ion hydroxyde. L'hélianthine ne permet pas de déceler la présence des ions hydroxyde dans une solution aqueuse.

Les changements de couleur du bleu de bromothymol et de la phénolphthaléine sont dus aux ions hydroxyde HO^- , responsables de la basicité d'une solution aqueuse.

	Soude (solution basique)	Eau distillée (solution neutre)
Bleu de bromothymol	Bleu	Vert
Phénolphthaléine	Rouge violacé	Incolore
Hélianthine	Jaune	Jaune

3- Action sur certains ions métalliques

L'action des ions hydroxyde d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium sur certains ions métalliques (Zn^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} ...) donnent des hydroxydes métalliques insolubles.

Ces réactions sont donc caractéristiques des ions hydroxyde. Leurs équations-bilans ont déjà été écrites dans la leçon 9.

J'évalue mes acquis



- 1- Donne deux propriétés d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
- 2- Écris l'équation-bilan de la réaction de l'hydroxyde de sodium avec l'ion cuivre II.

ACTIVITÉ 4 : DÉTERMINER LA CONCENTRATION MOLAIRE VOLUMIQUE DES IONS PRÉSENTS DANS UNE SOLUTION DE SOUDE

- 1- Rappelle la définition de la concentration molaire volumique d'une solution aqueuse.
- 2- Détermine la concentration molaire volumique :
 - d'une solution d'hydroxyde de sodium obtenue en dissolvant 4,4 g de pastille de soude dans 1 L d'eau distillée ;
 - des ions Na^+ et HO^- .

$M = 40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, la masse molaire moléculaire de NaOH.

Je fais le point de l'activité

- 1- La concentration molaire volumique d'une solution aqueuse est la quantité de soluté dissous par unité de volume de la solution.
- 2-
 - Concentration C_v de la solution

$$C_v = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} ; C_v = \frac{4,4}{40 \times 1} = 0,11 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Selon l'équation de dissociation de NaOH dans l'eau, chaque mole d'hydroxyde de sodium dissoute disperse dans la solution 1 mole d'ions Na^+ et 1 mole d'ion hydroxyde OH^- .

Ainsi :

$$C_v = [\text{Na}^+] = [\text{HO}^-].$$

J'évalue mes acquis



La concentration molaire volumique d'un ion hydroxyde dans une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est $[\text{HO}^-] = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.
Déduis-en la concentration molaire volumique de la solution et celle d'un ion sodium.

ACTIVITÉ 5 : ÉTABLIR LA RELATION ENTRE LA CONCENTRATION MOLAIRE VOLUMIQUE DES IONS HYDRONIUM ET LE pH D'UNE SOLUTION

Tu disposes de deux solutions aqueuses de chlorure d'hydrogène de concentrations molaires volumiques respectives $C_1 = 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $C_2 = 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

- 1- Mesure le pH de chaque solution aqueuse à l'aide d'un pH-mètre.
- 2- Détermine les concentrations molaires volumiques des ions hydronium dans ces solutions.
- 3- Déduis la relation entre $[\text{H}_3\text{O}^+]$ et le pH de la solution.



Document 7: Mesure de pH de solutions aqueuses d'acide chlorhydrique

Je fais le point de l'activité

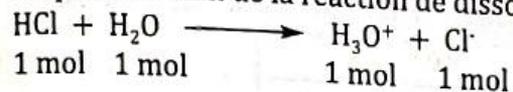
Le pH d'une solution aqueuse est un nombre qui caractérise l'acidité ou la basicité de cette solution. Il est mesuré à l'aide :

- soit d'un pH-mètre dont l'électrode plonge dans la solution ;
- soit d'un papier pH qui prend une couleur dont la valeur indiquée donne approximativement le pH de la solution avec laquelle il est en contact.

Les mesures de pH effectuées sont: $\text{pH}_1 = 2$ pour $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $\text{pH}_2 = 3$ pour $C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Détermination de la concentration molaire volumique en ions hydronium.

L'équation-bilan de la réaction de dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau est:



L'équation-bilan indique que : 1 mol de HCl réagit avec 1 mol d'eau pour donner 1 mol de H_3O^+ et 1 mol de Cl^- ; on a donc : $[\text{H}_3\text{O}^+] = C$.

Pour $C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{H}_3\text{O}^+]_1 = C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et pour $C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{H}_3\text{O}^+]_2 = C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

On en déduit que : $[\text{H}_3\text{O}^+]_1 = 10^{-\text{pH}_1}$ et $[\text{H}_3\text{O}^+]_2 = 10^{-\text{pH}_2}$.

Ainsi, le pH d'une solution aqueuse est défini à partir de la concentration molaire volumique en ions hydronium $[\text{H}_3\text{O}^+]$ dans la solution. Il est donné par la relation : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$.

$[\text{H}_3\text{O}^+]$ est exprimée en mol.L^{-1} .

Remarques:

- Cette relation n'est valable que pour des solutions moyennement diluées telles que

$$1 \leq \text{pH} \leq 6.$$

Dans toute solution aqueuse acide, $[\text{H}_3\text{O}^+] < 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$.

Dans toute solution aqueuse neutre, $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$.

Dans toute solution aqueuse basique, $[\text{H}_3\text{O}^+] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$.

- Le pH d'une solution acide augmente et tend vers 7 au cours d'une dilution.
- Le pH d'une solution basique diminue et tend vers 7 au cours d'une dilution.

J'évalue mes acquis

Le pH d'une solution d'acide chlorhydrique est 3.
Détermine la concentration molaire volumique de la solution.

ACTIVITÉ 6 : CONNAÎTRE L'ÉCHELLE DU pH

Tu disposes des solutions aqueuses :

- S_1, S_2 et S_3 d'acide chlorhydrique de concentrations molaires volumiques respectives

$C_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, $C_2 = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ et $C_3 = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$;

- S'_1, S'_2, S'_3 d'hydroxyde de sodium de concentrations molaires volumiques respectives

$C'_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, $C'_2 = 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ et $C'_3 = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

Les solutions d'acide chlorhydrique S_2 et S_3 ont été préparées à partir de la solution S_1 d'acide chlorhydrique. De même les solutions S_2' et S_3' d'hydroxyde de sodium ont été préparées à partir d'une solution S_1' d'hydroxyde de sodium.

- 1- Mesure le pH de chacune des solutions aqueuses S_1 , S_2 et S_3 d'une part et des solutions S_1' , S_2' , S_3' d'autre part.
- 2- Indique le domaine des valeurs de pH pour chaque groupe de solutions.
- 3- Nomme l'opération effectuée pour obtenir S_2 et S_3 à partir de S_1 puis S_2' , S_3' à partir de S_1' .
- 4- Comment varie le pH des solutions dans chaque groupe ?

Je fais le point de l'activité

Les mesures de pH effectuées avec un pH-mètre sont consignées dans le tableau ci-dessous.

C (mol.L ⁻¹)	10 ⁻²	10 ⁻⁴	10 ⁻⁶
pH des solutions acides	2	4	6
pH solutions basiques	12	10	8

- Pour les solutions d'acide chlorhydrique, lorsque la concentration molaire volumique de la solution diminue, le pH augmente.
- Pour les solutions d'hydroxyde de sodium, lorsque la concentration molaire volumique de la solution diminue, le pH diminue.
- Le pH d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique est toujours inférieur à 7. Il en est de même pour toutes les solutions aqueuses acides ;
- le pH d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium est toujours supérieur à 7. Il en est de même pour toutes les solutions aqueuses basiques.

Les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique S_2 et S_3 d'une part et d'autre part d'hydroxyde de sodium S_2' et S_3' ont été obtenues par ajout d'eau distillée dans les solutions aqueuses respectives S_1 et S_1' . Cette opération porte le nom de dilution.

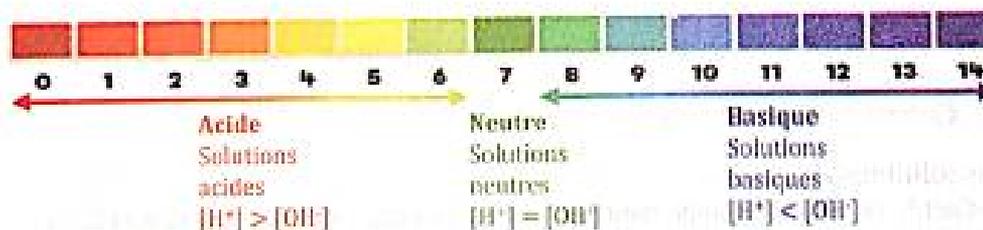
Diluer une solution aqueuse, c'est donc ajouter de l'eau distillée à cette solution.

Le pH d'une solution aqueuse d'acide augmente lorsqu'on la dilue (voir tableau des mesures) et tend vers 7.

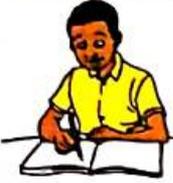
Le pH d'une solution aqueuse basique diminue lorsqu'on la dilue (voir tableau des mesures) et tend vers 7.

Échelle du pH.

- Le pH varie entre les valeurs 0 et 14.
- Un pH inférieur à 7 caractérise une solution acide.
- Un pH supérieur à 7 caractérise une solution basique.
- Un pH égal à 7 caractérise une solution neutre.
- Le diagramme ci-dessous résume les variations du pH de solutions aqueuses.



J'évalue mes acquis



Récopie le numéro de chaque proposition ci-dessous et écris à la suite V si la proposition est vraie ou F si elle est fausse.

- 1- Le pH d'une solution d'acide chlorhydrique peut être égal à 8.
- 2- Le pH varie de 0 à 14.
- 3- La dilution d'une solution acide augmente son pH.
- 4- La dilution d'une solution basique augmente son pH.

II- RÉSUMÉ DE COURS

- Le chlorure d'hydrogène est un composé moléculaire gazeux qui se dissout facilement dans l'eau. La solution obtenue appelée acide chlorhydrique contient des ions chlorures Cl^- et des ions hydronium H_3O^+ qui lui confèrent son caractère acide.
- La présence des ions H_3O^+ peut être caractérisée par :
 - certains métaux ;
 - le calcaire ;
 - les indicateurs colorés ;
 - le pH-mètre ou papier indicateur de pH.
- L'hydroxyde de sodium est un composé solide ionique. Il se dissout dans l'eau pour donner une solution contenant les ions sodium Na^+ et les ions hydroxyde OH^- qui lui confèrent son caractère basique.
- La présence des ions OH^- peut être caractérisée par :
 - certains ions métalliques ;
 - les indicateurs colorés ;
 - le pH-mètre ou papier indicateur de pH.

Le pH mesure l'acidité d'une solution. Il est défini par : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$.

Pour une valeur de pH inférieure à 7, la solution est dite acide.

Pour une valeur de pH égale à 7, la solution est dite neutre.

Pour une valeur de pH supérieure à 7, la solution est dite basique.

III- MÉTHODES

- Comment utiliser le papier indicateur de pH.
 - Le papier indicateur de pH comporte une gamme de couleurs chiffrées.
 - Il faut découper une petite partie et avec une baguette en verre, déposer un peu de la solution à tester sur le morceau découpé ; la partie imbibée prend une teinte selon la nature de la solution.
 - Il faut ensuite comparer cette couleur dans la gamme de couleur de papier pH et relever le chiffre ou le nombre correspond.
 - Enfin, il faut identifier la valeur du pH de cette solution.



III- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Tu dissous du chlorure d'hydrogène gazeux sec dans de l'eau distillée.

- 1- Donne les formules et les noms des deux ions qui se dispersent dans la solution obtenue.
- 2- Indique l'ion responsable de l'acidité de cette solution.
- 3- Cite un réactif de chacun des deux ions de cette solution aqueuse.

Exercice 2

Tu dissous des pastilles de soude dans l'eau pure.

- 1- Donne les formules et les noms des ions qui se dispersent dans la solution obtenue.
- 2- Indique l'ion responsable de la basicité de cette solution.
- 3- Identifie chacun des deux ions de cette solution.

Exercice 3

La mesure du pH de quelques solutions a donné le tableau ci-dessous :

Solutions	café	Eau savonneuse	Eau de javel	Eau distillée	Sang	vinaigre
pH	5	12	13	7	8	3

- 1- Identifie la solution la plus :

1.1- acide ;

1.2- basique.

- 2- La dilution d'une de ces solutions ne change pas la valeur du pH. Nomme-la.
- 3- Dénombrer les solutions acides et nomme-les.

Résolution de l'exercice 1

- 1- Les formules et les noms des ions.

H_3O^+ : ion hydronium et Cl^- : ion chlorure.

- 2- L'ion responsable de l'acidité est H_3O^+ (ion hydronium).

- 3- Le réactif de l'ion chlorure est l'ion argent et celui de l'ion hydronium est l'ion carbonate.

Commentaire :

- L'ion hydronium H_3O^+ est obtenu par la solvatation de l'ion hydrogène H^+ par une molécule d'eau.
- L'ion argent est aussi un réactif de l'ion sulfate.

Résolution de l'exercice 2

- 1- Formules et noms des ions :

Na^+ : ion sodium et OH^- : ion hydroxyde.

- 2- L'ion responsable de la basicité est l'ion hydroxyde.

- 3- Na^+ donne une couleur jaune dans une flamme et OH^- précipite certains ions métalliques comme l'ion cuivre II.

Commentaire :

Ne pas confondre les ions hydroxydes (OH^-) et les ions hydronium (H_3O^+).
Ne pas confondre les couleurs des flammes caractéristiques.

Résolution de l'exercice 3

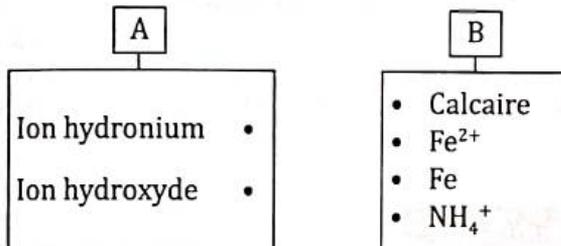
- 1-
 - 1-1- La solution la plus acide est le vinaigre.
 - 1-2- La solution la plus basique est l'eau de javel.
- 2- Cette solution est l'eau distillée.
- 3- Il y a deux solutions acides qui sont le vinaigre et le café.

Commentaire :

Il faut connaître l'échelle du pH.

IV- JE M'EXERCE**Exercices de fixation/ Application**

1 Reproduis les diagrammes A et B puis relie convenablement par un trait chaque élément de A à un seul ou plusieurs éléments de B en rapport avec son identification.



2 Pour chacune des propositions ci-dessous :

- 1- le chlorure d'hydrogène est un solide qui se dissout facilement dans l'eau ;
- 2- la solution aqueuse de soude est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ;
- 3- une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, est une base ;
- 4- la concentration des ions hydroxyde est égale à $10^{-\text{pH}}$,

relève le numéro suivi de la lettre V si la proposition est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

3 Diluer une solution consiste à y ajouter de l'eau. Lorsqu'on dilue une solution basique :

- 1- le pH de la solution diminue;
- 2- la solution devient de moins en moins basique ;
- 3- la solution devient de plus en plus acide ;
- 4- le pH de la solution tend vers 14.

Recopie la ou les bonnes réponses.

4 Réarrange les mots ou groupes de mots ci-dessous de manière à obtenir une phrase correcte en rapport avec l'acide chlorhydrique. chlorhydrique / est / aqueuse / une solution/ obtenue à partir / la dissolution/ de / gazeux / du chlorure / dans l'eau. / d'hydrogène / L'acide

Exercices de renforcement / Approfondissement

5 Observe la figure ci-dessous :



- 1- Nomme cet instrument.
- 2- Donne :
 - 2-1. la grandeur qu'il permet de mesurer ;
 - 2-2. la valeur de cette grandeur.
- 3- Indique la nature de la solution dont quelques gouttes ont trempé ce bout de papier.

6 Tu prépares une solution d'acide chlorhydrique en dissolvant 0,2 moles de chlorure d'hydrogène dans 500 mL d'eau pure.

- 1- Écris l'équation-bilan de la dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau.
- 2- Détermine la concentration molaire volumique C de la solution d'acide chlorhydrique obtenue.
- 3- Déduis-en les concentrations molaires volumiques C_1 des ions hydronium et C_2 des ions chlorures contenus dans cette solution.

7 Tu dissous une masse $m = 0,4$ g d'hydroxyde de sodium dans un volume $V = 10$ L d'eau distillée.

- 1- Écris l'équation-bilan de la dissociation de l'hydroxyde de sodium dans l'eau.
- 2- Détermine la concentration molaire volumique C de la solution d'hydroxyde de sodium obtenue.
- 3- Déduis-en les concentrations molaires volumiques C_1 des ions hydroxyde et C_2 des ions sodium contenus dans cette solution.

Masse molaire de NaOH : 40 g/mol

8 Une solution S d'acide chlorhydrique de volume $v = 10$ mL a un $\text{pH} = 2$.

- 1- Détermine :
 - 1-1. la concentration C_1 des ions hydroniums ;
 - 1-2. la quantité de matière n_1 des ions H_3O^+ dans cette solution.
- 2- On ajoute un volume V_e d'eau distillée dans la solution S pour obtenir une solution S' de $\text{pH} = 3$.
 - 2.1- Détermine la concentration C_2 et la quantité de matière n_2 des ions hydronium dans S'.
 - 2.2- Déduis la valeur de V_e .

Situations d'évaluation

9 Le professeur de Physique-Chimie de ta classe de 2^{de} C veut évaluer vos acquis. Pour cela, il demande à ton groupe de travail d'identifier une solution parmi les trois dont il dispose : une solution d'acide chlorhydrique, une solution de chlorure de sodium et une solution d'hydroxyde de sodium. Pour vous orienter, il réalise les tests ci-dessous :

- Premier test : quelques gouttes de cette solution jaunissent la flamme d'un brûleur à gaz ;
- Deuxième test : quelques gouttes de cette solution précipitent l'ion argent.

Tu es désigné (e) comme rapporteur.

- 1- Donne la nature (acide, neutre ou base) de chacune des solutions dont dispose le professeur.
- 2- Compare la quantité d'ions hydronium et celle des ions hydroxyde dans chacune de ces solutions.
- 3- Identifie les ions présents dans les solutions à partir du :
 - 3-1. premier test ;
 - 3-2. deuxième test.
- 4- Nomme cette solution à partir des deux tests.

10 Afin de bien préparer le devoir de niveau 2^{de} C, ton groupe de travail décide de traiter un exercice portant sur les pluies acides. Pour cela vous disposez des informations ci-dessous.

- Les pluies acides ont un pH inférieur à 5.
- Une pluie acide en contact avec certains métaux donne lieu à des réactions chimiques : par exemple avec le fer, du dihydrogène gazeux et des ions fer II se forment.

Tu es choisi(e) par tes camarades pour la rédaction de la correction.

- 1- Indique comment on identifie les ions fer II.
- 2- Donne le nom et la formule de l'entité chimique contenue dans cette pluie acide et qui réagit avec le fer.
- 3- Écris l'équation-bilan de cette réaction.
- 4- Explique comment une pluie acide peut être à la base de la dégradation de certains monuments.

11 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton professeur de Physique-Chimie utilise une solution d'acide chlorhydrique de concentration C_a et de volume V_a inconnu. Afin de déterminer le volume V_a , il plonge une lame de zinc de masse m dans cette solution ; il se dégage un gaz et à la fin de la réaction, la masse de zinc restante est m_r .

Données :

- $C_a = 2 \cdot 10^{-2}$ mol/L ; $m = 5,20$ g ; $m_r = 1,93$ g ;
- Masse molaire du zinc : $M = 65,4$ g/mol ;
- volume molaire : $V_m = 24$ L/mol.

Propose ta solution.

- 1- Donne le nom et la formule du gaz qui se dégage.
- 2- Nomme l'ion que la soude permet d'identifier dans la solution obtenue.
- 3- Écris l'équation-bilan de la réaction entre l'ion hydronium et le zinc.
- 4- Détermine :
 - 4.1- la masse m' de zinc ayant réagi ;
 - 4.2- le volume de dihydrogène dégagé ;
 - 4.3- la valeur de V_a .

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

pH ET NOTRE SANTÉ

On le dit parfois équilibré, neutre, faible ou élevé, mais qu'est-ce que le pH, au juste ? Et surtout, quelle est son importance pour notre santé ? Lumière sur cet indicateur qui en révèle beaucoup sur la qualité de l'eau et des aliments que nous consommons.

Le pH expliqué

Son abréviation fait penser à un des symboles du tableau périodique. Pourtant, le pH n'est pas un élément, mais une unité de mesure. Le potentiel d'hydrogène, ou pH, indique en effet la concentration d'hydrogène dans un liquide et permet de mesurer le degré d'activité de l'ion hydrogène à l'intérieur de celui-ci.

L'origine du pH

Le concept du pH a été défini par le chimiste danois Soren Sorensen. En 1893, alors qu'il étudie le processus d'élaboration de la bière, Sorensen découvre que la mesure du pH nous renseigne sur l'acidité d'une solution. Ainsi, un liquide est dit acide lorsque son pH est inférieur à 7, et alcalin lorsqu'il est supérieur à 7. Finalement, une solution neutre a un pH de 7.

Le pH du corps humain : trouver l'équilibre

Croquer à pleines dents dans un citron, ou dans un régime de bananes ? Avant de répondre à cette question, il faut d'abord comprendre l'influence du pH sur notre corps pour mieux en conserver l'équilibre.

Entre acide et alcalin, il n'y a qu'un pas à faire.

Le corps humain a un pH naturel de 7,4 qu'il s'efforce de maintenir pour fonctionner efficacement. Puisque chaque élément que nous consommons possède son propre pH, notre organisme cherche constamment à rétablir le fragile équilibre temporairement perturbé par l'ingestion de produits trop acides ou trop alcalins. C'est ce que nous appelons l'homéostasie cellulaire : la capacité de garder l'équilibre corporel malgré les contraintes extérieures.

De pH et d'eau fraîche

Le corps humain est composé à 70 % d'eau. Cet élément vital est donc grandement déterminant quand il s'agit de stabiliser notre pH naturel. C'est entre autres pour cette raison qu'on nous dit sans cesse qu'il faut boire beaucoup d'eau. Et pas n'importe laquelle. Une eau présentant un pH de 7,2 à 7,8 est idéale pour le maintien d'une bonne santé.

La consommation de liquides trop acides ou trop basiques peut perturber ce fragile équilibre, et mener au développement et à la croissance de bactéries, de virus, de champignons, de levures et de parasites. La conclusion? Buvez beaucoup d'eau, et choisissez-la judicieusement.

N'oubliez pas les légumes

Les aliments que nous mangeons ont également une influence sur l'équilibre de notre pH. L'acidose, un déséquilibre qui se produit lorsque notre sang devient trop acide, peut être entraînée par une consommation trop grande de viande et de sucre. Pour éviter le stress corporel lié à la fatigue et au manque d'entrain, faites le plein de légumes, de fruits et de graines aux propriétés alcalinisantes : haricots verts, asperges, concombres, carottes, sarrasin, quinoa, riz brun, noix de coco et avocats.

Les minéraux et leurs nombreux bienfaits

Au-delà de la consommation excessive d'aliments acides, boire de l'eau dont les minéraux ont été éliminés peut aussi perturber le corps. Les minéraux présents dans l'eau ne contribuent pas seulement à lui donner un goût distinctif; ils ont aussi une grande influence sur le pH. Selon sa composition ionique, chaque minéral agit directement sur le pH de l'eau et sur sa pureté.

Un verre d'eau équilibrée, s'il vous plaît!

La consommation d'une eau plus alcaline (présentant un pH plus élevé que 7) peut contribuer à restaurer l'équilibre corporel en abaissant le degré d'acidité interne. Elle peut également favoriser la réduction de votre facture de soins dentaires, car la consommation de boissons acides est l'une des principales causes de la carie.

Suivez votre vraie nature : hydratez votre corps avec une eau de source naturelle

Pourquoi tenter d'imiter la nature quand elle est déjà parfaite? En général, les eaux fortement purifiées, même reminéralisées, présentent un pH inférieur à 7. Les eaux provenant de sources souterraines qui n'ont pas été traitées chimiquement ni modifiées physiquement ont quant à elles un pH de 7,2 à 7,8. L'eau de source naturelle est donc idéale pour conserver l'équilibre de notre pH corporel.

RÉACTION ACIDO-BASIQUE. DOSAGE

TABLEAU DES HABILITÉS ET DES CONTENUS

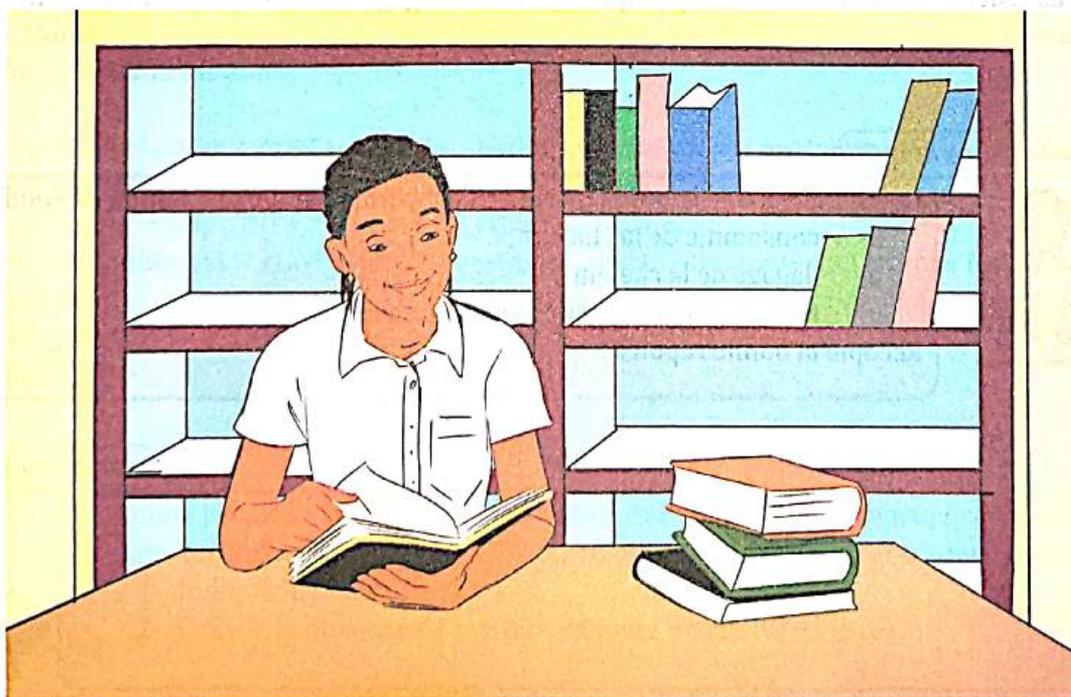
HABILITÉS	CONTENUS
Connaître	les caractéristiques de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude.
Écrire	l'équation-bilan de la réaction chimique.
Réaliser	le dosage de l'acide chlorhydrique par la soude.
Définir	l'équivalence acido-basique.
Déterminer	la concentration molaire volumique d'une solution d'acide ou de base à partir d'un dosage.

NOTIONS ESSENTIELLES

- Dosage
- Équivalence acido-basique
- Concentration molaire volumique.

SITUATION D'APPRENTISSAGE

Une élève de 2^{de} C découvre dans un document à la bibliothèque de son établissement que l'ajout de la potasse ou de la soude caustique à une sauce fermentée met en évidence une réaction acido-basique. Ne comprenant pas l'expression réaction acido-basique, de retour en classe, elle informe ses camarades et ensemble, sous la conduite de leur professeur de Physique-Chimie, ils décident de déterminer les caractéristiques de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude, d'écrire son équation-bilan et de déterminer la concentration molaire volumique d'une solution d'acide ou d'une solution basique.

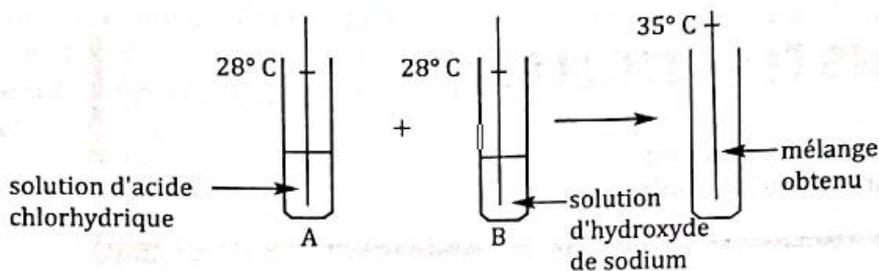


I- ACTIVITÉS

ACTIVITÉ 1 : MONTRER QUE LA RÉACTION ENTRE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE ET L'HYDROXYDE DE SODIUM EST EXOTHERMIQUE

Tu disposes d'une solution d'acide chlorhydrique et d'une solution d'hydroxyde de sodium de même concentration molaire $C = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et de deux tubes à essais marqués tube A et tube B.

- 1- Dans le tube à essais A, verse 10 mL de la solution d'acide chlorhydrique et repère la température initiale de la solution.
- 2- Dans le tube à essais B, verse 10 mL de la solution de soude et repère la température initiale de la solution.
- 3- Mélange avec précaution la solution du tube A et celle du tube B et repère la température finale du mélange réactionnel (température maximale observée).
- 4- Compare la température finale du mélange aux températures initiales des solutions.
- 5- Interprète.
- 6- Conclus.



Document 1 : Étude de la température lors d'un mélange d'une solution d'acide chlorhydrique et d'une solution d'hydroxyde de sodium

Je fais le point de l'activité

Les solutions ont la même température initiale $\theta_i = 28^\circ\text{C}$.

La température finale $\theta_f = 35^\circ\text{C}$.

L'élévation de la température montre que la réaction libère de l'énergie.

La réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude dégage de la chaleur : elle est exothermique.

J'évalue mes acquis



Le mélange d'une solution d'acide chlorhydrique et d'une solution de soude :

- a- consomme de la chaleur ;
- b- dégage de la chaleur ;
- c- ne consomme ni ne dégage de la chaleur.

Recopie la bonne réponse.

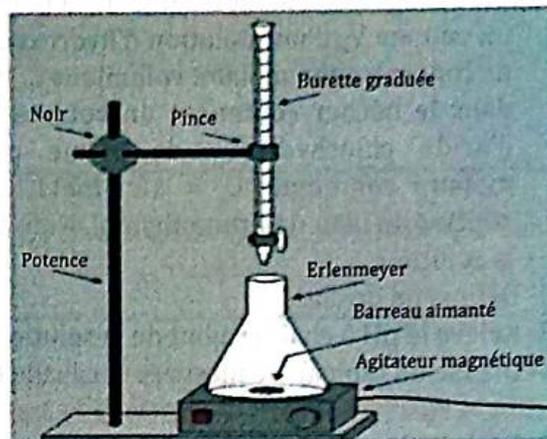
ACTIVITÉ 2 : MONTRER QUE LA RÉACTION ENTRE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE ET LA SOUDE EST TOTALE

Tu disposes :

- d'une solution d'acide chlorhydrique de volume $V_A = 10 \text{ mL}$ et de concentration molaire volumique $C_A = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;

- d'une solution d'hydroxyde de sodium de volume $V_B = 10 \text{ mL}$ et de concentration molaire volumique $C_B = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

- 1- Mesure le pH de chacune des solutions.
- 2- Mélange les deux solutions puis agite le mélange pour une bonne homogénéisation.
- 3- Mesure le pH du mélange.
- 4- Interprète les résultats obtenus.
- 5- Écris l'équation-bilan de la réaction qui a lieu.



Document 2 : Étude des quantités de matière lors d'une réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude

Je fais le point de l'activité

Le pH de la solution d'acide chlorhydrique est $\text{pH} = 2$; il s'agit bien d'un pH acide.

Le pH de la solution d'hydroxyde de sodium est $\text{pH} = 12$; il s'agit bien d'un pH basique.

Le pH du mélange est $\text{pH} = 7$, un pH neutre.

Avant le mélange, la solution initiale d'acide chlorhydrique contenait la quantité de matière en ions hydronium :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = C_A \times V_A$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-1} \times 10 \cdot 10^{-3}$$

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-3} \text{ mol.}$$

De même, la solution d'hydroxyde de sodium contenait avant le mélange, la quantité de matière en ions hydroxyde :

$$n(\text{HO}^-) = C_B \times V_B$$

$$n(\text{HO}^-) = 10^{-1} \times 10 \cdot 10^{-3}$$

$$n(\text{HO}^-) = 10^{-3} \text{ mol.}$$

Le pH neutre à l'équivalence indique que les ions hydronium ont tous réagi mole par mole avec les ions hydroxyde : on dit que la réaction chimique entre la solution d'acide chlorhydrique et la solution de soude est totale.

En définitive, la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude est exothermique et totale.

Son équation-bilan est :



L'équation simplifiée est : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ étant donné que les ions Na^+ et Cl^- sont spectateurs.

Pour des quantités de matières égales d'acide ou de base qui réagissent, on obtient de l'eau, solution neutre.

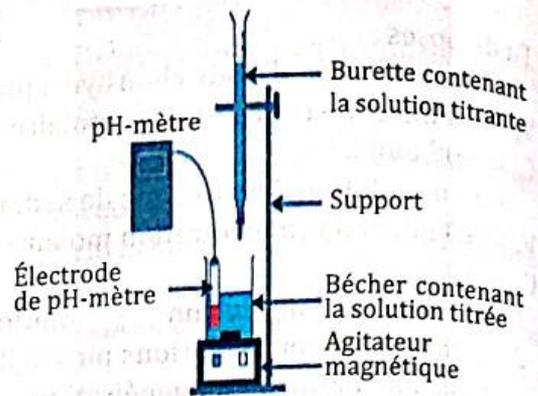
J'évalue mes acquis

- 1- Donne les caractéristiques de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude.
- 2- Dans un bécher, l'on introduit 0,2 mol d'acide chlorhydrique et 0,1 mol de soude.
 - 2.1- Indique le réactif en excès.
 - 2.2- Calcule la quantité de matière restante du réactif en excès.

ACTIVITÉ 3 : RÉALISER LE DOSAGE DE L'ACIDE CHLORHYDRIQUE PAR LA SOUDE

Réalise le montage schématisé ci-contre (document 3).

- 1-Verse progressivement à l'aide de la burette graduée, un volume V_b d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ dans le bécher contenant un volume $V_a = 20 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique de même concentration molaire volumique $C_a = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ et quelques gouttes de bleu de bromothymol. Note la couleur de la solution.
- 2- Définis un dosage.
- 3- Relève le pH à chaque ajout de la solution de soude.
- 4- Dresse un tableau de mesures et calcule le produit $C_b \times V_b$.
- 5- Exploite les résultats.
- 6- Définis l'équivalence acido-basique.



Document 3 : Dispositif de dosage

Je fais le point de l'activité

1- Dosage

Doser une solution contenant une espèce chimique A, c'est déterminer la concentration molaire volumique de cette espèce.

Pour cela on utilise un réactif dont on connaît la concentration molaire, qui avec A, donne une réaction rapide et totale.

2- Tableau de mesures

pH	1	1,2	1,3	1,5	2	7	11,9	12
$V_b(\text{mL})$	0	4	8	12	16	20	24	28
$C_b V_b(\text{mol})$	0	$4 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$
$C_a V_a(\text{mol})$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$

3- Exploitation

Pour un volume $V_b = 20 \text{ mL}$ de base versée :

- la couleur de la solution passe du jaune au vert ;
- le pH du mélange est égal à 7 ;
- on constate que $C_a V_a = C_b V_b$.

$C_a V_a = n(\text{H}_3\text{O}^+)$ est la quantité de matière initiale d'ions hydronium présents dans l'acide chlorhydrique.

$C_b V_b = n(\text{OH}^-)$ est la quantité de matière d'ions hydroxyde apportés par l'hydroxyde de sodium.

4- Définition de l'équivalence acido-basique

L'équivalence acido-basique est obtenue lorsque la quantité de matière en ions hydroxyde (OH^-) apportée par la soude est égale à quantité de matière en ions hydronium (H_3O^+) initialement présents dans la solution d'acide chlorhydrique.

$$n(\text{OH}^-)_{\text{apportés}} = n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{Présents}} \text{ d'où } C_b V_b = C_a V_a$$

Remarques

- Le pH du mélange est égal à 7 à 25°C : la solution est donc neutre.
- Les concentrations des ions spectateurs sont telles que :

$$[\text{Cl}^-] = [\text{Na}^+], \text{ d'où } \frac{C_a V_a}{V_a + V_b} = \frac{C_b V_b}{V_a + V_b}$$

Lors de la réaction, le mélange est :

- acide si $n(\text{H}_3\text{O}^+) > n(\text{OH}^-)$;
- neutre si $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$;
- basique si $n(\text{H}_3\text{O}^+) < n(\text{OH}^-)$.

J'évalue mes acquis



- 1- Définis l'équivalence acido-basique.
- 2- Donne la valeur du pH à l'équivalence pour le dosage de l'acide chlorhydrique par la soude.

ACTIVITÉ 4 : DÉTERMINER LA CONCENTRATION MOLAIRES VOLUMIQUES D'UNE SOLUTION D'ACIDE OU DE BASE À PARTIR D'UN DOSAGE

Tu utilises le montage du document 3.

Le bécher contient une solution initiale d'acide nitrique de volume $V_a = 10 \text{ mL}$, de concentration molaire inconnue. Tu y ajoutes une ou deux gouttes de solution de bleu de bromothymol. La burette contient une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 0,1 \text{ mol/L}$. Tu désires connaître la concentration de la solution d'acide nitrique. Pour ce faire, tu verses progressivement, goutte par goutte au moyen de la burette, la solution d'hydroxyde de sodium dans le bécher contenant l'acide nitrique. Tu notes un volume $V_b = 10 \text{ mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium au moment où l'indicateur coloré vire à la couleur neutre.

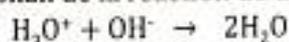
- 1- Écris l'équation de dissolution de l'acide nitrique dans l'eau.
- 2- Écris l'équation-bilan de la réaction de ce dosage.
- 3- Donne le volume de soude versé à l'équivalence.
- 4- Détermine la valeur de la concentration molaire volumique C_a de l'acide nitrique.

Je fais le point de l'activité

1-Équation de dissolution de l'acide nitrique dans l'eau.



2-Équation-bilan de la réaction de dosage.



- Concentration molaire volumique C_a de la solution d'acide nitrique.

A l'équivalence acido- basique, $C_b V_b = C_a V_a$, donc $C_a = \frac{C_b V_b}{V_a}$; $C_a = \frac{0,1 \times 10 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}}$,

d'où $C_a = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

J'évalue mes acquis



Tu places dans un bécher, 20 mL d'une solution de soude de concentration molaire volumique inconnue et deux gouttes de BBT. Tu y ajoutes une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_a = 1 \text{ mol.L}^{-1}$, jusqu'au virage de l'indicateur coloré. Le volume d'acide correspondant est $V_a = 16 \text{ mL}$. Détermine la concentration molaire volumique de la solution d'hydroxyde de sodium.

II- RÉSUMÉ DE COURS

1- Caractéristiques de la réaction

La réaction entre un acide et une base est : **totale, rapide et exothermique.**

2- Dosage

Doser une solution contenant une espèce chimique A, c'est déterminer la concentration de cette espèce.

- La réaction qui se produit chaque fois qu'une solution d'acide chlorhydrique et une solution d'hydroxyde de sodium réagissent l'une avec l'autre est une réaction acido-basique.

Son équation bilan est : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

3- Equivalence acido-basique

Il y a équivalence acido-basique pour un mélange acide-base si la quantité de matière des ions H_3O^+ apportés par l'acide est égale à celle des ions OH^- apportés par la base.

- $n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_3\text{O}^+)$ d'où $C_b V_b = C_a V_a$
- Pour un dosage acide chlorhydrique - hydroxyde de sodium, à l'équivalence, le pH du mélange est égal à 7 à 25°C : la solution est donc neutre.

III- MÉTHODES

Détermination du point d'équivalence

On détermine le point d'équivalence acido-basique expérimentalement en utilisant des indicateurs colorés comme le bleu de bromothymol (BBT), la phénolphtaléine... La zone de virage de l'indicateur coloré choisi doit contenir le pH du point d'équivalence.

L'indicateur coloré approprié pour ce dosage est le bleu de bromothymol.

IV- EXERCICES RÉSOLUS

Exercice 1

Relève, pour chacune des propositions ci-dessous, la lettre suivie de V si la proposition est vraie ou de F si elle est fausse.

- La réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude est endothermique.
- Lors de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium, le pH à l'équivalence est égal à 7.
- Lors de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude, les ions Na^+ et Cl^- participent à la réaction.
- La relation à l'équivalence acido-basique est $C_a V_a = C_b V_b$.

Exercice 2

Dans 10 cm³ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire 0,5 mol/L, on verse 20 cm³ d'une solution de soude pour atteindre l'équivalence acido-basique.

Détermine la valeur de la concentration molaire volumique de la solution de soude.

Exercice 3

Dans un volume $V_a = 60$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 10^{-2}$ mol/L, tu ajoutes un volume $V_b = 40$ mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 2 \cdot 10^{-2}$ mol/L.

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui a lieu.
- 2- Détermine la quantité de matière d'ions :
 - 2-1- H_3O^+ apportés par l'acide ;
 - 2-2- OH^- apportés par la base.
- 3- Dis si l'équivalence acido- basique est atteinte.

Résolution de l'exercice 1

a)F ; b)V ; c)F ; d)V.

Commentaire :

- a) La réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude est exothermique.
- b) Les ions Na^+ et Cl^- ne participent pas à la réaction : Ils sont dits spectateurs.

Résolution de l'exercice 2

A l'équivalence acido-basique, $C_a V_a = C_b V_b$ donc $C_b = \frac{0,5 \times 10}{20} = 0,25$ mol/L.

Commentaire :

Connaître la relation qui lie les quantités de matières à l'équivalence.

Résolution de l'exercice 3

1- Équation-bilan : $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$.

2-

2.1- $C_a V_a = 10^{-2} \times 60 \cdot 10^{-3} = 6 \cdot 10^{-4}$ mol

2.2- $C_b V_b = 2 \cdot 10^{-2} \times 40 \cdot 10^{-3} = 8 \cdot 10^{-4}$ mol

3- On constate que $C_a V_a$ et $C_b V_b$ sont différents : l'équivalence acido-basique n'est pas atteinte.

Commentaire :

Connaître la relation qui lie les quantités de matières à l'équivalence.
Comparer les quantités de matières trouvées.

V- JE M'EXERCE

Exercices de fixation/ Application

- 1** 1-Définis l'équivalence acido-basique.
 2-Pour atteindre l'équivalence acido-basique, tu verses $V_B = 10 \text{ mL}$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_B = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ dans une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_A = 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$.
 Détermine le volume V_A de la solution initiale d'acide chlorhydrique.
- 2**
- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction de l'acide nitrique HNO_3 avec l'eau.
 - 2- Écris l'équation de dissociation de l'hydroxyde de sodium avec l'eau.

- 3- Écris l'équation-bilan de la réaction du dosage de l'acide nitrique par l'hydroxyde de sodium.

3 Tu mélanges un volume $V_1 = 10 \text{ cm}^3$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ à un volume $V_2 = 5 \text{ cm}^3$ d'une solution de soude de concentration molaire $C_2 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$.

- 1- Détermine les quantités de matière d'ions H_3O^+ et OH^- introduits dans le mélange.
- 2- Écris l'équation-bilan de la réaction qui se produit.
- 3- Après réaction, dis si la solution est acide ou basique.

Exercices de renforcement/ Approfondissement

4 Tu introduis dans un bécher, 20 mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_A inconnue et quelques gouttes de bleu de bromothymol (B.B.T). A l'aide d'une burette, tu ajoutes lentement une solution de soude de concentration molaire $C_B = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. Le bleu de bromothymol (B.B.T) change de couleur pour un volume $V_B = 12,4 \text{ mL}$ de soude versée.

- 1- Précise le changement de couleur observé.
- 2- Écris l'équation-bilan de la réaction acido-basique.
- 3- Détermine la concentration molaire de l'acide chlorhydrique C_A .
- 4- Détermine les concentrations molaires des ions présents dans le mélange à l'équivalence.

5 Pour préparer une solution de soude de concentration C_b , un groupe d'élèves de 2^{de} C pèse une masse m de soude cristallisée qu'il dissout de façon à obtenir un litre de solution. La solution obtenue est dosée avec une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 0,10 \text{ mol/L}$.

Pour une prise d'essai de soude de volume $20,0 \text{ cm}^3$, la coulée de solution d'acide est de

$18,7 \text{ cm}^3$ pour atteindre l'équivalence.

- 1- Donne le pH du mélange à l'équivalence.

- 2- Détermine :

- 2-1- la concentration molaire C_b de la solution de soude ;
- 2-2- la masse m de cristaux de soude pesée ;
- 2-3- le volume de soude à mélanger à l'eau distillée pour obtenir 500 cm^3 de solution à $0,05 \text{ mol/L}$.

Données en g/mol : $M(\text{Na}) = 23$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{H}) = 1$.

6 Tu mélanges $V_1 = 50 \text{ mL}$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_1 = 15 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ et $V_2 = 50 \text{ mL}$ d'une autre solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_2 = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$.

- 1- Détermine la quantité de matière d'ions H_3O^+ :
 - 1.1- présents dans les solutions 1 et 2 ;
 - 1.2- présents dans le mélange.
- 2- Détermine le pH du mélange.
- 3- Cette solution (mélange) va servir à doser une solution de soude de volume $V_s = 40 \text{ mL}$. Il faut verser un volume $V = 27 \text{ mL}$ de solution d'acide pour observer le virage de l'indicateur coloré.

- 3-1-Donne la signification de : «le virage de l'indication coloré».
- 3-2-Détermine la concentration molaire de la solution de soude.
- 4- Détermine la masse de pastilles de soude qu'il faut dissoudre dans 1 L d'eau distillée pour obtenir la solution de soude précédente.
- Donnée en g/mol : $M(\text{Na}) = 23$; $M(\text{O}) = 16$; $M(\text{H}) = 1$.

7 On mélange 100 cm^3 d'une solution d'acide chlorhydrique contenant $0,4 \text{ mol/L}$ et 100 cm^3 d'une solution de soude contenant $0,2 \text{ mol/L}$.

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction qui a lieu dans le mélange.
- 2- Détermine :
 - 2.1- la quantité de matière d'ions H_3O^+ et la quantité de matière d'ions OH^- dans le mélange ;
 - 2.2- la quantité de matière d'ions OH^- ou H_3O^+ restant dans le mélange ;
 - 2.3- le pH du mélange.

Situations d'évaluation

8 Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe est chargé d'étudier la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude. Pour ce faire, vous introduisez dans un bécher un volume $V_b = 20 \text{ mL}$ de solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire inconnue, en présence d'un indicateur coloré, le bleu de bromothymol. Puis vous versez progressivement dans le bécher, une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ contenue dans une burette. L'équivalence acido-basique est atteinte lorsqu'on a versé dans le bécher $V_a = 15 \text{ mL}$ d'acide chlorhydrique.

Données :

- $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$; $M(\text{O}) = 16 \text{ g/mol}$; $M(\text{H}) = 1 \text{ g/mol}$.
- Volume molaire dans les conditions de l'expérience $V_M = 22,4 \text{ L/mol}$.
- La couleur prise par une solution contenant quelques gouttes de bleu de bromothymol est jaune si la solution est acide, verte si la solution est neutre et bleue si la solution est basique.
- Les dissolutions du chlorure d'hydrogène (gaz) et de l'hydroxyde de sodium(solide) dans l'eau se font sans variation de volume de la solution.

Tu es le rapporteur du groupe.

1- Donne :

- 1.1- la couleur de la solution contenue dans le bécher quand on n'a pas encore versé d'acide chlorhydrique ;
 - 1.2- la couleur de l'indicateur coloré à l'équivalence.
- 2- Détermine la concentration en mol/L de la solution d'hydroxyde de sodium.

3- Dis si la solution obtenue à l'équivalence est acide, basique ou neutre.

4- Détermine :

- 4.1- le volume de chlorure d'hydrogène (gaz) qu'il a fallu dissoudre pour obtenir 1 L de la solution d'acide chlorhydrique utilisée ;
- 4.2- la masse d'hydroxyde de sodium (solide) qu'il faut dissoudre pour obtenir 1 L de la solution dosée.

9 Votre professeur de Physique-Chimie veut tester vos acquis. Pour cela, il demande à ton groupe de travail de réaliser une série d'expériences afin de déterminer la masse m d'hydroxyde de sodium solide dissoute dans un volume V donné d'eau distillée. Tu es chargé(e) de mener avec précautions, les expériences puis de produire soigneusement le rapport de vos travaux pratiques.

- Tu prépares une solution A en dissolvant un volume V_A de chlorure d'hydrogène (dans les CNTP) dans un litre d'eau distillée.
- Tu dissous ensuite la masse m d'hydroxyde de sodium solide dans le volume V d'eau distillée pour obtenir une solution B.
- Tu prélèves dans un bécher un volume V_B de la solution B et tu y ajoutes de l'hélianthine.
- Tu verses enfin un volume V'_A de la solution A dans le bécher pour obtenir le virage de l'indicateur coloré.

Données :

- $V = 500 \text{ mL}$; $V_A = 4,48 \text{ L}$; $V_B = 20 \text{ mL}$; $V'_A = 40 \text{ mL}$;
- $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$; $M(\text{NaOH}) = 40 \text{ g/mol}$.

- 1- Donne la couleur prise par la solution B après l'ajout de l'indicateur coloré.
- 2- Détermine la concentration molaire volumique :
 - 2.1- de la solution A d'acide obtenue ;
 - 2.2- de la solution B de soude obtenue.
- 3- Détermine la masse m d'hydroxyde de sodium solide.

10 Au cours d'une expérience au laboratoire, le professeur de Physique-Chimie demande à ton groupe de travail de déterminer la concentration molaire volumique C_0 d'une solution d'acide chlorhydrique S_0 . Pour cela, vous prélevez un volume $V_0 = 10$ mL de la solution S_0 que vous introduisez dans une fiole jaugée de 250 mL avec de l'eau distillée et vous obtenez ainsi une solution S. Vous ajoutez progressivement à l'aide d'une burette, une solution d'hydroxyde de sodium de

concentration $C_1 = 0,2$ mol.L⁻¹ à un volume $V = 20$ mL de la solution S, en présence d'un indicateur coloré, le bleu de bromothymol. Il faut verser un volume $V_1 = 5$ mL pour observer le changement de teinte de l'indicateur coloré. Tu es désigné pour rédiger la production du groupe.

- 1- Écris l'équation-bilan de la réaction chimique qui se produit entre la solution d'acide chlorhydrique et la solution de soude.
- 2- Donne les caractéristiques de cette réaction chimique.
- 3- Détermine :
 - 3.1- le pH à l'équivalence acido-basique ;
 - 3.2- la concentration molaire volumique C_1 de la solution S ;
 - 3.3- la concentration C_0 de la solution initiale S_0 .

VI- RENDEZ-VOUS DES CURIEUX

PRINCIPE ET TECHNIQUES DE DOSAGE

En chimie, le dosage est la détermination de la quantité d'une substance ou de la concentration inconnue d'une solution.

Le principe général du dosage repose sur une équation chimique à l'équivalence, qui fait intervenir deux solutions :

- l'une est la solution titrée, solution dont on détermine la concentration ;
- l'autre est la solution titrante, solution de concentration connue.

Il existe un grand nombre de techniques de dosage dont nous allons présenter trois principales.

1- Le dosage par colorimétrie

Le dosage par colorimétrie consiste, comme son nom l'indique, à repérer l'équivalence grâce au changement de couleur du mélange.

Il faut donc qu'au moins l'une des solutions (la solution titrante ou la solution titrée) soit colorée pour que l'on puisse observer un changement de couleur à un moment donné.

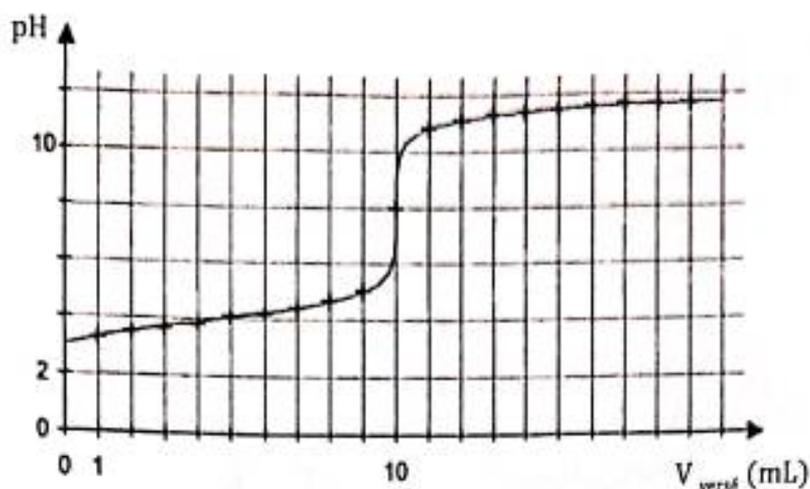
À défaut d'une coloration des solutions d'elles-mêmes, on utilise un indicateur coloré pour repérer la zone de virage (zone de changement de couleur).

Mais il faut noter que le dosage colorimétrique n'est pas très précis.

2- Le dosage pH-métrique

Le dosage pH-métrique est un dosage où l'on suit l'évolution du pH au cours de la réaction, à l'aide d'un pH-mètre dont la sonde plonge dans le mélange, pour relever le pH en fonction du volume versé. Pour que le pH varie beaucoup, il faut que la réaction de dosage soit une réaction acido-basique.

Un tableau de valeurs de pH en fonction du volume V de solution titrante versé permet de tracer la courbe $\text{pH} = f(V \text{ versé})$ que l'on exploite avec la méthode des tangentes qu'on étudiera en classe de terminale.

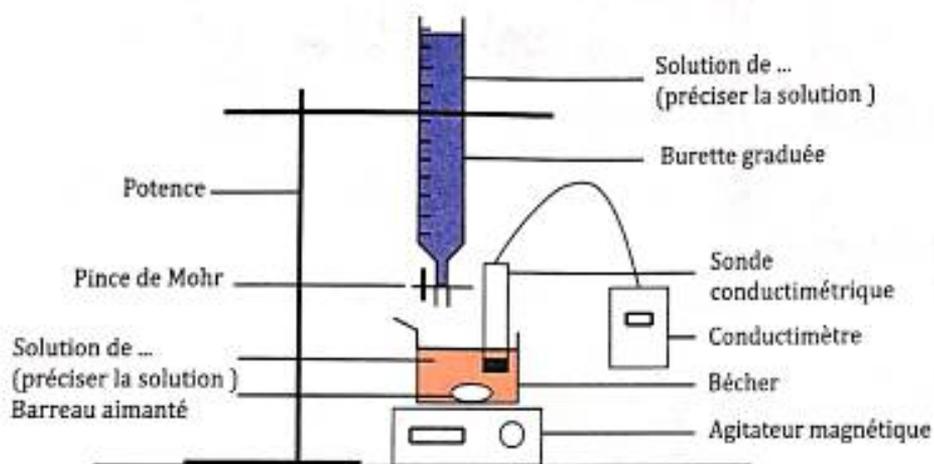


À l'équivalence, $V = 10$ mL et $\text{pH} = 8$.

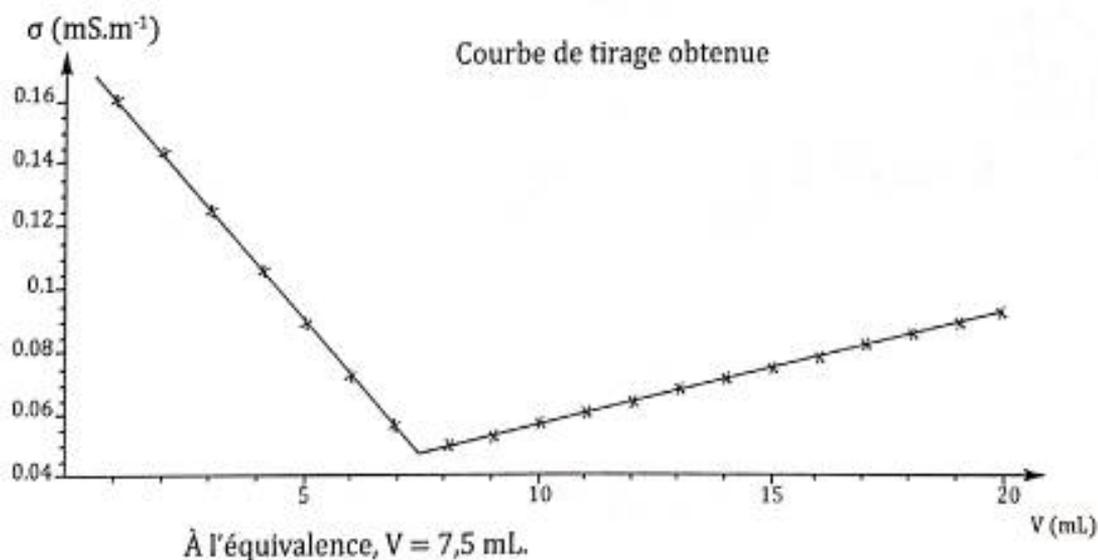
3. Le dosage par conductimétrie

Le dosage par conductimétrie (ou dosage conductimétrique) est un dosage où l'on suit l'évolution de la conductivité σ (sigma) de la solution au cours de la réaction.

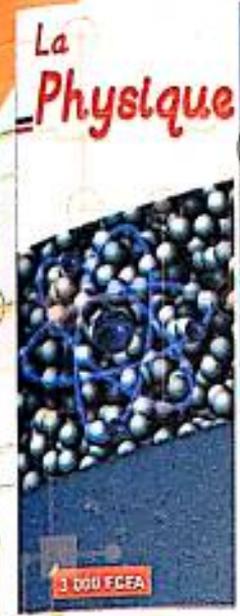
Il nécessite une sonde conductimétrique avec un conductimètre pour relever la conductivité σ en fonction du volume versé.



On trace la courbe $\sigma = f(V \text{ versé})$ et on obtient le style de graphe suivant :



COLLECTION PHYSIQUE-CHIMIE



DANS LA MÊME COLLECTION

