

Niveau : 2nde AC

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS

TITRE DE LA LEÇON : L'ÉLÉMENT CHIMIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Koffi en classe de 2ndC au Lycée Moderne 2 de Bouaflé a découvert sur internet que le sang contient l'élément fer. Koffi ne comprend pas.

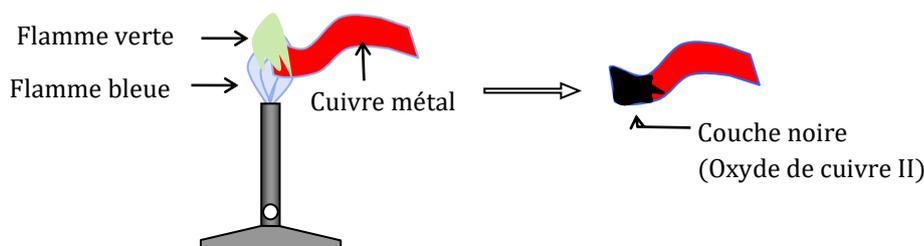
Il partage cette information avec ses camarades de classe. Ensemble, sous la supervision de leur professeur, ils entreprennent de définir l'élément chimique à partir de quelques réactions chimiques, d'écrire les symboles de quelques éléments chimiques et de les nommer.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1- Mise en évidence expérimentale de l'élément cuivre

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

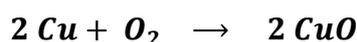
1.1.1. Expérience et observations



La combustion du cuivre

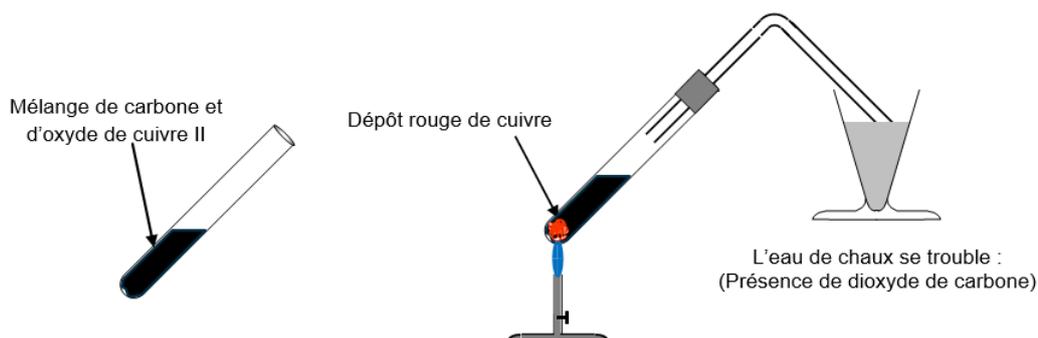
1.1.2. Conclusion

Le métal cuivre (Cu) réagit avec le dioxygène de l'air (O₂) pour donner l'oxyde de cuivre II (CuO). Cette réaction est traduite par l'équation bilan suivante :



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

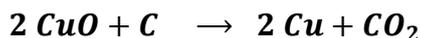
1.2.1. Expérience et observations



Action du carbone sur l'oxyde de cuivre

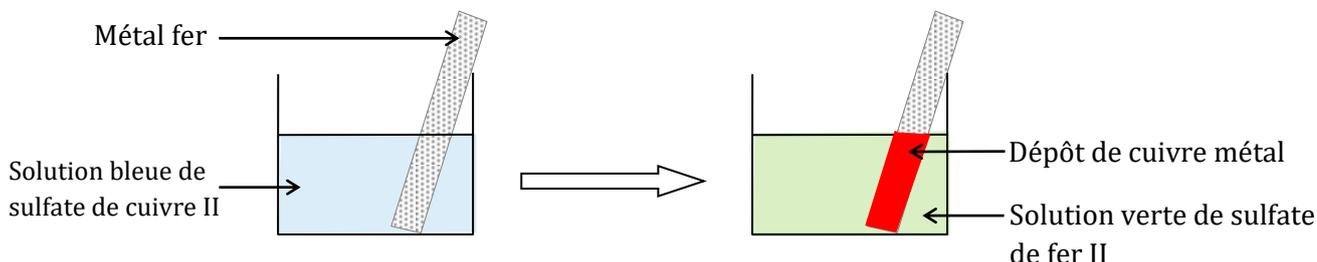
1.2.2. Conclusion

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



1.3. L'action du fer sur les ions cuivre II

1.3.1. Expérience et observations



Réaction entre le fer et les ions cuivre II

1.3.2. Interprétation

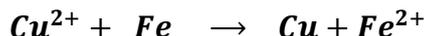
La solution se décolore : les ions Cu^{2+} disparaissent.

Le fer se recouvre de métal cuivre (Cu).

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

1.3.3. Conclusion

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



2- L'élément chimique

2.1 Définition

Le cuivre est commun au métal cuivre, à l'oxyde de cuivre II et à l'ion cuivre : le cuivre est un élément chimique.

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

2.2 Corps simple- Corps composé

Un corps simple est constitué d'un seul élément.

Exemples : H_2 ; Ne ; O_3

Un corps composé est constitué de plusieurs éléments.

Exemples : H_2O ; NH_3 ; CH_4

2.3 Symboles des éléments chimiques

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

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

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

Attention ! Certains symboles d'éléments usuels dérivent des noms anciens ou de noms étrangers

Nom de l'élément	Azote	Sodium	Potassium	Mercure	Or	Etain	Tungstène
symbole	N	Na	K	Hg	Au	Sn	W
Ancien nom	Nitrogène	Natrium	Kalium	hydrargyrum	Aurum	Stannum	Wolfram

Activité d'application

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

1. Les éléments chimiques communs aux hydrocarbures, au sucre ($C_6H_{12}O_6$) et à l'alcool (C_2H_6O) sont le et l'.....
2. Ces éléments sont reconnus par leurs symboles et

Solution

1. Les éléments chimiques communs aux hydrocarbures, au sucre ($C_6H_{12}O_6$) et à l'alcool (C_2H_6O) sont le **carbone** et l'**hydrogène**
2. Ces éléments sont reconnus par leurs symboles **C** et **H**.

Situation d'évaluation

Le Professeur de Physique-Chimie organise une séance de travaux dirigés de chimie à l'endroit de votre classe. Il met à votre disposition les formules suivantes d'espèces chimiques : Cl_2 ; NH_3 ; CO_3^{2-} ; $C_8H_{10}N_4O_2$; $Al_2(SO_4)_3$, HCl ; $C_{12}H_{22}O_{11}$; O_2 .

Il vous demande de trouver les éléments chimiques que certaines espèces chimiques ont en commun. Propose ta solution.

1.
 - 1.1. Cite les éléments chimiques qui forment les espèces chimiques citées plus haut.
 - 1.2. Nomme chacun de ces éléments chimiques.
2. Regroupe toutes les espèces chimiques qui ont en commun l'élément chimique oxygène.
3. Précise l'élément chimique en commun aux composés ci-dessous :
 - 3.1 $C_8H_{10}N_4O_2$ et $Al_2(SO_4)_3$
 - 3.2 NH_3 et $C_{12}H_{22}O_{11}$

Solution

1. Donne :
 - 1.1 Cl , N , H , O , C , S , Al ;
 - 1.2 Le chlore Cl , l'azote N , l'hydrogène H , l'oxygène O , le carbone C , le soufre S et l'aluminium Al .
2. Composés qui ont en commun l'élément oxygène.

CO_3^{2-} ; $C_8H_{10}N_4O_2$; $Al_2(SO_4)_3$, $C_{12}H_{22}O_{11}$; O_2 .
3.
 - 3.1 Ils ont en commun l'élément chimique oxygène O .
 - 3.2 Ils ont en commun l'élément chimique hydrogène H .

III. EXERCICES

Exercice 1

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

Ils ont en commun l'élément chimique

1. soufre.

2. carbone
3. oxygène.
4. fer.

Recopie la bonne réponse

Solution

4. fer.

Exercice 2

Complète le texte suivant avec les mots ou groupes de mots qui conviennent : **élément ; sulfure d'hydrogène ; sulfure de fer ; soufre.**

Le soufre, de couleur jaune est utilisé comme produit d'expérience dans les laboratoires.

Lorsqu'on brûle un mélange homogène de poudre de fer et de soufre, il se forme un solide gris appeléL'action de l'acide chlorhydrique sur le solide gris, produit du qui à son tour, donne du solide en présence de dioxygène. Le soufre est commun au corps simple soufre et à tous ces composés : c'est un chimique.

Solution

Le soufre, de couleur jaune est utilisé comme produit d'expérience dans les laboratoires.

Lorsqu'on brûle un mélange homogène de poudre de fer et de soufre, il se forme un solide gris appelé **sulfure de fer**. L'action de l'acide chlorhydrique sur le solide gris produit du **sulfure d'hydrogène** qui à son tour, donne du **soufre** solide en présence de dioxygène. Le soufre est commun au corps simple soufre et à tous ces composés : c'est un **élément** chimique.

Exercice 3

La molécule de chlorophylle a pour formule brute $C_{55}H_{72}N_4O_5Mg$.

Écris les noms des éléments chimiques que renferme cette molécule.

Solution

Noms des éléments chimiques :

C : élément carbone ; H : élément hydrogène ; N : élément azote ; O : élément oxygène ; Mg : élément magnésium

Exercice 4

En vue d'identifier les éléments chimiques contenus dans le saccharose (sucre), ton professeur de physique-chimie fait chauffer du sucre en vase clos.

À l'issue du chauffage, il se forme du « charbon de sucre » et de la vapeur d'eau.

Il te demande d'interpréter ces résultats.

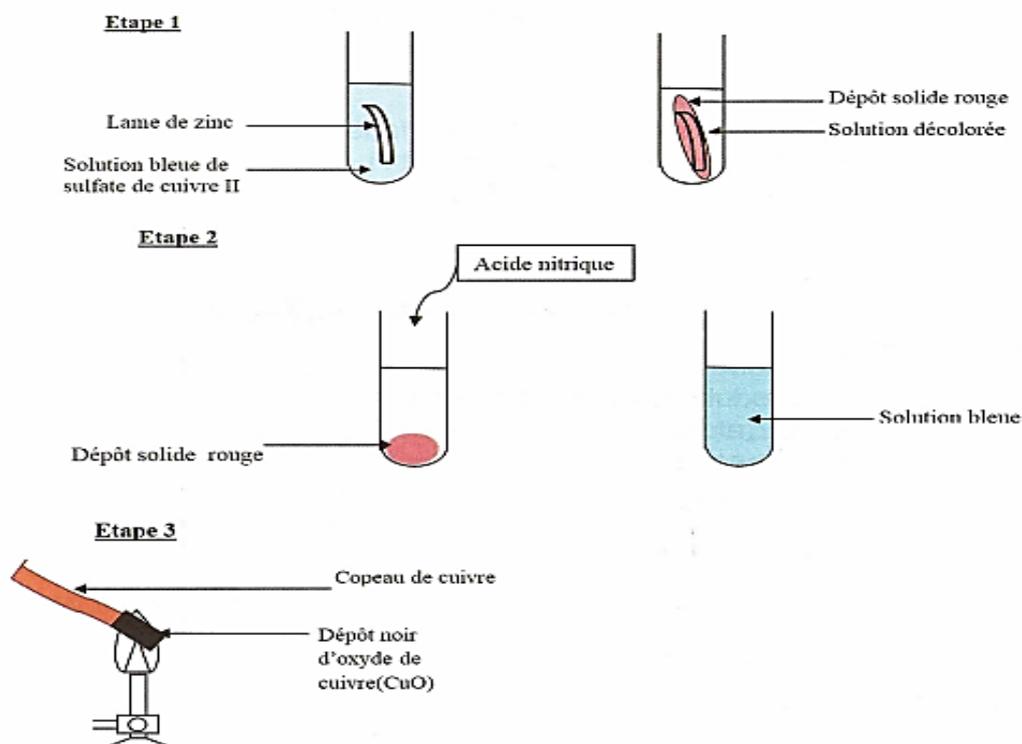
- 1) Définis l'élément chimique.
- 2) Nomme les éléments chimiques contenus dans le charbon et dans la vapeur d'eau.
- 3) Déduis des produits de la réaction chimique, les éléments chimiques contenus dans le saccharose.

Solution

- 1) L'élément chimique est ce qui est commun à un corps simple et à tous ses composés.
- 2) Éléments chimiques :
 - Dans le charbon : élément carbone
 - Dans la vapeur d'eau : élément hydrogène et élément oxygène.
- 3) Éléments chimiques dans le saccharose
 - Élément carbone, élément hydrogène et élément oxygène

Exercice 5

Lors de la fête du cinquantenaire de ton établissement, l'exposition de ton club de chimie a fait l'objet de beaucoup d'attention de la part des élèves. Des élèves de la seconde C₃ présents sur les lieux apprennent, à partir des expériences décrites ci-dessous, que le cuivre est un élément chimique.



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

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

Solution

1. Le métal cuivre.
2. Les ions cuivre II.
3. Les atomes de cuivre, les ions cuivre et l'oxyde de cuivre.
4. le cuivre est l'élément commun au metal cuivre, à l'ion cuivre II et a l'oxyde de cuivre CuO.

IV. DOCUMENTATION

Histoire de la découverte des éléments chimiques

Cet article présente, dans l'ordre chronologique, les dates auxquelles ont été découverts quelques **éléments chimiques**, ainsi que les auteurs de ces découvertes. Certains éléments sont connus depuis des temps immémoriaux, mais la plupart ont été découverts au cours de l'époque contemporaine.

- **Carbone** : Le carbone est connu depuis la plus haute Antiquité sous ses trois formes allotropiques naturelles : la suie, le graphite et le diamant. Cependant, le graphite semble avoir été longtemps confondu avec le plomb, et l'est encore dans l'expression vulgaire mine de plomb (ou plombagine) pour désigner la matière dont est faite la mine des crayons noirs, qui est du graphite et n'a chimiquement rien à voir avec du plomb. Le carbone étant l'élément simple qui présente les variétés allotropiques les plus

distinctes, il n'a pas été réellement reconnu comme élément avant la fin du XVIII^e siècle. Lavoisier semble un des premiers à avoir identifié que le diamant brûlait en donnant de l'oxyde de carbone.

- **Soufre** : Homère en parle dans l'Odyssée. Le soufre se trouve à l'état natif sur terre, à proximité des volcans notamment. Après le carbone, c'est certainement l'un des éléments chimiques connu depuis l'Antiquité la plus reculée. Il servait notamment à purifier les emplacements infestés de vermine, et à blanchir les tissus. Son action antiseptique et dermatologique (traitement de l'eczéma et des psoriasis) pourrait être également très ancienne. La connaissance de l'acide sulfurique ou vitriol est également ancienne, mais postérieure à l'Antiquité qui avait recours à des fumigations de soufre pour blanchir les tissus et non pas à des immersions. La reconnaissance du caractère élémentaire du soufre date de Lavoisier.
- **Or** : On peut tenir pour vraisemblable que l'or est le métal connu depuis le plus longtemps : il se trouve à l'état natif. C'est aussi le plus rare des éléments courants et il a toujours été tenu pour le plus beau des métaux. Cependant, Pline indique bien qu'il ne vaut rien pour l'art de la guerre, où il ne saurait remplacer le fer, beaucoup plus dur !
- **Argent** : Il se trouve également à l'état natif, mais aussi mêlé aux minerais de plomb dont il est séparé par coupellation depuis l'Antiquité. L'argent était le métal favori des Romains qui s'en servaient comme unité de prix.
- **Cuivre** : C'est l'un des plus anciens métaux connus. C'est également l'un des composants, avec l'étain et le zinc, des bronzes et airains préhistoriques à partir de 4 000 ans av. J.-C. Les premiers bronzes sont des alliages cuivre arsenic. On trouve le cuivre surtout sous forme de sulfure (Cu_2S chalcocite aussi appelée cyprite), de sulfure mixte (chalcopyrite où le cuivre est mêlé à du fer), et de carbonate (malachite - $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$). La malachite est connue depuis l'Antiquité et servait non seulement de minerai de cuivre, mais également de colorant vert. Les premiers objet de cuivre sont élaborés à partir de cuivre natif (perles en cuivre de Çatalhöyük en Turquie). Les objets de cuivre les plus anciens jamais produits par extraction de minerai ont été découverts également en Anatolie. Pline ne distingue pas le cuivre du bronze ou du laiton, et appelle tout cela « aes ». Il distingue cependant trois principales variétés de ce métal, selon les lieux de production. Ces variétés ne sont pas faciles à reconstituer, les proportions des alliages cuivre-zinc-étain ayant beaucoup varié dans le monde antique.
- **Plomb** : Le plomb est peut-être connu depuis aussi longtemps que le cuivre. C'était un métal très familier des Romains qui l'extrayaient couramment de ses deux minerais principaux la litharge (oxyde PbO) et surtout la galène (sulfure PbS). Le plomb était utilisé par les Romains pour faire des tuyauteries d'eau. Le carbonate de plomb (céruse PbCO_3) et le sesquioxyde (minium Pb_3O_4) sont utilisés comme colorants blanc et rouge respectivement depuis l'Antiquité. Malgré son caractère toxique, la céruse semble avoir été utilisée par les Romaines pour s'éclaircir le teint du visage, si on en croit Pline. L'étain, le plomb et leurs alliages ont été longtemps tenus pour de simples variétés différentes d'un même métal. Le plus vieil objet en plomb serait une statuette d'Osiris trouvée à Abydos datant de 3 800 ans av. J.-C.
- **Mercure** : Connu des Indiens et des Chinois depuis 200 av. J.-C. (On rapporte que le mausolée de l'empereur Qin aurait contenu à l'origine des rivières de mercure). Trouvé dans des tombes égyptiennes de -1500. Bien connu des Grecs et des Romains. Il était extrait de son sulfure, le cinabre (HgS) que Pline confond avec l'oxyde de plomb et appelle minium.
- **Fer** : Probablement d'abord trouvé, allié à du nickel, sous forme de fer natif d'origine météoritique, puis fabriqué par grillage des pyrites (FeS_2), et surtout au moyen de la réduction à chaud au charbon des minerais d'oxydes tels l'hématite (Fe_2O_3), le fer est connu depuis la Préhistoire : l'invention des méthodes de fabrication du fer est en effet antérieure à celle de l'écriture pour la plupart des peuples.

Les premiers objets en fer connus sont des perles trouvées en Turquie et fabriquées à partir de fer météoritique (alliage de fer et de nickel). Les Hittites, qui sont l'un des premiers peuples à l'avoir utilisé en fabriquaient de manière certaine à partir de minerai depuis au moins 1 500 av. J.-C. On a longtemps pensé que le fer était apparu dans l'actuelle Turquie, mais il est possible que sa fabrication ait son origine en Inde (~1800 av. J.-C.) ou en Afrique orientale (~1200 av. J.-C.), car des découvertes d'objets en fer extrêmement anciens ont été réalisées dans ces régions. Au vu de ces trouvailles récentes, l'origine de la fabrication du fer

doit être repensée et il paraît même aujourd'hui possible que le fer soit apparu dans plusieurs régions indépendamment. Le fer ne semble pas connu des premières dynasties d'Égypte et de Mésopotamie, mais ces peuples ont utilisé le fer par la suite. En accord avec le fait qu'elle requiert des températures nettement supérieures, l'apparition de la fonte est beaucoup plus récente que celle du fer (Chine - IV^e siècle). Les anciens Grecs et Romains connaissaient très bien le fer, et l'utilisaient pour la fabrication des armes pour lesquelles sa dureté le rend très supérieur au bronze. Il est très vraisemblable que bien des objets de fer ne nous sont pas parvenus, à cause des effets dévastateurs de la rouille.

- **Zinc** : Connu depuis l'Antiquité pour la fabrication d'alliage (vases grecs du V^e siècle av. J.-C.), le zinc ne semble pas avoir été clairement identifié en tant que tel par les anciens. Berthelot pense qu'il était tenu pour une simple variété du plomb. C'est, avec l'étain et le cuivre, un composant des bronzes antiques. Son principal minerai, la calamine $ZnCO_3$, était mélangé aux minerais de cuivre et d'étain pour produire de l'airain. Il semble n'avoir été produit en tant que zinc qu'au XIV^e siècle, en Inde. Il était connu des alchimistes du XVI^e siècle, notamment Paracelse. L'un des premiers rapports modernes redécouvrant sa préparation (réduction de la calamine par le charbon) est celui d'Andreas Sigismund Marggraf en 1746.
- **Hydrogène** : Du grec *hudôr* (eau) et *gennan* (générer). L'hydrogène en tant que gaz produit par l'action d'acides forts sur beaucoup de métaux est identifié depuis longtemps par les alchimistes. Henry Cavendish a reconnu en 1766 le caractère simple de ce gaz et le caractère composé de ce produit chimique si important qui est l'eau. C'est pourquoi on lui attribue parfois la découverte de l'hydrogène.
- **Oxygène** : Du grec *oxus* (acide) et *gennan* (générer). L'oxygène a-t-il été découvert par Pierre Bayen ? Joseph Priestley ? Carl Wilhelm Scheele ? Lavoisier ? Est-il connu de toute Antiquité ? Les anciens Chinois semblent avoir reconnu l'existence de deux principes différents dans l'air. Le Suédois Scheele a identifié qu'une partie seulement de l'air semblait participer aux combustions. Le Britannique Joseph Priestley découvre indépendamment l'air déphlogistiqué en 1774, mais ce n'est qu'avec Lavoisier, au tournant des années 1780 que la nature de l'oxygène est enfin reconnue, et que le développement de la chimie minérale va véritablement exploser. Après cette découverte, la notion d'élément chimique étant mieux établie, les ambiguïtés sur les auteurs et les dates des découvertes vont s'estomper.
- **Azote** : de « a » sans et « zoe » vie : « sans vie » en grec. La découverte de l'azote est difficile à attribuer, de même que celle de l'oxygène. On a pu en honorer Daniel Rutherford qui montra en 1772 que le gaz exhalé par les animaux n'est plus capable de maintenir une bougie allumée. La notion claire de ce que l'air est essentiellement composé de deux gaz, l'un plutôt inerte et lié aux composés nitrés, et l'autre actif dans les processus d'oxydation émerge à la fin du XVIII^e siècle des travaux de plusieurs grands chimistes et notamment de Cavendish, Priestley, Scheele, et Lavoisier.

Source : https://fr.wikipedia.org/wiki/Histoire_de_la_d%C3%A9couverte_des_%C3%A9l%C3%A9ments_chimiques

Niveau : 2nde

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS

TITRE DE LA LEÇON : STRUCTURE DE L'ATOME

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 2ndC au Lycée Moderne¹ de Bouaflé apprend de son frère qui est en classe de Terminale que tout atome a une structure particulière.

Il partage l'information avec ses camarades de classe. Avec l'aide de leur professeur de Physique-Chimie, ces élèves entreprennent de décrire un atome, de déterminer la structure électronique d'un atome et d'écrire les représentations de Lewis de quelques atomes.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Les constituants de l'atome

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

1.1. L'électron

L'électron a pour :

- symbole : e^-
- masse : $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ kg
- charge : $q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ C

$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C est la charge élémentaire.

1.2. Le noyau

Le noyau est formé de particules élémentaires appelées **nucléons**. On distingue deux sortes de nucléons :

- les **protons** qui portent chacun une charge positive égale à la charge élémentaire $+e$;
- les **neutrons** qui sont électriquement neutres (non chargés)

Particule	Symbole	Charge	Masse
Proton	p	$+e = 1,6 \cdot 10^{-16}$ C	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg
Neutron	n	0	$m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg

2. Nucléides et isotopes

2.1. Numéro atomique et nombre de masse

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

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

Si on désigne par N, le nombre de neutrons alors : $A = Z + N$ d'où $N = A - Z$.

2.2. Nucléide

Un nucléide est l'ensemble des atomes dont le noyau possède le même couple (**Z, A**).

Il est représenté par le symbole ${}^A_Z X$; X est le symbole de l'élément chimique.

Exemples :

${}^{16}_8 O$ et ${}^{23}_{11} Na$ sont deux nucléides différents.

2.3. Isotopie

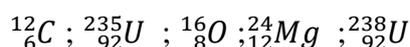
On dit que deux nucléides sont **isotopes** s'ils ont le même numéro atomique Z mais des nombres de masse A différents.

Exemple :

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

Activité d'application

1- Indique le nombre de protons et de neutrons dans les nucléides suivants :



2- Parmi ces nucléides, indique ceux qui sont des isotopes. Justifie ta réponse.

Solution

1-

	$^{12}_6C$	$^{235}_{92}U$	$^{16}_8O$	$^{24}_{12}Mg$	$^{238}_{92}U$
Nombre de protons	6	92	8	12	92
Nombre de neutrons	6	143	8	12	146

2- Les nucléides $^{235}_{92}U$ et $^{238}_{92}U$ sont des isotopes.

Car ils possèdent le même numéro atomique mais ils ont des nombres de masse différents.

2.4. Élément chimique

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

Exemple :

Élément hydrogène : Z = 1, Élément azote : Z = 7, élément chlore : Z = 17, Élément cuivre : Z = 29.

2.5. L'électroneutralité de l'atome

Dans un atome, il y a autant de charges électriques positives dans le noyau qu'il y a de charges électriques négatives portées par les électrons qui gravitent autour du noyau. L'atome est donc **électriquement neutre**.

Remarque :

Un atome dont le noyau contient Z protons possède aussi Z électrons.

3. Masse et dimensions des atomes

3.1. Masse d'un atome

$$\text{On a : } m_p = 1,67265 \cdot 10^{-27} \text{ kg et } m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$
$$\frac{m_p}{m_{e^-}} = \frac{1,67265 \cdot 10^{-27}}{9,1 \cdot 10^{-31}} \approx 1836 \Rightarrow m_p = 1836 \times m_{e^-}$$

La masse des nucléons étant très supérieure à celle des électrons ($m_p = m_n = 1836 \times m_{e^-}$), la masse de l'atome est **pratiquement égale** à celle de son noyau.

La masse approximative de l'atome est donc : **$m_{\text{at}} = A \times m_p$** .

Activité d'application

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

Solution

Masses approximatives des espèces : ${}^{35}_{17}\text{Cl}$; ${}^{24}_{12}\text{Mg}$

Pour l'atome ${}^{35}_{17}\text{Cl}$: $m = 35 \times m_p = 35 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 5,85 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

Pour l'atome ${}^{24}_{12}\text{Mg}$: $m = 24 \times m_p = 24 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 4,01 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

3.2. Dimension de l'atome

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

4. Structure électronique des atomes

4.1. Couches électroniques

Les électrons d'un atome se répartissent dans des régions autour du noyau appelées **couches électroniques**. Ces couches électroniques sont désignées de la plus proche du noyau à la plus éloignées par des lettres majuscules : **K, L, M, N,**

Ordre de la couche (n)	1	2	3	4
Désignation de la couche	K	L	M	N

4.2. Répartition des électrons sur les couches

La répartition des électrons sur les différentes couches obéit aux règles suivantes :

- **1^{ère} règle** : elle fixe le nombre maximal d'électrons par couche.

Le nombre maximal d'électrons pouvant appartenir à une couche dont l'ordre est n, est $2n^2$

Ordre de la couche (n)	1	2	3	4
Couche	K	L	M	N
Nombre maximum d'électrons ($2n^2$)	2	8	18	32

- **2^e règle** : elle indique l'ordre de remplissage des couches.

Les électrons se répartissent sur les couches successives dans l'ordre K, L, M, N,

Remarques.

- Cette règle subit quelques entorses pour les éléments du numéro atomique $Z \geq 19$. Il faut alors la remplacer par des règles plus fines qui ne peuvent être étudiées au secondaire.

Exemples : le calcium Ca ($Z=20$), le potassium K ($Z=19$).

- Lorsqu'une couche contient $2n^2$ électrons, elle est dite **saturée**.
- La dernière couche occupée est appelée **couche électronique externe (ou couche de valence ou encore couche périphérique)**.

4.3. Formule électronique

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

Exemple de l'aluminium

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

Activité d'application

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

Solution

${}^{12}_6\text{C}$: $z = 6$; K^2L^4 .

${}^{35}_{17}\text{Cl}$: $z = 17$; $K^2L^8M^7$.

${}^4_2\text{He}$: $z = 2$; K^2 .

${}^{24}_{12}\text{Mg}$: $z = 12$; $K^2L^8M^2$.

${}^{40}_{20}\text{Ca}$: $z = 20$; Le cas du calcium est particulier. La couche M ne se remplit pas lorsque le remplissage de la couche suivante N commence. $K^2L^8M^8N^2$.

4.4. Représentation de LEWIS des atomes

La représentation de Lewis ou schéma de Lewis a pour but de schématiser la répartition des électrons périphériques dans la couche externe d'un atome. Elle s'obtient en plaçant autour du symbole de l'élément :

- soit des points pour représenter les électrons célibataires (●) ;
- soit des tirets pour représenter les doublets d'électrons (—).

Exemples :

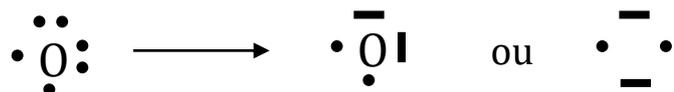
* Al ($Z = 13$) $K^2L^8M^3$

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



* O ($Z = 8$) K^2L^6

La couche externe comporte six électrons ($6e^-$) ; on a :



Activité d'application

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

Solution

${}^{12}_6\text{C}$: $z = 6$; K^2L^4 . Le carbone a 4 électrons sur sa couche externe. $\cdot \overset{\cdot}{\text{C}} \cdot$

${}^{35}_{17}\text{Cl}$: $z = 17$; $K^2L^8M^7$. Le chlore a 7 électrons sur sa couche externe. $\text{I} \overset{\cdot}{\text{Cl}} \cdot$

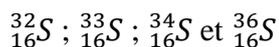
${}^4_2\text{He}$: $z = 2$; K^2 . L'hélium a 2 électrons sur sa couche externe. $\overset{\cdot}{\text{He}}$

${}^{24}_{12}\text{Mg}$: $z = 12$; $K^2L^8M^2$. Le magnésium a 2 électrons sur sa couche externe. $\cdot \text{Mg} \cdot$

${}^{40}_{20}\text{Ca}$: $z = 20$; $K^2L^8M^8N^2$. Le calcium a 2 électrons sur sa couche externe. $\cdot \text{Ca} \cdot$

Situation d'évaluation

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



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

Tu es appelé à l'aider.

1- Donne sous forme d'un tableau, la constitution de chaque nucléide.

2-

2.1. Donne la définition des isotopes.

2.2. Dis si ces nucléides sont isotopes.

3- Détermine la structure électronique du soufre.

4- Ecris la représentation de Lewis du soufre.

Solution

1- Donne sous forme d'un tableau, la constitution de chaque nucléide.

	${}_{16}^{32}\text{S}$	${}_{16}^{33}\text{S}$	${}_{16}^{34}\text{S}$	${}_{16}^{36}\text{S}$
Nombre de protons	16	16	16	16
Nombre de neutrons	16	17	18	20

2-

2.1. Définition

Des isotopes sont des éléments chimiques qui ont le même numéro atomique mais des nombres de masses atomiques différentes.

2.2. Ces nucléides sont des isotopes.

3- Structure électronique du soufre.



4- Représentation de Lewis du soufre.



III. EXERCICES

Exercice 1

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

Les chiffres 17 et 35 représentent respectivement:

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

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse

Solution

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

Exercice 2

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

- a- $\text{K}^2\text{L}^9\text{M}^6$
- b- $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$
- c- $\text{K}^2\text{L}^7\text{M}^8$

Entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse

Solution

- a- $\text{K}^2\text{L}^9\text{M}^6$
- (b)** $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$
- c- $\text{K}^2\text{L}^7\text{M}^8$

Exercice 3

Complète le tableau suivant :

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

Solution

Numéro atomique	Nom de l'atome	Symbole de l'atome	Constituants du noyau			Formule électronique	Représentation de Lewis
			Nombre de protons	Nombre de neutrons	Nombre de nucléons		
5	Bore	B	5	6	11	K^2L^3	$\cdot \overset{\cdot}{\text{B}} \cdot$
9	Fluor	F	9	10	19	K^2L^7	$\begin{array}{c} \text{---} \\ \text{F} \cdot \\ \text{---} \end{array}$
11	Sodium	Na	11	12	23	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$	$\text{Na} \cdot$
18	Argon	Ar	18	22	30	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$	$\begin{array}{c} \text{---} \\ \text{Ar} \\ \text{---} \end{array}$

Exercice 4

À l'issue de la leçon sur la structure de la matière, le Professeur de Physique-Chimie de la 2nde C2 du Lycée Moderne d'Angré veut évaluer les acquis des élèves. À cet effet il leur soumet l'exercice suivant.

Le carbone contient trois isotopes : le carbone 12, le carbone 13 et le carbone 14.

Le professeur vous demande de déterminer les constituants de ces isotopes et de vérifier que la masse de l'atome est essentiellement concentrée dans le noyau.

Données : $m_p = m_n = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$ kg

Étant élève de la classe, donne ta production en répondant aux questions ci-dessous.

1. Définis les isotopes d'un élément chimique.
2. Écris les symboles des isotopes du carbone.
3. Donne la composition (nombre de protons, d'électrons et de neutrons) de leurs atomes.
4. On considère le carbone 12.
 - 4.1 Détermine le rapport $\frac{m_{\text{noyau}}}{m_{\text{électrons}}}$.
 - 4.2 Conclue.

Solution

1. On appelle isotopes d'un élément chimique les nucléides ayant même valeur de Z mais des valeurs différentes de A.
2. Les symboles de ces isotopes sont : ${}^{12}_6\text{C}$; ${}^{13}_6\text{C}$; et ${}^{14}_6\text{C}$.
3. Composition des atomes

Atomes	Nombre de protons	Nombre d'électrons	Nombre de neutrons
${}^{12}_6\text{C}$	6	6	6
${}^{13}_6\text{C}$	6	6	7
${}^{14}_6\text{C}$	6	6	8

4.

4.1 Le noyau est constitué de 6 protons et de 6 neutrons ($m_p = m_n$)

$$m_{\text{noyau}} = 12 \times 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$m_{\text{électrons}} = 6 \times 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\frac{m_{\text{noyau}}}{m_{\text{électrons}}} = 3666$$

4.2 La masse des électrons est négligeable devant celle des nucléons du noyau.

La masse de l'atome est essentiellement concentrée dans le noyau.

Exercice 5

Ta voisine de classe qui s'exerce pour le prochain devoir surveillé te propose l'exercice qu'elle a recopié dans un livre de physique-chimie. Il s'agit d'identifier un atome X dont le noyau contient 20 neutrons et porte une charge totale $Q = +30 \cdot 10^{-19}$ C.

On donne le tableau ci-dessous :

Nom de l'élément	Valeur de Z
Ar	18
K	19
Ca	20

Tu l'aide à identifier l'atome X.

1. Définis le numéro atomique Z d'un atome.
2. Détermine :
 - 2.1 le numéro atomique Z du l'atome ;
 - 2.2 le nombre de masse A ;
 - 2.3 le nombre d'électrons contenus dans l'atome X.
3. Identifie l'atome X.

Solution

1. Le numéro atomique Z d'un atome est le nombre de protons de son noyau.
2.
 - 2.1 $Z = \frac{Q}{e} = \frac{30,4 \cdot 10^{-19}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 19$
 - 2.2 $A = Z + N$
 $A = 19 + 20 = 39$ nucléons
 - 2.3 L'atome X étant électriquement neutre, le cortège électronique compte 19 électrons.
3. X est le potassium

IV. DOCUMENTATION

HISTORIQUE DU MODELE DE L'ATOME

Dès 420 avant J.C., **Démocrite** (philosophe grec) a l'intuition de l'existence des atomes et invente leur nom (« *atomos* » en grec qui signifie insécable). Ceux-ci sont très petits, de différentes formes (ronds ou crochus, lisses ou rugueux) et s'associent pour former les objets qui nous entourent.

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.



DEMOCRITE
IV^{ème} siècle AVJC

La matière est constituée de corpuscules invisibles à cause de leur extrême petitesse, indivisibles et éternels.

Mais non ! On sait tous que la matière est constituée des quatre éléments : l'eau, la terre, le feu et l'air...

ARISTOTE

IV^{ème} siècle AVJC



Les **alchimistes** du Moyen Age développent une chimie du « pifomètre ». Elle consiste plutôt en de multiples tentatives d'expériences plus ou moins au hasard en vue d'un but, par exemple transformer le plomb en or ! Si la compréhension des phénomènes inhérents aux expériences ne les intéresse pas leurs comptes rendus se révèlent de bonnes sources d'information pour les premiers chimistes « modernes » tel Lavoisier.

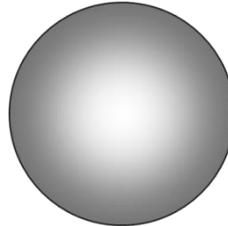
En 1647, un français, Pierre **GASSENDI**, remet au goût du jour l'idée d'atomes et affirme que toutes les substances se composent de particules indivisibles, les atomes. Les atomes diffèrent par la forme, la grandeur et la masse. Selon lui, l'atome, c'est la même chose que le matériau de construction des maisons. Avec trois sortes de matériaux – briques, planches et poutres – on peut construire une foule de bâtisses des plus diverses. De la même façon, quelques dizaines d'atomes différents permettent à la nature de créer des milliers de corps absolument différents. Dans chacun des corps, ces atomes se réunissent en petits groupes que Gassendi appellera « molécules ».

- En 1805, **John Dalton** annonce au monde l'existence des atomes.
- En 1881, **J.J. Thomson** découvre l'un des composants de l'atome. Il s'agit de particules élémentaires négatives appelées en 1891 **électrons**.
- 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.

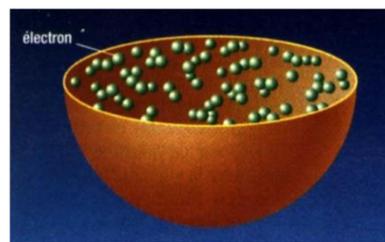
L'atome est une sphère simple et indivisible, semblable à une boule de billard



John Dalton 1808



- 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).



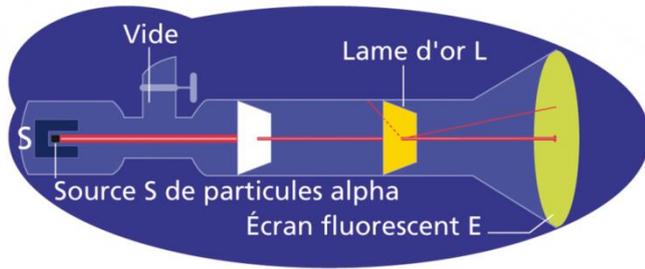
« Le pudding de THOMSON »

Un atome contient des particules négatives que j'appellerais électrons. Dans mon modèle, l'atome est constitué d'une boule pleine remplie d'une substance électriquement positive collée à des électrons.

Thomson 1897



- 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. 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.

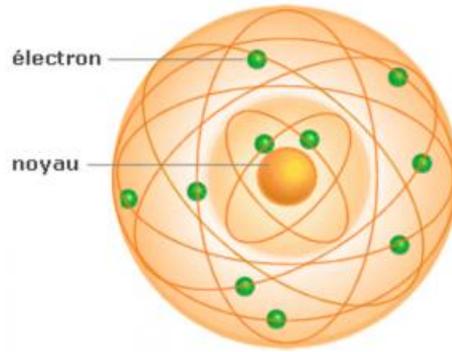


Expérience de Rutherford

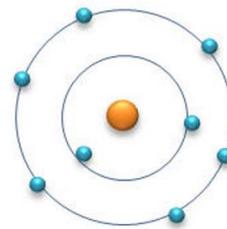


En bombardant une feuille d'or avec des particules positives, j'ai remarqué que la plupart de ces particules traversent la matière sans rebondir. J'en déduis un nouveau modèle : l'atome est constitué d'un noyau central, chargé positivement, autour duquel se déplacent des électrons négatifs. Entre les deux, il y a du vide.

Depuis, d'autres modèles plus complexes ont permis d'expliquer de nombreux autres phénomènes. Le modèle actuel de l'atome est l'aboutissement d'une longue histoire au cours de laquelle les représentations qu'on s'en fait ont profondément évolué.



Modèle de Rutherford

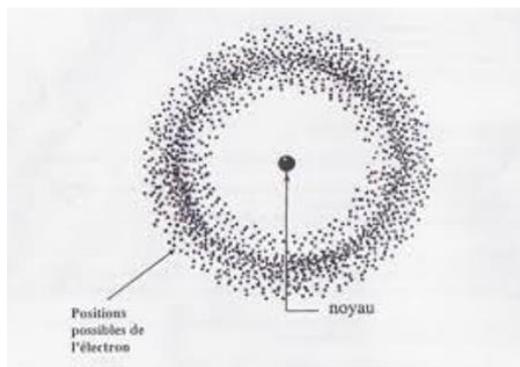


Modèle de Bohr

Selon mon modèle, les électrons tournent autour du noyau de l'atome sur des orbites bien définies.

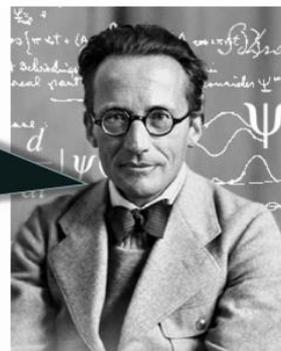


Bohr



Modèle de Schrödinger

Dans mon modèle, il n'est pas possible de définir précisément la position des électrons, on peut juste définir la probabilité de présence d'un électron autour du noyau.



Source : <http://pccollege.fr/cycle-4/cycle-4-classe-de-3eme/chapitre-i-la-constitution-des-atomes/>

Pour approfondir la leçon, se référer aux sites suivants :

https://www.superprof.fr/ressources/scolaire/physique-chimie/seconde/structure-matiere/electron-couche.html#chapitre_etude-de-la-structure-electronique

http://ww3.ac-poitiers.fr/math_sp/Pedago/CAPPHY/LATOME.PDF



THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS

TITRE DE LA LEÇON : CLASSIFICATION PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Tableau de classification périodique des éléments

1.1. Présentation du tableau de classification

Le tableau de classification périodique des éléments chimiques est un tableau à double entrée :

- une entrée horizontale appelée **période** ou **ligne** ;
- une entrée verticale appelée **groupe** ou **colonne**.

D'une manière générale, le tableau de classification comprend 18 colonnes et 7 lignes.

Dans notre étude, on se limitera à 4 périodes et 8 groupes qui donnent le tableau simplifié suivant.

Colonne	1	2	3	4	5	6	7	8
Période 1	${}^1_1\text{H}$ Hydrogène							${}^4_2\text{He}$ Hélium
Période 2	${}^3_3\text{Li}$ Lithium	${}^4_4\text{Be}$ Béryllium	${}^{11}_5\text{B}$ Bore	${}^{12}_6\text{C}$ Carbone	${}^{14}_7\text{N}$ Azote	${}^{16}_8\text{O}$ Oxygène	${}^{19}_9\text{F}$ Fluor	${}^{20}_{10}\text{Ne}$ Néon
Période 3	${}^{23}_{11}\text{Na}$ Sodium	${}^{24}_{12}\text{Mg}$ Magnésium	${}^{27}_{13}\text{Al}$ Aluminium	${}^{28}_{14}\text{Si}$ Silicium	${}^{31}_{15}\text{P}$ Phosphore	${}^{32}_{16}\text{S}$ Soufre	${}^{35}_{17}\text{Cl}$ Chlore	${}^{40}_{18}\text{Ar}$ Argon
Période 4	${}^{39}_{19}\text{K}$ Potassium	${}^{40}_{20}\text{Ca}$ Calcium						

Nombre de masse → A
 Numéro atomique → Z
 Nom → X
 Masse molaire (g/mol)

TABLEAU DE CLASSIFICATION PERIODIQUESIMPLIFIE

1.2. Règles d'édification du tableau de classification

En observant le tableau de classification, on peut retenir les règles suivantes :

-Les éléments chimiques sont classés par numéro atomique Z croissant.

A chaque valeur de Z correspond une case et une seule appartenant à une ligne et à une colonne. Z est le numéro de la case.

-Une ligne (ou période) correspond au remplissage d'une même couche électronique.

A chaque ligne, on remplit une couche électronique différente.

Exemples :

- 1^{ère} période : Elle correspond au remplissage de la couche K
 ${}_1\text{H} : \text{K}^1$ et ${}_2\text{He} : \text{K}^2$
- 2^{ème} période : Elle correspond au remplissage de la couche L
 ${}_3\text{Li} : \text{K}^2\text{L}^1$; ${}_4\text{Be} : \text{K}^2\text{L}^2$; ; ${}_{10}\text{Ne} : \text{K}^2\text{L}^8$
- 3^{ème} période : Elle correspond au remplissage de la couche M
 ${}_{11}\text{Na} : \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^1$; ${}_{12}\text{Mg} : \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^2$; ; ${}_{18}\text{Ar} : \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$

-une colonne (ou groupe) contient des éléments dont les atomes ont le même nombre d'électrons sur la couche externe. Elle correspond à une famille.

Remarques :

- Tous les isotopes d'un élément se trouvent dans la même case du tableau.
- Le numéro d'une ligne correspond au nombre de couches électroniques occupés dans l'atome.
- Des anomalies de remplissage apparaissent après la 3^{ème} période : la règle d'édification du tableau est partiellement respectée.

Exemple :

${}_{18}\text{Ar} : \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8$
 ${}_{19}\text{K} : \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8\text{N}^1$ } \Rightarrow le remplissage de la couche N (4^{ème} période) commence alors que la couche M (3^{ème} période) est encore insaturé.

Activité d'application

Situe les éléments suivants dans le tableau de classification simplifié :

C(Z = 6) ; S(Z = 16) ; Cl(Z = 17)

Solution

C : $(\text{K})^2(\text{L})^4$

Couche de valence : L (n = 2) \Rightarrow 2^{ème} ligne et 4 e- sur la couche externe \Rightarrow 4^{ème} colonne ; donc le carbone C est situé dans la 2^{ème} ligne et dans la 4^{ème} colonne.

S : $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^6$

Couche de valence : M (n = 3) \Rightarrow 3^{ème} ligne et 6 e- sur la couche externe \Rightarrow 6^{ème} colonne ; donc le soufre S est situé dans la 3^{ème} ligne et dans la 6^{ème} colonne.

Cl : $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^7$

Couche de valence : M (n = 3) \Rightarrow 3^{ème} ligne et 7 e- sur la couche externe \Rightarrow 7^{ème} colonne ; donc le chlore Cl appartient à la 3^{ème} ligne et à la 7^{ème} colonne.

2. Etude de quelques familles

Les familles correspondent aux colonnes du tableau. A l'intérieur d'une même famille, les éléments ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe, ce qui leur donne des propriétés chimiques analogues.

2.1. La famille des métaux alcalins

Elle est constituée des éléments de la première colonne à l'exception de l'hydrogène.

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

Lithium : $\text{Li} (Z = 3) \Rightarrow \text{K}^2\text{L}^1$

Sodium : $\text{Na} (Z = 11) \Rightarrow \text{K}^2 \text{L}^8\text{M}^1$

Potassium : $\text{K} (Z = 19) \Rightarrow \text{K}^2 \text{L}^8\text{M}^8 \text{N}^1$

Les métaux alcalins :

- ont un seul électron sur leur couche externe ;
- sont des corps métalliques simples, mous, peu denses ;
- s'oxydent très facilement au contact de l'oxygène de l'air.
- réagissent très violemment avec l'eau pour former des bases fortes et du dihydrogène.

2.2. La famille des métaux alcalino-terreux

Elle est constituée des éléments de la deuxième colonne.

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

Béryllium : $\text{Be} (Z = 4) \Rightarrow \text{K}^2\text{L}^2$

Magnésium : $\text{Mg} (Z = 12) \Rightarrow \text{K}^2\text{L}^8\text{M}^2$

- Calcium : $\text{Ca} (Z = 20) \Rightarrow \text{K}^2 \text{L}^8\text{M}^8 \text{N}^2$

Les métaux alcalino-terreux :

- ont deux électrons sur leur couche externe ;
- sont très réactifs et possèdent des propriétés chimiques très voisines de celles des alcalins ;
- s'oxydent en donnant des oxydes réfractaires (qui résistent à des températures élevées)

2.3. La famille des halogènes

Elle est constituée des éléments de la septième colonne (avant dernière colonne).

Ce sont **le fluor, le chlore, le brome et l'iode.**

Fluor : $\text{F} (Z = 9) \Rightarrow \text{K}^2\text{L}^7$

Chlore : $\text{Cl} (Z = 17) \Rightarrow \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^7$

Les halogènes :

- ont sept électrons sur leur couche externe ;
- existe sous la forme de corps simples diatomiques (F_2 , Br_2 , Cl_2) ;
- ont un fort caractère oxydant (tendance à gagner un électron) ;
- réagissent facilement avec les métaux et l'hydrogène pour donner des halogénures métalliques

Exemple : NaCl (chlorure de sodium ou sel de cuisine).

2.4 La famille des gaz rares

Elle est constituée des éléments de la huitième colonne ou dernière colonne.

Ce sont: **l'hélium, le néon, l'argon, le krypton, le xénon.**

- Hélium : He ($Z = 10$) $\Rightarrow K^2$
- Néon : Ne ($Z = 40$) $\Rightarrow K^2 L^8$
- Argon : Ar ($Z = 18$) $\Rightarrow K^2 L^8 M^8$

Les gaz rares

-ont huit électrons sur leur couche externe (sauf l'hélium qui en possède seulement deux).

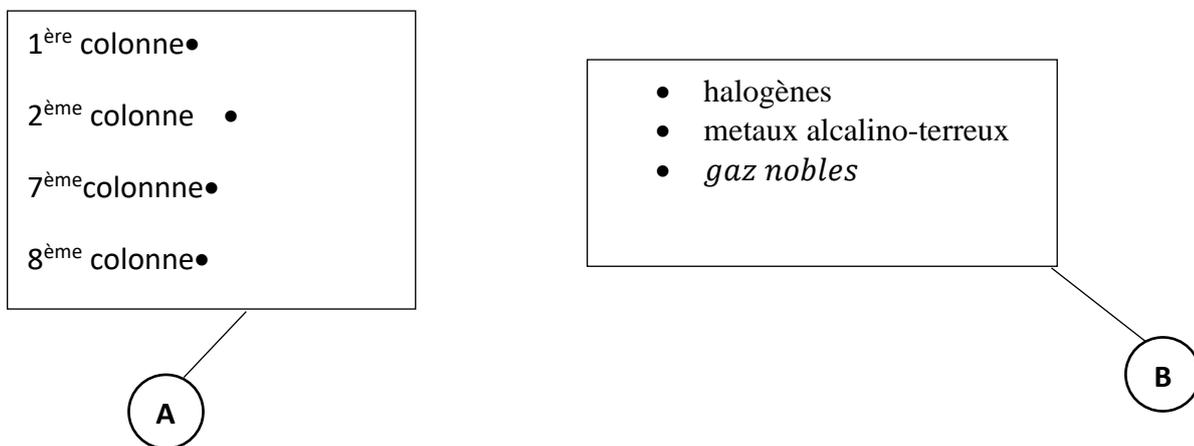
-existent sous la forme de corps simples monoatomiques gazeux.

-sont caractérisés par une absence quasi-totale de réactivité chimique : on parle d'**inertie chimique**.

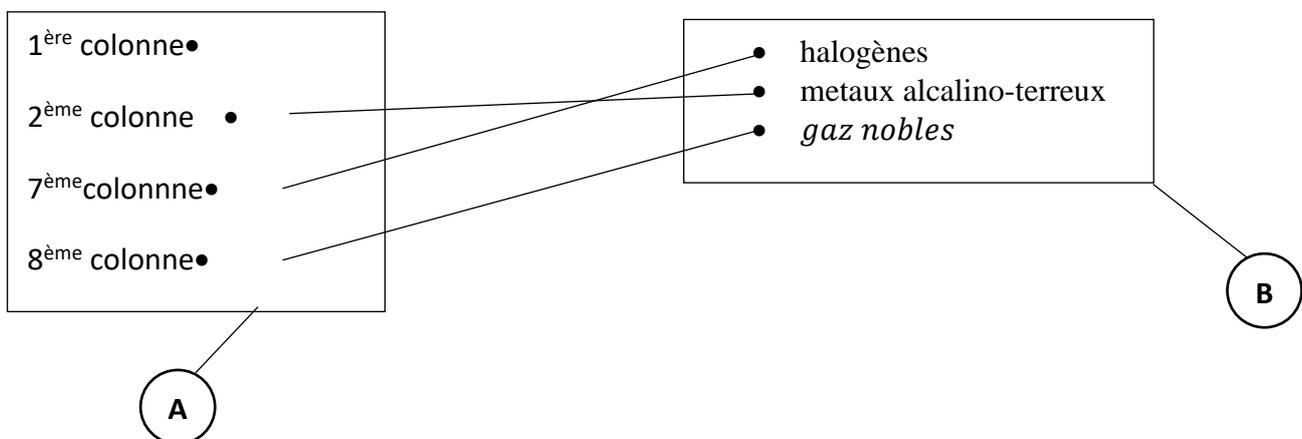
On les appelle encore **gaz nobles**.

Activité d'application

Relie chaque colonne à sa famille.



Solution



3. Interet de la classification periodique

Lorsqu'on connaît la position d'un élément dans le tableau de classification périodique, on peut en déduire sa structure électronique et prédire ses propriétés chimiques.

Situation d'évaluation

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

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

1. Ecris la structure électronique de cet élément chimique.
2. Donne :
 - 2.1. sa position dans le tableau de classification (colonne et ligne) ;
 - 2.2. son nom et son symbole chimique ;
 - 2.3. sa représentation de Lewis ;
 - 2.4. le nom de la famille à laquelle appartient cet élément ;
 - 2.5. une particularité et une propriété chimique communes des éléments de cette famille.

Solution

1- Structure électronique : K^2L^7

2-

2.1 Il appartient à la 2^{ème} période et 7^{ème} colonne

2.2 C'est le Fluor (F)

2.3 Représentation de Lewis



2.4 Il appartient à la famille des halogènes

2.5 Leurs atomes ont sept électrons sur leur couche externe.

- Ils existent sous la forme de corps simples diatomiques (F_2 , Br_2 , Cl_2) ;

- ils réagissent facilement avec les métaux et l'hydrogène pour donner des halogénures métalliques.

III. EXERCICES

Exercice 1

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

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

a. $K^2L^7M^{10}$;

b. $K^2L^8M^9$;

c. $K^2L^8M^8N^1$.

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

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

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

c. 3^{ème} colonne et 2^{ème} période.

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

a. métaux alcalino-terreux

b. métaux alcalins

c. halogènes

Pour chaque proposition, entoure la lettre qui correspond à la bonne réponse.

Solution

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

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



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

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

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

b. Métaux alcalins

Exercice 2

Complète les phrases suivantes avec les mots ou groupes de mots qui conviennent.

1-Dans le tableau de classification périodique, les éléments chimiques sont classés par numéro atomique Z

2-Les éléments sont disposés dans des colonnes appelées et sur des lignes appelés

3-Une famille est constituée de l'ensemble des éléments chimiques appartenant à une même..... du tableau de classification périodique.

4-Les éléments appartenant à même famille possèdent des propriétés chimiques.....

5-La première colonne de la classification correspond à la famille des(sauf l'hydrogène).

6-La deuxième colonne de la classification périodique correspond à la famille des

7-L'avant dernière colonne de la classification périodique correspond à la famille des

8-La dernière colonne de la classification correspond à la famille des

Solution

Complétons les phrases suivantes avec les mots ou groupes de mots qui conviennent.

1-Dans le tableau de classification périodique, les éléments chimiques sont classés par numéro atomique Z croissant.

2- Les éléments sont disposés dans des colonnes appelées groupes et sur des lignes appelés période.

3-Une famille est constituée de l'ensemble des éléments chimiques appartenant à une mêmecolonne du tableau de classification périodique.

4-Les éléments appartenant à même famille possèdent des propriétés chimiques analogues.

5-La première colonne de la classification correspond à la famille des métaux alcalins.(sauf l'hydrogène).

6-La deuxième colonne de la classification périodique correspond à la famille des métaux alcalino-terreux.

7-L'avant dernière colonne de la classification périodique correspond à la famille des halogènes.

8-La dernière colonne de la classification correspond à la famille des gaz nobles.

Exercice 3

On donne les représentations de LEWIS de trois éléments inconnus.



- X et Y appartiennent à la troisième ligne de la classification périodique simplifiée.
 - Z appartient à la deuxième ligne de la classification périodique simplifiée.
- 1- Ecris la formule électronique de chaque élément.
 - 2- Donne les numéros atomiques et les noms des éléments X, Y et Z

Solution

1- La formule électronique de chaque élément :

- Pour X : $K^2L^8M^2$; - Pour Y : $K^2L^8M^5$; - Pour Z : K^2L^8

2- Les numéros atomiques et les noms des éléments X, Y et Z

- Pour X : $Z = 2 + 8 + 3 = 13$ donc X est l'aluminium
- Pour Y : $Z = 2 + 8 + 5 = 15$ donc Y est le Phosphore
- Pour Z : $Z = 2 + 8 = 10$ donc Z est le Néon

Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, le professeur de physique d'une classe de seconde demande à un groupe d'élèves de déterminer la carte d'identité (nom, symbole chimique, numéro atomique, et propriétés chimiques) d'un élément chimique X. Pour cela, le professeur leur a fourni les indices suivants : l'élément X est situé dans la case 11 du tableau de classification périodique simplifiée et peut intervenir dans la constitution de certaines lampadaires qui émettent une lumière jaune très éclairante.

Aide ce groupe à établir la carte d'identité de X.

- 1- Donne la règle suivant laquelle les éléments chimiques sont classés dans le tableau de classification périodique.
- 2- Détermine le numéro atomique de l'élément chimique X.
- 3- Ecris la structure électronique d'un atome de l'élément chimique X.
- 4- Donne :
 - 4.1- le nom et le symbole chimique de X ;
 - 4.2- le nom de la famille à laquelle X appartient.
 - 4.3- une propriété chimique des éléments de cette famille.

Solution

- 1- Règles suivant lesquelles les éléments chimiques sont classés dans le tableau de classification périodique :
Les éléments chimiques sont rangés par numéros atomiques Z croissant.
- 2- Détermination du numéro atomique de l'élément chimique X.
Le numéro atomique est celui de la case où X est situé : donc : $Z = 11$.
- 3- Écriture de la structure électronique d'un atome de l'élément chimique X.
($Z = 11$) : $K^2L^8M^1$
- 4-

4.1-Pour $Z = 11$: c'est le sodium (Na)

4.2-Na ($Z= 11$) appartient à la famille des métaux alcalins

4.3- Les métaux alcalins sont très oxydables à froid par le dioxygène de l'air et réagissent violemment avec l'eau pour donner le dihydrogène H_2 et une base forte.

Exercice 5

Lors d'une séance de travaux pratiques de physique en classe de 2^{nde}, le professeur met à disposition d'un groupe d'élèves un tableau de classification périodique en version codée ci-dessous. Chaque élément du tableau a été remplacé par une lettre de l'alphabet grec. Il leur propose un jeu dont le but est d'identifier l'élément chimique σ et de déterminer ses propriétés chimiques.

α							β
γ	δ	ϵ	ζ	η	θ	ι	κ
λ	μ	ν	\omicron	π	ρ	σ	τ

1- Énonce les trois règles d'édification du tableau de classification périodique.

2- Détermine le numéro atomique de l'élément chimique σ .

3- Écris la structure électronique de cet élément chimique.

4- Donne :

4.1 son nom et son symbole chimique ;

4.2 sa représentation de Lewis ;

4.3 le nom de la famille à laquelle appartient cet élément ;

4.4 une particularité et une propriété chimique communes des éléments de cette famille.

Solution

1. -Les éléments sont classés par numéro atomique Z croissant ;

-Chaque ligne correspond au remplissage d'une couche électronique ;

- Les éléments dont les atomes ont le même nombre d'électrons sur la couche électronique externe sont disposés dans une même colonne et constituent une famille chimique.

2. L'élément chimique σ est situé dans la case 17 du tableau de classification périodique.

Donc son numéro atomique est $Z = 17$.

3. Pour $\sigma(Z = 17)$: $K^2L^8M^7$

4.

4.1. $Z = 17$ donc σ est le chlore de symbole Cl .

4.2. sa représentation de Lewis : $\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{|}}Cl$

4.3. Il appartient à la famille des halogènes

4.4. Leurs atomes ont sept électrons sur leur couche externe.

Ils existent sous la forme de corps simples diatomiques (F_2 , Br_2 , Cl_2) ;

Ils réagissent facilement avec les métaux et l'hydrogène pour donner des halogénures métalliques

IV. DOCUMENTS

Historique de la classification des éléments chimiques

Bien que l'idée de classification des éléments chimiques naquit depuis l'an 1817 avec le chimiste Allemand Döbereiner et poursuivie par le géologue et minéralogiste Français Chancourtois, le chimiste Anglais Newlands et le chimiste Allemand Meyer, c'est le chimiste Russe Dimitri Mendeleïev qui proposa en 1869, le classement par masse atomique croissante des 63 éléments connus à l'époque.

Mendeleïev eut le mérite de prévoir des cases vides pour des éléments non encore connus, avec leurs propriétés chimiques.

Le gallium (Ga) aux propriétés chimiques analogues à l'aluminium et le germanium (Ge) aux propriétés chimiques semblables au silicium furent découverts respectivement en 1875 et en 1886. Ce qui confirmait les prévisions de Mendeleïev. Son classement fut alors validé.

Avec la découverte de la charge du noyau en 1910 par Rutherford et l'introduction du numéro atomique Z , le classement des éléments fut établi non plus par masse atomique croissante mais par numéro atomique Z croissant, donc selon la configuration électronique des atomes.

L'intégration de nouveaux éléments super lourds, le Nihonium (symbole Nh, $Z = 113$), le flérovium (symbole Fl, $Z = 114$), et le Moscovium (symbole Mc, $Z = 115$), le Livermorium (symbole Lv, $Z = 116$), Tennessine (symbole Ts, $Z = 117$), l'Oganesson (symbole Og, $Z = 118$) découverts en 2015 porte aujourd'hui à 118 le nombre d'éléments chimiques.

Ainsi, de nouveaux éléments continuent d'intégrer le tableau de Mendeleïev, jusqu'à quand et jusqu'à combien ?



Dimitri Ivanovitch Mendeleïev

Niveau : 2nde A-C

Discipline : PHYSIQUE-
CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS

TITRE DE LA LEÇON : IONS ET MOLÉCULES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

- « *Comment les atomes arrivent-ils à devenir des ions ?* »
- « *Comment les molécules se forment-elles ?* »

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

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Règle de l'octet

1.1. Propriétés principales des gaz rares

Les gaz rares ou gaz inertes sont très peu réactifs et de ce fait, ils sont très stables dans cet état. Cette stabilité a pour origine la structure à huit électrons (deux pour l'hélium) de leur couche externe. On dit que la couche externe des gaz rares est saturée d'un octet d'électrons.

1.2. Énoncé de la règle de l'octet

Au cours des réactions chimiques, les atomes réagissent pour obtenir une structure électronique plus stable que la leur, ils ont tendance à acquérir la structure électronique stable du gaz rare le plus proche d'eux dans la classification périodique (8 e⁻ sur la couche externe ou structure électronique **en octet**) par formation d'ions ou molécules.

Remarque :

Pour les atomes tels que l'hydrogène, le lithium, le béryllium et le bore, le gaz noble le plus proche est l'hélium ($Z = 2$) ; ces atomes acquièrent alors une structure **enduet** (doublet d'électrons). On parle de règle du **duduet**.

1.3. Évolution chimique des atomes vers la formation d'autres espèces chimiques

L'étude de l'évolution des atomes vers d'autres espèces chimiques comme les ions et les molécules a montré que les transformations chimiques des atomes ne concernent que leur couche externe. On assiste sur cette couche externe, soit à une perte, soit à un gain, soit à une mise en commun d'électrons.

2. Formation des ions

2.1. Définition

Un ion est un édifice chargé, formé à partir d'un ou plusieurs atomes. Il existe deux types d'ions :

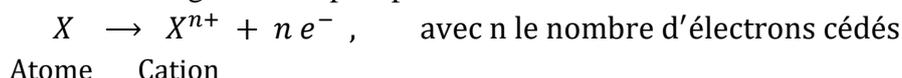
- les ions positifs ou cations ;
- les ions négatifs ou anions.

2.2. Ions monoatomiques

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

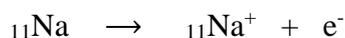
2.2.1. Cations monoatomiques

Les cations monoatomiques sont issus d'atomes qui ont cédé un ou plusieurs électrons de manière à avoir la structure externe du gaz rare le plus proche.



- Tous les éléments de la 1^{ère} colonne ont tendance à perdre un électron pour donner des ions positifs de charge +e.

Exemples : H⁺ : ion hydrogène ; Li⁺ : ion Lithium ; ion Sodium : Na⁺

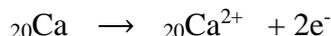


K²L⁸M¹ (Structure électronique du sodium)

K²L⁸(Structure électronique du Néon et de l'ion sodium)

- Tous les éléments de la 2^{ème} colonne ont tendance à perdre deux électrons pour donner des ions positifs de charge +2e

Exemples: Be²⁺: ion Beryllium; Mg²⁺: ion magnesium; Ca²⁺ : ion Calcium



K²L⁸M⁸N²(Structure électronique du calcium)

K²L⁸M⁸ (Structure électronique de l'argon et de l'ion calcium)

- D'autres ions portant la charge +2e sont formés à partir d'atomes appartenant à d'autres colonnes.

Exemples : Cu²⁺ : ion cuivre ; Zn²⁺ : ion zinc ; Mn²⁺ : ion manganate ; Fe²⁺ : ion fer ;

Co²⁺ : ion cobalt

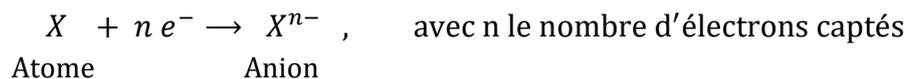
Les éléments dont les atomes ont tendance à donner des cations sont en général les alcalins, les alcalino-terreux et les métaux.

Exemples :

Nom du cation	Ion sodium	Ion magnésium	Ion aluminium	Ion calcium
Formule	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺
Formule électronique	K ² L ⁸ M ⁸			

2.2.2. Anions monoatomiques

Les anions monoatomiques sont issus d'atomes qui ont capté un ou plusieurs électrons de manière à avoir la structure externe du gaz rare le plus proche.



Exemples :

* Le chlore Cl (Z = 17) : formule électronique : (K)²(L)⁸(M)⁷

Pour avoir la structure en octet, l'atome de chlore gagne un électron ⇒ (K)²(L)⁸(M)⁸, d'où l'ion chlorure Cl⁻. On écrit : Cl + e⁻ → Cl⁻

* L'oxygène (Z = 8) : formule électronique : (K)²(L)⁶

Pour avoir la structure en octet, l'atome gagne deux électrons ⇒ (K)²(L)⁸, d'où l'ion oxyde O²⁻.



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

Nom du cation	Ion chlorure	Ion fluorure	Ion oxyde	Ion sulfure
Formule	Cl ⁻	F ⁻	O ²⁻	S ²⁻
Formule électronique	K ² L ⁸ M ⁸	K ² L ⁸	K ² L ⁸	K ² L ⁸ M ⁸

Remarque :

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

Activité d'application

Complète le tableau suivant :

Atome	Nom de l'atome	Numéro atomique (Z)	Formule électronique de l'atome	Ion stable formé		
				Formule électronique	Formule chimique	Nom
Li		3				
Na		11				
Mg		12				
Cl		17				

Solution

Atome	Nom de l'atome	Numéro atomique (Z)	Formule électronique de l'atome	Ion stable formé		
				Formule électronique	Formule chimique	Nom
Li	Lithium	3	K ² L ¹	K ²	Li ⁺	ion Lithium
Na	Sodium	11	K ² L ⁸ M ¹	K ² L ⁸	Na ⁺	ion sodium
Mg	Magnésium	12	K ² L ⁸ M ²	K ² L ⁸	Mg ²⁺	ion
Cl	Chlore	17	K ² L ⁸ M ⁷	K ² L ⁸ M ⁸	Cl ⁻	ion Chlorure

2.3. Ions polyatomiques

Ce sont des assemblages d'atomes qui ont un déficit ou un excédent d'électrons. On distingue deux ions polyatomiques : les cations et les anions polyatomiques.

Exemples :

Cations polyatomiques	Anions polyatomiques
- ion hydronium H_3O^+	- ion hydroxyde OH^-
- ion ammonium NH_4^+	- ion nitrate NO_3^-
	- ion sulfate SO_4^{2-} ;
	- ion carbonate CO_3^{2-}
	- ion permanganate MnO_4^-

Activité d'application

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

Solution

- Un ion polyatomique est un assemblage d'atomes qui a un déficit ou un excédent d'électrons.
- Ions polyatomiques : SO_4^{2-} ; H_3O^+ ; OH^- et NH_4^+ .
- Nom des ions :
 - NH_4^+ : ion ammonium;
 - SO_4^{2-} : ion sulfate;
 - MnO_4^- : Ion permanganate;
 - NO_3^- : ion nitrate;
 - CO_3^{2-} : ion carbonate;
 - H_3O^+ : ion hydronium;
 - OH^- : ion hydroxyde.

2.4. Composés ioniques

2.4.1. Définition

Un composé ionique est constitué par un seul type de cation et d'anion. Il est globalement neutre du point de vue électrique : il contient autant de charges positives que de charges négatives. On lui attribue un nom en fonction des ions qui le constituent et une formule statistique qui traduit son électroneutralité.

2.4.2. Formule statistique d'un composé ionique

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

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

Activité d'application

Complète le tableau suivant :

Ions constituant le composé ionique	Formules statistiques	Nom du composé ionique
Cu^{2+} ; SO_4^{2-}		
Fe^{2+} ; Cl^-		
K^+ ; NO_3^-		
NH_4^+ ; SO_4^{2-}		
Fe^{3+} ; O^{2-}		

Solution

Ions constituant le composé ionique	Formules statistiques	Nom du composé ionique
Cu^{2+} ; SO_4^{2-}	CuSO_4	Sulfate de cuivre
Fe^{2+} ; Cl^-	FeCl_2	Chlorure de Fer
K^+ ; NO_3^-	KNO_3	Nitrate de Potassium
NH_4^+ ; SO_4^{2-}	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Sulfate d'ammonium
Fe^{3+} ; O^{2-}	Fe_2O_3	Trioxyde de Fer

3. Formation des molécules

3.1. Liaison de covalence

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

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

Exemples

- L'atome d'hydrogène a une valence égale à 1 (ou est monovalent).
- L'atome d'oxygène a une valence égale à 2 (ou est divalent)
- L'atome d'azote a une valence égale à 3 (ou est trivalent).
- L'atome de carbone a une valence égale à 4 (ou est tétravalent).

Remarque :

- La liaison covalente est dite **simple**, **double** ou **triple** selon que les deux atomes ont mis en commun **un**, **deux** ou **trois** doublets d'électrons.
- Les doublets d'électrons des atomes non engagés dans les liaisons sont appelés **doublets non-liants**.

3.2. Molécule

3.2.1. Définition

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

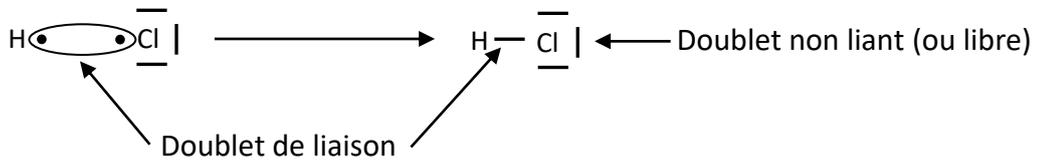
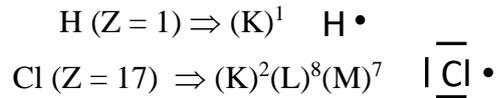
3.2.2. Écriture de la formule d'une molécule

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

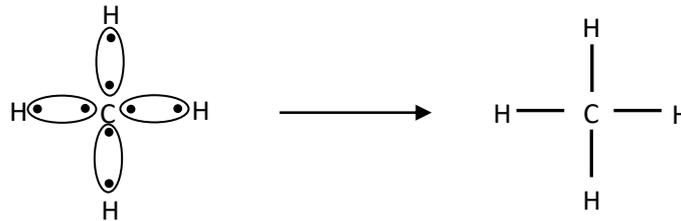
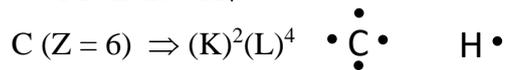
Exemples : H_2O ; NH_3 ; CH_4 ; CO_2 .

3.2.2.1. Formule ou représentation de LEWIS d'une molécule

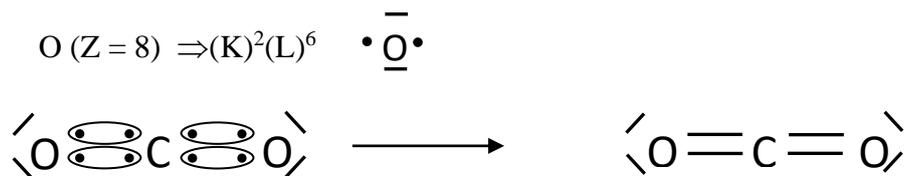
* Chlorure d'hydrogène HCl



* Méthane CH₄



* Dioxyde de carbone CO₂



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

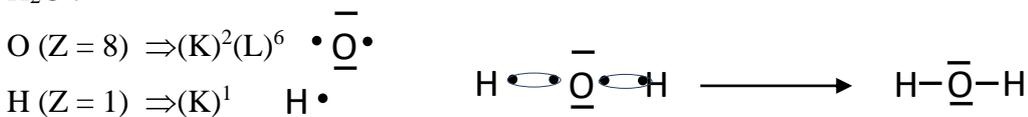
Activité d'application

Écris la représentation de LEWIS de la molécule diazote: N₂ et d'eau H₂O

Solution



H₂O :



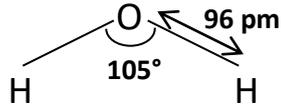
Remarques:

▪ Un atome peut réaliser autant de liaison de covalence qu'il y'a d'électrons célibataires sur sa couche de valence.

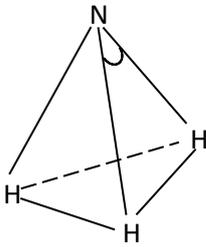
- Pour respecter la règle de l'octet, chaque doublet de liaison est considéré comme appartenant entièrement à l'un et à l'autre des atomes liés.

3.2.2.2. Structure géométrique de quelques molécules

* Molécule d'eau H₂O

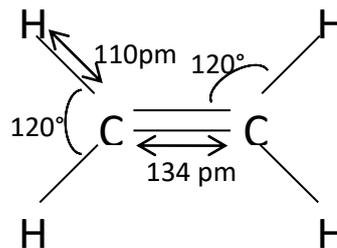


* Molécule d'ammoniac

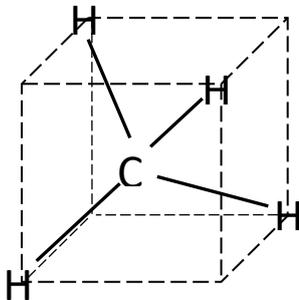


- La longueur de la liaison N---H est **101 pm**
- L'angle HNH vaut **107°**

* Molécule d'éthylène



* Molécule de méthane



- La longueur de la liaison C---H est **109 pm**
- L'angle HCH vaut **109°28'**

3.2.3. Corps purs – mélanges

- Un corps pur est un corps formé de molécules toutes identiques.

Si les molécules sont formées d'un seul type d'atomes, le corps pur est dit **simple**.

Exemples : H₂ ; Cl₂.

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

Exemples : H₂O ; CO₂.

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

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

Situation d'évaluation

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

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

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

1-Définis la liaison covalente.

2-Détermine :

2.1. la représentation de Lewis de l'aluminium et celle du chlore ;

2.2. la valence de chacun de ces atomes.

3-Écris :

3.1. la formule de l'ion obtenu à partir de chacun de ces atomes ;

3.2. la formule statistique du chlorure d'aluminium.

3.3. la représentation de Lewis de la molécule de AlCl₃

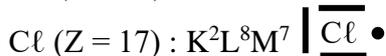
4- Dis si, dans cette molécule de AlCl₃, les atomes de chlore respectent la règle de l'octet.

Solution

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

2-

2.1 Représentations de Lewis



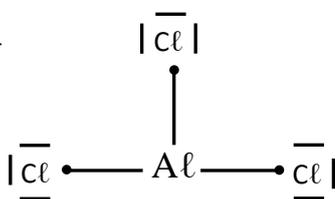
2.1 Valence des atomes Al : 3 et Cl : 1

3-

3.1 Formule des ions : Al³⁺ et Cl⁻

3.2 Formule statistique : AlCl₃

3.3 Représentation de Lewis



4- Chaque atome de chlore s'entoure de 8 électrons.

Les atomes de chlore respectent la règle de l'octet.

IV. EXERCICES

Exercice 1

Soient les ions suivants : Mg^{2+} ; Cl^- ; Fe^{3+} ; SO_4^{2-} ; OH^-

1- Classe-les en :

- 1.1 ions mono atomiques ;
- 1.2 ions poly atomiques ;
- 1.3 cations ;
- 1.4 anions ;

2- Donne le nombre d'électrons présents dans les ions Cl^- ; Fe^{3+} ; OH^-

Données : Les numéros atomiques de l'hydrogène, de l'oxygène, du chlore et du fer sont respectivement : 1 ; 8 ; 17 et 26.

Solution

1-

1.1 Les ions monoatomiques : Mg^{2+} ; Cl^- ; Fe^{3+}

1.2 Les ions polyatomiques : SO_4^{2-} ; OH^-

1.3 Les cations : Mg^{2+} ; Fe^{3+}

1.4 Les anions : Cl^- ; SO_4^{2-} ; OH^-

2- Le nombre d'électrons présents dans les ions Cl^- ; Fe^{3+} ; OH^- .

L'ion Cl^- : nombre d'électrons = $Z + 1 = 17 + 1 = 18$ électrons

L'ion Fe^{3+} : nombre d'électrons = $Z - 3 = 26 - 3 = 23$ électrons

L'ion OH^- : nombre d'électrons = $Z(\text{O}) + Z(\text{H}) + 1 = 8 + 1 + 1 = 10$ électrons

Exercice 2

Soient deux nucléides de numéro atomique $Z = 20$ et $Z = 17$.

1- Écris les formules électroniques.

2- Identifie-les.

3- Donne les formules des ions correspondants.

4- Écris la formule du composé le plus simple formé par ces deux éléments.

5- Dis si le composé est ionique ou moléculaire.

Solution

1- Écriture des formules électroniques :

- Pour $Z = 20$: $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^8\text{N}^2$;

- Pour $Z = 17$: $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$

2- L'identification se fera comme suit :

- Pour $Z = 20$; c'est le calcium (Ca) ;

- Pour $Z = 17$; c'est le chlore (Cl)

3- Les formules des ions correspondants

- Pour le calcium ; c'est l'ion : Ca^{2+}

- Pour le Chlore ; c'est l'ion : Cl^-

4- Le composé le plus simple formé est CaCl_2 C'est le chlorure de calcium.

5- Ce composé est ionique.

Exercice 3

Complète le texte ci-dessous par les mots et groupes de mots suivants : **valence, célibataires, covalence, doublet, mise en commun, atomes.**

Une liaison covalente est une liaison entre deux atomes. Elle résulte de lapar deuxde deux électrons de leur dernier niveau pour former unde liaison.

Lad'un atome est le nombre de liaisons de.....qu'il peut former.

Solution

Une liaison covalente est une liaison entre deux atomes. Elle résulte de la **mise en commun** par deux **atomes** de deux électrons **célibataires** de leur dernier niveau pour former un **doublet** de liaison.

La **valence** d'un atome est le nombre de liaisons de **covalence** qu'il peut former.

Exercice 4

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

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

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

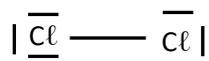
1. Définis une molécule.
2. Écris la formule électronique du chlore.
3. Précise la valence de l'atome de chlore.
4. Représente selon Lewis la molécule de dichlore.

Solution

1. Définition de la molécule.

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

2. Formule électronique du chlore: Cl ($Z = 17$) : $\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$
3. Valence de l'atome de chlore : Cl : 1
4. Représentation selon Lewis la molécule de dichlore.



Exercice 5

Pendant leur révision pour leur prochain devoir, deux élèves de 2nde C dans un Lycée cherchent à constituer une molécule à partir de deux éléments chimiques X et Y.

L'élément X se trouve à la première période et à la première colonne. L'élément Y se trouve à la deuxième période et à la quatrième colonne. L'un d'eux dit qu'il est possible d'avoir une molécule

constituée d'un atome X et d'un atome Y. L'autre soutient le contraire. Un débat s'engage entre alors entre eux.

Tu es sollicité pour les départager.

1-Ecris la structure électronique :

1-1-de l'élément X.

1-2-de l'élément Y.

2-Identifie :

2-1-L'élément X

2-2-L'élément Y.

3-Ecris la représentation de Lewis :

3-1-de l'élément X.

3-2-de l'élément Y.

4-Ecris les formules développée et brute la plus simple de la molécule constituée à partir de X et Y

Solution

1-1-Structure électronique de l'élément X : K^1

1-2-Structure électronique de l'élément Y : $K^2 L^4$

2-1-L'élément X est l'hydrogène de symbole H

2-2-L'élément Y est le carbone de symbole C

4-La formule de la molécule constituée à partir des éléments H et C est CH_4 .

IV. DOCUMENTS

La géométrie des molécules

Dans le programme de la seconde C, nous nous sommes limités à la structure électronique et à la représentation de Lewis d'un atome et d'une molécule, sans nous intéresser à la géométrie des molécules.

Mais comment des molécules arrivent-elles à être diagonales ? Trigonaux ? Tétraédriques ?...Ceci relève de la stéréochimie, branche de la chimie qui étudie la géométrie des molécules.

La règle de la répulsion minimale des doublets d'électrons liants et non liants (de la couche externe de l'atome) détermine la géométrie des molécules. En effet, ces doublets se positionnent de sorte à être le plus possible éloignés les uns des autres, afin que la répulsion électrique entre eux soit minimale. Ce qui donne des géométries différentes selon les cas.

GÉOMÉTRIE DES MOLÉCULES

autour d'un atome C; N; O central

ATOME	MOLÉCULE			
	Type	Schéma LEWIS	Structure géométrique	
<p>12 C</p> <p>1s² 2s² 2p²</p>	AX ₄			
	AX ₃			
	AX ₂			
<p>14 N</p> <p>1s² 2s² 2p³</p>	AX ₄			
	AX ₃			
	AX ₂			
<p>16 O</p> <p>1s² 2s² 2p⁴</p>	AX ₃			
	AX ₂			

TABLEAU DES DONNÉES SUR LES LIMITES COMPLÈTES - DISTANCES INTERATOMIQUES

Atome 1	Atome 2	Distance (Å)	Atome 1	Atome 2	Distance (Å)
H	H	0.74	C	C	0.154
H	C	1.09	C	N	0.147
H	N	1.01	C	O	0.143
H	O	0.96	N	N	0.145
C	C	0.154	N	O	0.141
C	N	0.147	O	O	0.148
C	O	0.143	O	H	0.96
N	N	0.145			
N	O	0.141			
O	O	0.148			
O	H	0.96			

Niveau : 2^{de}

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS

TITRE DE LA LEÇON : MOLE ET GRANDEURS MOLAIRES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Pendant la récréation au lycée moderne de Bouaflé, une discussion intervient entre des élèves de 2nd C :

- Combien de grains de riz peut-il avoir dans un sac de 50 kg ? Demande un élève.
- Des milliers de grains. Répond un premier.
- Moi je pense qu'on peut les estimer à des millions de grains. Répond un autre.

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

Ces élèves entreprennent avec leurs camarades de classe, sous la conduite de leur professeur de Physique-Chimie, de définir la mole et les grandeurs molaires puis de déterminer la quantité de matière de quelques corps solides, liquides et gazeux.

II. CONTENU DE LA LEÇON

I. La mole : unité de quantité de matière

1. Approche

* 27 mL d'eau liquide contient $n_1 = 903 \cdot 10^{+21}$ molécules d'eau.

* 135 g d'aluminium contient $n_2 = 30,10 \cdot 10^{+23}$ atomes d'aluminium.

Pour ces petites quantités de matière, le nombre de particules (atomes, molécules) dénombrés est extrêmement grand. L'esprit humain a du mal à cerner ces valeurs. Par soucis de commodité, on a défini une nouvelle unité de mesure de quantité de matière adaptée qui est la mole.

Ce paquet ou une mole contient $6,02 \cdot 10^{23}$ particules.

Ainsi : $n_1 = \frac{903 \cdot 10^{21}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,5$ moles (paquets); $n_2 = \frac{30,10 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 5$ moles (paquets)

2. Définition de la mole

La mole est l'unité internationale de quantité de matière. Son symbole est mol.

La mole est la quantité de matière contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 12 g de carbone 12 ($^{12}_6C$).

Elle correspond à un ensemble de $6,02 \cdot 10^{23}$ espèces.

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

3. La constante d'Avogadro

Le nombre d'entités élémentaires contenu dans une mole est appelé nombre ou constante d'Avogadro et est noté N_A .

Cette constante s'exprime en mol^{-1} et sa valeur approchée vaut : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$.

Exemples :

- 1 mole d'atomes contient $6,02 \cdot 10^{23}$ atomes.

- 1 mole d'électrons contient $6,02 \cdot 10^{23}$ électrons.

Soit n la quantité de matière d'une espèce chimique. Le nombre N d'entités élémentaires contenu dans n s'écrit : $N = n \times \mathcal{N}_A$

Activité d'application

Un clou en fer contient $N = 10^{24}$ atomes.

Calcule la quantité de matière n contenu dans ce clou.

Solution

$$N = n \times \mathcal{N}_A \Rightarrow \boxed{n = \frac{N}{\mathcal{N}_A}}$$

$$A.N : \quad n = \frac{10^{24}}{6,02 \cdot 10^{23}} \text{ soit } n = 1,66 \text{ mol d'atomes de fer.}$$

II. Grandeurs molaires

1. Masse molaire

La masse molaire M d'une espèce chimique est la masse d'une mole d'entités de cette espèce.

Elle s'exprime en grammes par mole noté *g/mol* ou $g \cdot mol^{-1}$.

2. Masse molaire atomique

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

Les valeurs sont données dans le tableau de classification périodique.

Exemples :

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

3. Masse molaire moléculaire

C'est la masse d'une mole de molécules d'un corps considéré.

Elle est la somme des masses molaires atomiques des atomes qui constituent la molécule.

Exemple : molécule d'éthanol : C_2H_6O

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

$$\Rightarrow M(C_2H_6O) = (2 \times M_C) + (6 \times M_H) + (1 \times M_O)$$

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

4. Masse molaire ionique

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

La masse molaire d'un ion ou d'un composé ionique se calcule de la même manière que celle d'une molécule. On ne tient pas compte des charges électriques car la masse des électrons est négligeable.

Exemples :

$$* \text{ Ion monoatomique : } M(Cl^-) = M(Cl) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

* Ions polyatomiques :

$$- M(CO_3^{2-}) = (1 \times M_C) + (3 \times M_O) = (1 \times 12) + (3 \times 16) = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ;$$

$$- M[Al(OH)_4^-] = (1 \times M_{Al}) + (4 \times M_C) + (4 \times M_H) = (1 \times 27) + (4 \times 16) + (4 \times 1)$$

$$\Rightarrow M[Al(OH)_4^-] = 95 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$* \text{ Composé ionique : } M(NaCl) = (1 \times M_{Na}) + (1 \times M_{Cl}) = (1 \times 23) + (1 \times 35,5) = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

5. Détermination de la quantité de matière

La quantité de matière ou nombre de moles contenue dans une masse m d'une substance de masse molaire M est :

$$\boxed{n = \frac{m}{M}} \text{ avec } \begin{cases} n & \text{en mol} \\ m & \text{en g} \\ M & \text{en g} \cdot \text{mol}^{-1} \end{cases}$$

Activité d'application

Calcule la quantité de matière de dioxyde de carbone CO_2 contenue dans 32 g de ce gaz sachant que sa masse molaire moléculaire est $44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Solution

$$n = n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}$$

$$\text{A.N. : } n = \frac{32}{44} = 0,73 \text{ mol}$$

6. Volume molaire

6.1 Définition

Le volume molaire V_m d'un gaz est le volume d'une mole de ce gaz.

Il s'exprime en **litre par mol** ($L \cdot \text{mol}^{-1}$).

6.2 Loi d'Avogadro-Ampère

Dans les mêmes conditions de température et de pression, tous les gaz ont le même volume molaire V_m .

6.3 Propriétés du volume molaire des gaz

Le volume molaire V_m d'un gaz dépend de sa température et de sa pression. Dans les conditions normales de température et de pression (CNTP : $T = 0^\circ \text{C}$ et $P = 105 \text{ Pa}$), le volume molaire d'un gaz est dit **volume molaire normal** du gaz et vaut : $V_m = 22,4 L \cdot \text{mol}^{-1}$

Remarque : Dans les conditions habituelles de température ($T = 20^\circ \text{C}$) et à la pression atmosphérique normale : $V_m = 24 L \cdot \text{mol}^{-1}$.

6.4 Détermination de la quantité de matière contenue dans un volume de gaz

La quantité de matière n ou nombre de moles contenue dans un volume V de gaz dans les conditions où le volume molaire vaut V_m , est :

$$\boxed{n = \frac{V}{V_m}}$$

Remarque : cette relation n'est valable que pour les gaz.

Activité d'application

Au cours de l'électrolyse de l'eau, on recueille à l'anode un volume $V = 44,8 \text{ cm}^3$ de dioxygène dans les C.N.T.P (Conditions Normales de Température et de Pression).

Détermine la quantité de matière de dioxygène recueilli et en déduire sa masse.

Solution

Quantité de matière de dioxygène :

$$n(O_2) = n = \frac{V}{V_m} \Rightarrow n(O_2) = \frac{0,0448}{22,4} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

7. Densité d'un gaz par rapport à l'air

La densité d'un gaz par rapport à l'air est donnée par la relation :

$$d = \frac{M}{29}$$

M étant la masse molaire moléculaire du gaz.

La densité n'a pas d'unité.

Activité d'application

Le gaz butane a pour masse molaire $M=58\text{g/mol}$.

Détermine sa densité d par rapport à l'air.

Solution

Densité d par rapport à l'air

$$d = \frac{M}{29} = \frac{58}{29} \Rightarrow d = 2$$

Situation d'évaluation

Suivant un documentaire télévisé, ton voisin de classe, Tokolo apprend que le phosgène, aussi nommé dichlorure de méthanoyle, est un gaz de formule COCl_2 . La masse d'une molécule de phosgène est $m_1 = 1,64 \cdot 10^{-22} \text{ g}$.

Pour l'usage, l'on a conditionné 10 kg de ce gaz dans une bouteille.

Données :

Masses molaires : $M_C = 12 \text{ g/mol}$; $M_O = 16 \text{ g/mol}$; $M_{Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$

Volume molaire : $V_m = 24 \text{ L/mol}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Tokolo te sollicite pour connaître le volume occupé et le nombre de molécules de ce gaz contenu dans la bouteille.

- 1- Calcule la masse molaire moléculaire du phosgène.
- 2- Déduis-en :
 - 2.1- la quantité de matière que renferme chaque bouteille de phosgène ;
 - 2.2- le volume occupé par les 10 kg de ce gaz.
- 3- Détermine le nombre de molécules de phosgène contenues dans cette bouteille.
- 4- Vérifie à partir de la question précédente, la valeur de la masse d'une molécule de phosgène.

Solution

1-Masse molaire moléculaire du phosgène.

$$M(\text{COCl}_2) = M(\text{C}) + M(\text{O}) + 2 \times M(\text{Cl}) = 12 + 16 + 2 \times 35,5 = 99 \text{ g/mol}$$

2-

2-1 La quantité de matière

$$n = \frac{m}{M} \quad \text{A. N.} \quad n = \frac{10000}{99} = 101,01 \text{ mol}$$

2-2 Le volume occupé par ces 10 kg de gaz.

$$V = n \times V_m = 101,01 \times 24 = 2424,24 \text{ L}$$

3- Nombre de molécules de phosgène contenues dans cette bouteille.

$$N = n \times \mathcal{N}_A = 101,01 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,081 \cdot 10^{25} \text{ molécules}$$

4- Vérification de la valeur de la masse d'une molécule de phosgène.

$$m_1 = \frac{m}{N} = \frac{10000}{6,081 \cdot 10^{25}} = 1,64 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

Cette valeur correspond à la valeur précédemment donnée.

IV. EXERCICES

Exercice 1

Relie par une flèche la masse molaire du composé à sa formule.

Données :

$$M_H = 1 \text{ g/mol}; M_C = 12 \text{ g/mol}; M_O = 16 \text{ g/mol}; M_{Na} = 23 \text{ g/mol}; M_{Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$$

32 g/mol●
58,5 g/mol●
18 g/mol●
46 g/mol●

● C ₂ H ₆ O
● H ₂ O
● O ₂
● NH ₃
● NaCl

Solution

32 g/mol●	● C ₂ H ₆ O
58,5 g/mol●	● H ₂ O
18 g/mol●	● O ₂
46 g/mol●	● NH ₃
	● NaCl

Exercice 2

1- L'ammoniac a pour formule NH₃

1.1 Calcule la masse molaire de l'ammoniac et la masse d'une molécule NH₃.

1.2 Un ballon contient 6,8 g d'ammoniac. Calcule le nombre de moles.

2- Le chlorure d'hydrogène a pour formule HCl.

2.1 Calcule la masse molaire du chlorure d'hydrogène et la masse d'une molécule de HCl.

2.2 Un ballon contient 7,3 g de chlorure d'hydrogène. Calcule le nombre de moles.

Corrigé

1) 1.1 - la masse molaire de l'ammoniac

$$M(\text{NH}_3) = M(\text{N}) + 3 \times M(\text{H}) \Rightarrow M(\text{NH}_3) = 14 + 3 \times 1 \Rightarrow M(\text{NH}_3) = 17 \text{ g/mol}$$

- La masse d'une molécule NH₃

$$m(\text{NH}_3) = \frac{M(\text{NH}_3)}{\mathcal{N}_A} \Rightarrow A.N.: m(\text{NH}_3) = \frac{17}{6,02 \cdot 10^{23}} \Rightarrow m(\text{NH}_3) = 2,82 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

$$1.2 \text{ Par définition } n = \frac{m}{M} \text{AN} : n = \frac{6,8}{17} = 0,4 \text{ mol}$$

2)

2.1 La masse molaire de HCl :

$$M(\text{HCl}) = M(\text{H}) + M(\text{Cl}) \Rightarrow M(\text{HCl}) = 1 + 35,5 \Rightarrow M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$$

Masse d'une molécule

$$m(\text{HCl}) = \frac{M(\text{HCl})}{N_A} \Rightarrow \text{A.N.} : m(\text{HCl}) = \frac{36,5}{6,02 \cdot 10^{23}} \Rightarrow m(\text{HCl}) = 6,06 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

$$2.2 \text{ Par définition, } n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{7,3}{36,5} = 0,2 \text{ mol}$$

Exercice 3

Dans les conditions normales de température et de pression, la densité d'un gaz est $d = 1,517$. Détermine sa masse molaire M .

Corrigé

$$\boxed{M = 29d} = 29 \times 1,517 = 44 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Exercice 4

Dans le laboratoire de chimie de ton établissement, deux élèves de la classe de 2nd C₂ aident leur Professeur de Physique-Chimie à réaliser des expériences afin de vérifier la loi d'Avogadro-Ampère. L'expérience consiste à garder dans trois flacons identiques, différents gaz, de même volume, à la même température et sous une même pression. Ils disposent de trois flacons qui contiennent du dioxygène pour le flacon 1, gaz méthane pour le flacon 2 et du dioxyde de carbone pour le flacon 3. Chaque flacon contient 1,5L de gaz.

À la fin de l'expérience, le professeur leur remet le tableau ci-dessous pour l'exploiter et en sortir la loi d'Avogadro-Ampère.

Flacon	Gaz	Formule	Volume (L)	Masse (g)
1	Dioxygène	O ₂	1,5	2,01
2	Méthane	CH ₄	1,5	1,01
3	Dioxyde de carbone	CO ₂	1,5	2,79

Données : Masses molaires atomiques C = 12 g/mol ; O = 16 g/mol ; H = 1 g/mol.

Il t'est demandé de vérifier loi d'Avogadro-Ampère.

- Énonce la loi d'Avogadro-Ampère.
- Calcule la quantité de matière de chaque gaz contenu dans les flacons 1, 2 et 3.
- Calcule le volume molaire dans chaque flacon.
- Montre que la loi d'Avogadro-Ampère est vérifiée.

Solution

1. Loi d'Avogadro-Ampère

Des volumes égaux de gaz différents, pris dans les mêmes conditions de température et de pression, renferment le même nombre de molécules.

2. Quantité de matière dans chaque flacon :

$$\boxed{n = \frac{m}{M}} \Rightarrow \begin{cases} n(\text{O}_2) = \frac{2,01}{32} = 0,06 \text{ mol} \\ n(\text{CH}_4) = \frac{1,01}{18} = 0,06 \text{ mol} \\ n(\text{CO}_2) = \frac{2,79}{46} = 0,06 \text{ mol} \end{cases}$$

3. Volume molaire

$$V_m = \frac{V}{n} \text{ avec } V = V(O_2) = V(CH_4) = V(CO_2) \text{ et } n(O_2) = n(CH_4) = n(CO_2)$$

$$\Rightarrow V_m = \frac{V(O_2)}{n(O_2)} = \frac{1,5}{0,06} = 25 \text{ L/mol}$$

$$4. N(O_2) = N(CH_4) = N(CO_2) = 6,02 \cdot 10^{23} \times 0,06 = 0,3610^{23} \text{ molécules.}$$

La loi d'Avogadro-Ampère est vérifiée.

Exercice 5

Après une journée de dur labeur, ton papa sentant un malaise s'est rendu à l'hôpital. Le médecin lui a prescrit de l'acide ascorbique qui est un remontant (vitamine C). Il découvre sur la notice que l'acide ascorbique a pour formule chimique $C_6H_8O_6$ et qu'un comprimé contient 500 mg de ce produit.

Données: $M_C = 12 \text{ g/mol}$; $M_O = 16 \text{ g/mol}$; $M_H = 1 \text{ g/mol}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Ton papa te sollicite pour avoir davantage d'informations sur cette molécule.

1. Calcule la masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique.
2. Détermine :
 - 2.1 la quantité de matière d'acide ascorbique dans un comprimé ;
 - 2.2 le nombre de molécules d'acide ascorbique dans un comprimé ;

Solution

1. La molécule d'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ est constituée d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

$$M(C_6H_8O_6) = 6M_C + 8M_H + 6M_O = 6 \times 12 + 8 \times 1 + 6 \times 16$$

$$\Rightarrow M(C_6H_8O_6) = 176 \text{ g/mol}$$

- 2.

$$2.1. n = \frac{m}{M} = \frac{0,5}{176} = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$2.2. N = n \cdot N_A = 2,8 \cdot 10^{-3} \times 6,02 \cdot 10^{23} = 1,68 \cdot 10^{21} \text{ molécules}$$

IV. DOCUMENTS

Évolution de la définition et intérêt de la mole

En 1971, la mole fut adoptée comme unité légale de quantité de matière en référence au carbone 12 : le nombre d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 12 grammes de carbone 12 (La constante d'Avogadro représentant ce nombre est de $6,022\ 141\ 29 \times 10^{23}$ entités élémentaires).

Aujourd'hui, cette référence a évolué et il convient de définir la mole sans faire allusion au carbone 12.

En effet, pour donner un ordre de grandeur plus significatif à la mole, le Bureau Internationale des Poids et Mesures (BIPM) a adopté dans les résolutions de la 26^e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) en Novembre 2018, la valeur de $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$, cette valeur étant le même nombre de grains de pop-corn qui permettrait de recouvrir la surface des États-Unis d'une couche uniforme d'une épaisseur d'environ 14km.

Ainsi, la mole est définie désormais comme étant la quantité de matière d'un système contenant exactement $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ entités élémentaires (atomes, ions, molécules...), définition applicable à partir du 20 mai 2019, remplaçant celle posée en 1971 par la 14^e CGPM qui définissait la mole comme étant la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12.

La mole est une unité de comptage, au même titre que la centaine, la vingtaine ou la douzaine, mais qui ne sert qu'à compter les atomes ou les molécules. Elle a la particularité d'être immense (environ six cent mille milliards de milliards d'unités). De la même manière qu'il y a autant d'éléments dans une douzaine

de pommes que dans une douzaine d'œufs, il y a le même nombre d'entités dans une mole d'atomes de n'importe quel atome, molécule ou ion.

En effet, il a fallu créer cette unité pour simplifier le comptage et les écritures de nombres d'éléments dans l'infiniment petit. Par exemple, il est plus aisé de dire qu'il y a 0,22 mole d'atomes d'aluminium dans 6 grammes d'aluminium que de dire qu'il existe 134 000 000 000 000 000 000 000 atomes, soit 134 000 milliards de milliards d'atomes d'aluminium dans 6 grammes d'aluminium.

Les transformations chimiques étant modélisées par des équations faisant apparaître quelques unités d'atomes et de molécules, le passage à la mole permet de passer de l'échelle microscopique à une échelle macroscopique où toutes les grandeurs deviennent facilement mesurables.

L'intérêt de la constante d'Avogadro provient aussi du fait que la masse molaire atomique en gramme correspond en première approximation au nombre de nucléons de cet atome.

Par exemple : $M_{Fe} = 55,8 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, le fer contient 56 nucléons ;

$M_{Cu} = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, le cuivre contient 63 nucléons

Référence : Wikipédia

Niveau : 2nde AC

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 3 : LA MATIÈRE ET SES TRANSFORMATIONS

TITRE DE LA LEÇON : EQUATION-BILAN D'UNE REACTION CHIMIQUE

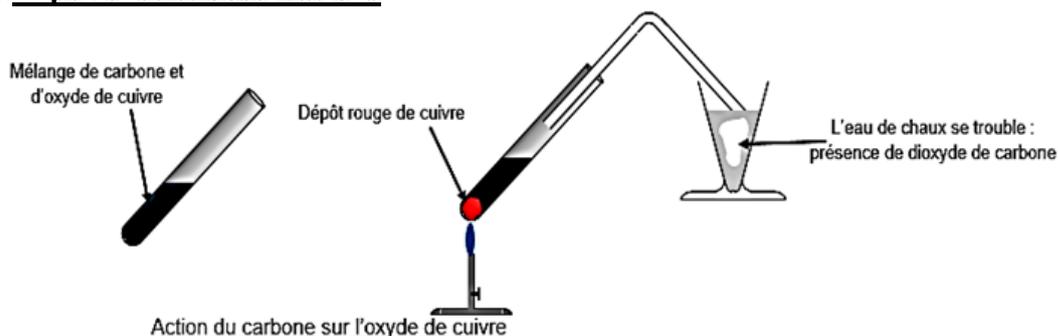
I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Des élèves de la classe de seconde C du Lycée Moderne de Bouaflé découvrent dans une revue scientifique le texte suivant : « L'un des problèmes de l'industrie chimique est d'exploiter des réactions chimiques où il n'y a pas de pertes... Ce qui nécessite le respect (**des proportions des réactifs engagés dans la réaction**) d'un mélange des réactifs dans certaines proportions: c'est l'objet de la stœchiométrie. » Afin de mieux appréhender cette préoccupation, sur initiative du professeur de Physique-Chimie, ces élèves se proposent d'écrire l'équation-bilan d'une réaction chimique, de déterminer des quantités de matière et des volumes à partir de l'équation-bilan et de connaître la loi de Lavoisier.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Équation-bilan d'une réaction chimique

1.1. Expérience et observations

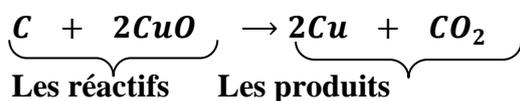


1.2. Interprétation

Réactifs		Produits
- Carbone C - Oxyde de cuivre II CuO	Transformation chimique →	- Cuivre Cu - Dioxyde de carbone CO ₂

1.3. Conclusion

L'équation-bilan de la réaction chimique s'écrit :



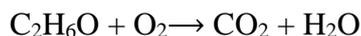
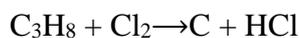
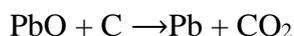
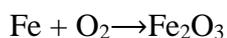
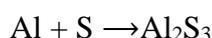
- ❖ Les coefficients placés devant les formules des réactifs et des produits sont appelés **coefficients stœchiométriques**. Ils permettent de respecter la conservation des atomes.
- ❖ + signifie **réagit avec** (réactifs) ; + signifie **et** (produits)
- ❖ la flèche \rightarrow signifie **pour donner**
- ❖ **1 mole d'atome** de carbone réagit avec **2 moles** d'oxyde de cuivre II pour donner **2 moles d'atomes** de cuivre et **1 mole de molécule** de dioxyde de carbone.

	C + 2CuO		\rightarrow	2Cu + CO₂	
Bilan molaire de l'équation	1 mole	2 moles		2 moles	1 mole
	n_C	n_{CuO}		n_{Cu}	n_{CO_2}
	12g	159g		127g	44g
	171g			171g	

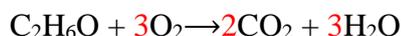
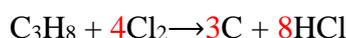
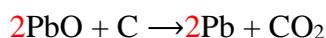
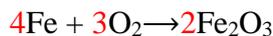
Le bilan molaire permet d'écrire : $\frac{n_C}{1} = \frac{n_{CuO}}{2} = \frac{n_{Cu}}{2} = \frac{n_{CO_2}}{1}$

Activité d'application

Équilibre les équations-bilan de réactions chimiques suivantes :

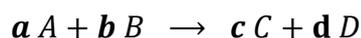


Solution



1.4.Équation-bilan et stœchiométrie

Soit l'équation-bilan suivante :



- ❖ **Les proportions sont stœchiométriques**: Dans ce cas, à la fin de la réaction, il ne reste plus de réactifs et les produits sont obtenus dans les proportions de l'équation-bilan.

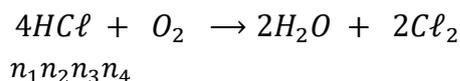
$$\frac{n_A}{a} = \frac{n_B}{b} = \frac{n_C}{c} = \frac{n_D}{d}$$

- ❖ **L'un des réactifs est en excès** et l'autre en défaut. Celui qui est en défaut est dit **réactif limitant**.

Si $\frac{n_B}{b} > \frac{n_A}{a}$ alors B est en excès et A est en défaut.

Activité d'application

Le chlorure d'hydrogène HCl réagit avec le dioxygène pour donner de l'eau et du dichlore selon l'équation-bilan suivante :



Calcule :

- 1) la quantité de matière de dichlore sachant que 5 moles de chlorure d'hydrogène ont réagi.
- 2) la quantité de matière de dioxygène nécessaire pour cette réaction.

Solution

- 1) Quantité de matière de dichlore obtenue (n_4)

$$\frac{n_1}{4} = \frac{n_4}{2} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{n_4}{2} \Rightarrow n_4 = \frac{5 \times 2}{4} = 2,5 \text{ mol}$$

- 2) Quantité de matière de dioxygène nécessaire (n_2)

$$\frac{n_1}{4} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{n_2}{1} \Rightarrow n_2 = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ mol}$$

2. Conservation de matière

2.1. Conservation des éléments

Au cours d'une réaction chimique, chacun des éléments présents dans les réactifs se retrouve dans les produits : on dit qu'il y a **conservation des éléments**.

2.2. Loi de Lavoisier

La somme des masses des produits d'une réaction est égale à la somme des masses des réactifs transformés.

Remarque : Le bilan molaire permet d'établir :

- le bilan massique ;
- le bilan volumique au niveau des corps à l'état gazeux s'ils sont tous placés dans les mêmes conditions de température et de pression (loi d'Avogadro Ampère).

Exemple de bilan massique

	Réactifs		Produits
Equation-bilan	3 Fe + 2 O ₂ →		Fe ₃ O ₄
Bilan molaire	3 mol	2 mol	1 mol
Bilan massique (m = n.M)	$m_{Fe} = 3 \times 55,8$ = 167,4 g	$m_{O_2} = 2 \times 32$ = 64g	$m_{Fe_3O_4} = 3 \times 55,8 + 4 \times 16$ = 231,4 g
Somme des masses	231,4 g		231,4 g

Exemple de bilan volumique (Valable uniquement pour les gaz)

	Réactifs		Produits	
Equation-bilan	C ₃ H ₈ + 5 O ₂ → 3 CO ₂ + 4 H ₂ O			
Bilan molaire	1 mol	5 mol	3 mol	4 mol
Bilan volumique	$V_{C_3H_8}$	$5V_{O_2}$	$3V_{CO_2}$	$4V_{H_2O}$

Relation entre les volumes	$\frac{V_{C_3H_8}}{1} = \frac{V_{O_2}}{5} = \frac{V_{CO_2}}{3} = \frac{V_{H_2O}}{4}$
----------------------------	--

Situation d'évaluation

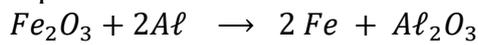
Au cours d'une activité du club scientifique d'un Lycée Moderne, un groupe d'élève de 2^{nde} C désire obtenir du fer à partir de l'oxyde ferrique II. Ils mélangent alors 16 g d'oxyde de fer (Fe₂O₃) et 38 g d'aluminium. A l'aide d'une mèche de magnésium, ils déclenchent la réaction et observe une vive incandescence. La réaction s'arrête au bout d'un instant. Une discussion s'engage alors entre ces élèves : certains prétendent que l'oxyde de fer a totalement disparu, d'autres estiment que c'est l'aluminium qui a totalement disparu. Ils savent néanmoins que les produits de cette réaction sont : le fer et l'alumine (Al₂O₃). Pour les départager tu décides de connaître le réactif en défaut afin de déterminer les masses des produits formés.

On donne : Masse molaire (g/mol) : Fe:56 ; Al : 27 ; O :16

- 1- Écris l'équation-bilan de cette réaction.
- 2- Détermine la quantité de matière initiale d'oxyde ferrique et celle d'aluminium.
- 3- Justifie que ce mélange n'est pas stœchiométrique et identifie le réactif en excès.
- 4- Détermine :
 - 4.1 la masse du réactif en excès restant en fin de réaction.
 - 4.2 la masse de fer obtenue
 - 4.3 la masse d'alumine obtenue.

Solution

1- Équation-bilan de la réaction



2- Calculons les quantités de matières initiales des deux réactifs

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} \text{ AN : } n_1 = \frac{16}{160} \Rightarrow n_1 = \mathbf{0,1 \text{ mol}} \text{ et } n_2 = \frac{m_2}{M_2} \text{ AN : } n_2 = \frac{38}{27} \Rightarrow n_2 = \mathbf{1,4 \text{ mol}}$$

3- D'après le bilan molaire:

$$\frac{1}{n(Fe_2O_3)} = \frac{2}{n(Al)} \Rightarrow n(Al) = 2 \times n(Fe_2O_3) \text{ AN : } n(Al) = 2 \times 0,1 \Rightarrow n(Al) = \mathbf{0,2 \text{ mol}}$$

Il n'y a que $n(Al) = 0,2 \text{ mol}$ de l'aluminium qui a réagi sur 1,4 mol d'aluminium initial.

Ou

$$\left. \begin{array}{l} \frac{n_{Al}}{2} = \frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ mol} \\ \frac{n_{Fe_2O_3}}{1} = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ mol} \end{array} \right\} \frac{n_{Al}}{2} > \frac{n_{Fe_2O_3}}{1}$$

Donc les réactifs n'ont pas été tous entièrement consommés et le réactif en excès est l'aluminium.

4-

4.1 Masse du réactif en excès restant.

* Le nombre de moles $n'(Al)$ n'ayant pas réagi est :

$$n'(Al) = n_2 - n(Al) \text{ AN: } n'(Al) = 1,4 - 0,2 \Rightarrow n'(Al) = \mathbf{1,2 \text{ mol}}$$

* La masse restante

$$m'(Al) = n'(Al) \times M(Al) \text{ AN: } m'(Al) = 1,2 \times 27 \Rightarrow m'(Al) = \mathbf{32,4 \text{ g}}$$

4-2 Masse de fer obtenu.

D'après le bilan molaire :

$$\frac{2}{n(Al)} = \frac{2}{n(Fe)} \Rightarrow n(Fe) = n(Al) = 0,2 \text{ mol} \text{ AN : } m(Fe) = 0,2 \times 56 \Rightarrow m(Fe) = \mathbf{11,2 \text{ g}}$$

4-3 Masse d'alumine obtenue

$$\frac{2}{n(\text{Al})} = \frac{1}{n(\text{Al}_2\text{O}_3)} \Rightarrow n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \times n(\text{Al}) \quad \text{AN : } n(\text{Al}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} \times 0,2 = 0,1 \text{ mol}$$

$$M(\text{Al}_2\text{O}_3) = 2 \times 27 + 3 \times 16 = 102 \text{ g/mol}$$

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = n(\text{Al}_2\text{O}_3) \times M(\text{Al}_2\text{O}_3) \quad \text{AN: } m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,1 \times 102 \Rightarrow m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 10,2 \text{ g}$$

IV. EXERCICES

Exercice 1

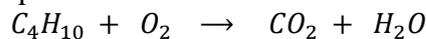
Énonce la loi de Lavoisier.

Solution

Énoncé de la loi de Lavoisier : Au cours d'une réaction chimique la masse des produits initiaux est la même que celle des produits formés.

Exercice 2

Soit l'équation-bilan de la combustion complète du carbone :

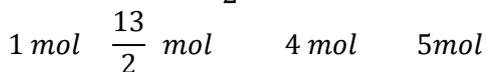
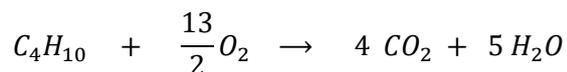


1. Équilibre cette équation-bilan.
2. Fais le bilan molaire
3. Exprime la relation de proportionnalité entre les nombres de moles.

Solution



2.



3.

$$\frac{n(\text{C}_4\text{H}_{10})}{1} = \frac{n(\text{O}_2)}{\frac{13}{2}} = \frac{n(\text{CO}_2)}{4} = \frac{n(\text{H}_2\text{O})}{5}$$

$$\Rightarrow n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{2}{13} n(\text{O}_2) = \frac{1}{4} n(\text{CO}_2) = \frac{1}{5} n(\text{H}_2\text{O})$$

Exercice 3

Votre classe effectue une sortie dans une structure de production d'alcool éthylique ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$). Le technicien de laboratoire vous apprend que l'alcool éthylique est obtenu chez eux par une fermentation du glucose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Le rendement de cette fermentation est évalué à 0,75.

Données : $V_m = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_H = 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_O = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_C = 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Au cours de cette réaction en plus de l'éthanol, il se forme du dioxyde de carbone.

De retour en classe, tu es désigné pour étudier théoriquement la fermentation de 100 g de glucose.

1. Ecris l'équation-bilan de cette fermentation.
2. Détermine la quantité matière dans 100 g de glucose.
3. Détermine :
 - 3.1 la masse d'alcool formé ;
 - 3.2 le volume de dioxyde de carbone formé.

Solution



$$n_1 \qquad \qquad n_2 \quad n_3$$

2. Quantité matière

$$n = \frac{m}{M} = \frac{100}{180} = 0,55 \text{ mol}$$

3.

3.1 Masse d'alcool formé

$$n_1 = \frac{n_2}{2} \text{ donc } n_2 = 2n_1$$

$$m_{\text{alcool}} = M_{\text{alcool}} \times n_2 \times 0,75 = 38 \text{ g}$$

$$3.2 V_{\text{CO}_2} = V_m \times n_{\text{CO}_2} \times 0,75$$

$$V_{\text{CO}_2} = 22,4 \times 2 \times 0,55 \times 0,75 = 18,5 \text{ L}$$

Exercice4

En vue de préparer le devoir de niveau prochain, Koné élève de 2nde C recopie l'exercice ci-dessous dans un livre de Physique- Chimie.

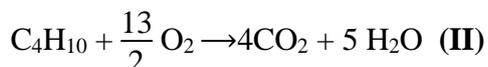
On réalise dans un eudiomètre, la combustion complète de 30 cm³ d'un mélange de méthane et de butane. Après passage de l'étincelle et retour dans les conditions initiales, on obtient 40 cm³ de dioxyde de carbone et d'eau. Les volumes sont mesurés dans les CNTP où $V_m = 22,4 \text{ L}$.

Koné ne comprend pas l'exercice. Il sollicite ton aide.

- 1- Ecris les équations- bilans de la combustion complète du butane et du méthane dans le dioxygène.
- 2- Détermine les pourcentages en mole de chacun des constituants du mélange des deux hydrocarbures gazeux.
3. Détermine les volumes respectifs de chacun des hydrocarbures gazeux ainsi que le volume d'air que nécessite la combustion complète.

Solution

1- Equations- bilan de la combustion complète du butane et du méthane dans le dioxygène.



2- Déterminons les pourcentages en mole de chacun des constituants

Appelons V_1 et V_2 les volumes (en cm³) de méthane et de butane dans le mélange :

$$V_1 + V_2 = 30 \text{ cm}^3 \text{ (a)}$$

❖ Les proportions entre les volumes réagissant sont données par les coefficients des équations-bilans.

Un volume V_1 de méthane produit un volume V_1 de CO_2

Un volume V_2 de butane produit un volume $4 V_2$ de CO_2

$$\text{Donc : } V_1 + 4 V_2 = 90 \text{ cm}^3 \text{ (b)}$$

On forme le système d'équation avec (a) et (b)

$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 30 \\ V_1 + 4 V_2 = 90 \end{cases} \quad \begin{cases} V_1 = 10 \text{ cm}^3 = 10 \text{ mL} \\ V_2 = 20 \text{ cm}^3 = 20 \text{ mL} \end{cases}$$

* Soit n_1 le nombre de mole de méthane et n_2 celui de butane :

$$n_1 = \frac{V_1}{V_m} \text{ et } n_2 = \frac{V_2}{V_m}$$

$$\text{AN : } n_1 = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{22,4} \Rightarrow n_1 = 4,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol et } n_2 = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{22,4} \Rightarrow n_2 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

❖ le nombre de mole total du mélange et les pourcentages en mole.

$$n = n_1 + n_2 \text{ AN : } n = (4,46 + 9) \cdot 10^{-4} \Rightarrow n = 13,46 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\%n_1 = \frac{n_1}{n} \times 100 = \frac{4,46 \cdot 10^{-4}}{13,46 \cdot 10^{-4}} \times 100 = 33,13 \%$$

$$\%n_2 = \frac{n_2}{n} \times 100 = \frac{9 \cdot 10^{-4}}{13,46 \cdot 10^{-4}} \times 100 = 66,87 \%$$

3- Le volume de chaque hydrocarbure: voir réponse 2°) $V_1 = 10 \text{ cm}^3$ et $V_2 = 20 \text{ cm}^3$

$$\diamond V_{O_2} = V_{O_2(I)} + V_{O_2(II)} \Rightarrow V_{O_2} = 2V_1 + \frac{13}{2} V_2$$

$$\text{AN: } V_{O_2} = 2 \times 10 + \frac{13}{2} \times 20 \Rightarrow V_{O_2} = 150 \text{ cm}^3$$

❖ Le volume d'air nécessaire

$$V_{\text{air}} = 5V_{O_2} \text{ AN : } V_{\text{air}} = 5 \times 150 \Rightarrow V_{\text{air}} = 750 \text{ cm}^3$$

Exercice- 5

À l'issue du cours sur l'équation-bilan, votre professeur de physique – chimie décide d'évaluer vos acquis. Il vous soumet l'exercice ci-dessous.

On chauffe un mélange d'oxyde de cuivre II et de carbone dans un tube à essais coiffé d'un tube à dégagement. On observe que le gaz qui se dégage trouble l'eau de chaux et que la poudre initialement noire devient jaune rosâtre.

Données: C : $12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; O : $16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; Cu : $63,5 \cdot \text{mol}^{-1}$; $V_M = 22,4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Tu es élève de la classe. Donne ta production.

1. Identifie les produits de cette réaction.
2. Ecris l'équation – bilan de cette réaction.
3. On veut obtenir une masse $m = 3,18 \text{ g}$ de cuivre.

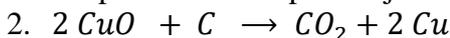
3.1 Détermine :

3.1.1 la masse des réactifs.

3.1.2 le volume du gaz formé.

Solution

1. Les produits sont : poudre jaune rosâtre, cuivre et gaz dioxyde de carbone.



$$3. n_{\text{Cu}} = \frac{m_{\text{Cu}}}{M_{\text{Cu}}} = \frac{3,18}{63,5} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

3.1.1. D'après l'équation-bilan :

$$n_{\text{CuO}} = n_{\text{Cu}} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

$$n_{\text{C}} = \frac{n_{\text{Cu}}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

Ce qui donne :

$$m_{\text{CuO}} = 5 \cdot 10^{-2} \times 79,5 = 3,975 \text{ g}$$

$$m_{\text{C}} = 2,5 \cdot 10^{-2} \times 12 = 0,3 \text{ g}$$

3.1.2.

$$n_{CO_2} = \frac{n_{Cu}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

$$V_{CO_2} = 2,5 \cdot 10^{-2} \times 22,4 = 0,56 \text{ L}$$

IV. DOCUMENTS

LAVOISIER, UN DES FONDATEURS DE LA CHIMIE MODERNE

Antoine Laurent Lavoisier (1743 – 1794) est un grand expérimentateur ; il est le premier à effectuer des mesures de masses et de volumes gazeux au cours d'expériences de Chimie. En 1774, il réalise la première analyse de l'air et montre que ce gaz est un mélange de dioxygène et de diazote. Il est célèbre grâce à la loi de conservation de la masse lors d'une réaction chimique (loi de Lavoisier) qu'il énonça de la manière suivante :

« Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération,... »
Par quantité de matière, il faut entendre masse.

Il s'intéressa également à la biologie, aux sciences humaines et sociales... ; il joua un rôle sous la révolution. Malheureusement, il avait été fermier général dans l'ancien Régime ; le Tribunal révolutionnaire considéra les fermiers généraux comme des ennemis de la République et il fut guillotiné le 8 mai 1794.



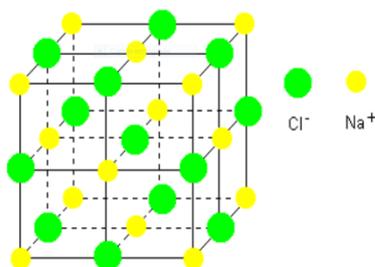


THEME 3 : LA MATIERE ET SES TRANSFORMATIONS.

TITRE DE LA LEÇON : LE CHLORURE DE SODIUM SOLIDE

I-SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors d'une journée porte ouverte sur le thème « chimie et santé » dans un lycée, un élève de la classe de seconde C découvre dans un stand la maquette ci-dessous : Le responsable du stand lui apprend que cette maquette représente le motif du chlorure de sodium communément appelé « sel de cuisine ». Consommé de manière abusive, il provoque des maladies cardiovasculaires et rénales. En plus, cette structure lui confère des propriétés particulières. Dans le souci de s'informer davantage avec ses camarades de classe sur ce produit de première nécessité, ils demandent à leur professeur de Physique-Chimie de les aider à décrire la structure du chlorure de sodium et d'expliquer ses propriétés.



II- CONTENU DE LA LEÇON

1. ETAT NATUREL DU CHLORURE DE SODIUM

Le chlorure de sodium communément appelé sel de cuisine est très répandu dans la nature sous deux formes :

- Solide ; c'est le sel gemme.
- En solution dans l'eau de mer.

Le chlorure de sodium est formé de petits cubes translucides appelés cristaux. C'est un composé ionique.

2. STRUCTURE DU CHLORURE DE SODIUM

2.1. Le réseau cristallin

Le cristal de chlorure de sodium est formé d'un empilement régulier et alterné d'ions Na^+ et Cl^- suivant les trois directions et formant le réseau cristallin. Ces ions sont assimilables à des sphères.

Il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- dans le réseau cristallin de chlorure de sodium. Le cristal est donc électriquement neutre. Cette neutralité électrique est traduite par la formule statistique NaCl .

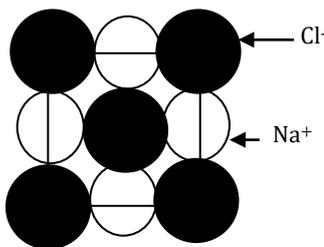
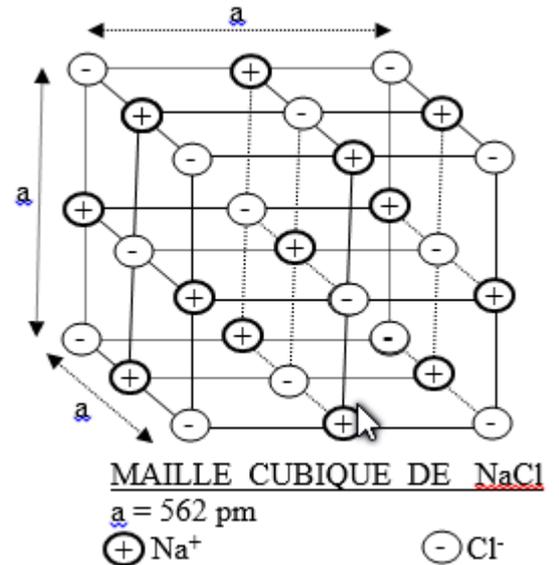
2.2. La maille du cristal

La maille est la plus petite entité du cristal.

Pour le chlorure de sodium, elle est constituée d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- formant un cube :

- Les ions Na^+ occupent les milieux des arêtes et le centre du cube.
- Les ions Cl^- occupent les sommets et les centres des faces.

Dans la maille réelle, chaque ion Na^+ est tangent à 6 ions Cl^- . De même chaque ion Cl^- est tangent à 6 ions Na^+ . Par conséquent, deux ions identiques ne sont jamais en contact.



maille du cristal vue de face

2.3. Cohésion du cristal

Il s'exerce, entre les ions Na^+ et les ions Cl^- , des forces d'attraction électrostatiques. C'est ce qui confère au cristal de chlorure de sodium cohésion et stabilité.

Activité d'application 1

1. Cite les constituants du cristal de chlorure de sodium.
2. Explique la neutralité du chlorure de sodium.
3. Explique la cohésion et la stabilité du cristal de chlorure de sodium.

Corrigé

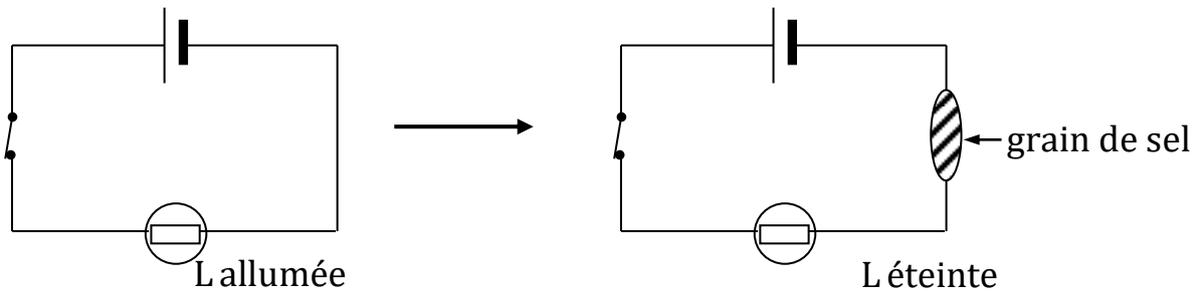
1. Le cristal de chlorure de sodium est constitué d'ions Na^+ et d'ions Cl^- .
2. Dans le cristal de chlorure de sodium, il y a autant d'ions Na^+ que d'ion Cl^- ; d'où la neutralité du cristal.

3. Il existe des forces d'interaction attractives entre les ions Na^+ et les ions Cl^- ; ce qui confère au cristal de chlorure de sodium sa cohésion et sa stabilité.

3. PROPRIETES PHYSIQUES DU CHLORURE DE SODIUM

3.1. Caractère isolant du chlorure de sodium

3.1.1. Expérience et observations



3.1.2. Conclusion

Le cristal de chlorure de sodium est un isolant électrique car les ions Na^+ et les ions Cl^- constituant le chlorure de sodium ne peuvent pas se déplacer dans le cristal.

3.2. Solubilité du chlorure de sodium

Le cristal chlorure de sodium se dissout facilement dans l'eau. Les solutions aqueuses obtenues sont conductrices du courant électrique. En effet la dissolution du chlorure de sodium dans l'eau libère des ions Na^+ et Cl^- qui peuvent se déplacer dans la solution et permettre le passage du courant électrique.

3.3. Stabilité thermique du chlorure de sodium

La température de fusion du chlorure de sodium est élevée ($T_f = 801^\circ\text{C}$) à cause de la cohésion et de la stabilité du cristal due aux forces électrostatiques attractives entre les ions. Il faut donc fournir une grande énergie pour le disloquer.

Activité d'application 2

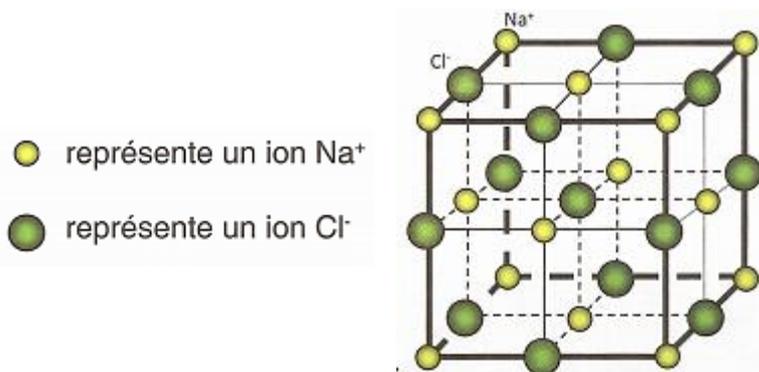
Cite deux propriétés physiques du cristal de chlorure de sodium.

Corrigé

- Le cristal de chlorure de sodium est un isolant électrique.
- Le cristal de chlorure de sodium est thermiquement stable.

SITUATION D'ÉVALUATION

Lors d'une conférence organisée par le club santé de ton établissement portant sur les maladies dues à notre alimentation, il a été dit que la consommation abusive du sel de cuisine (chlorure de sodium) constitue un danger. Au sortir de cette conférence, des élèves en classe de 2^{nde} C veulent en savoir davantage sur le chlorure de sodium. Il te sollicite pour les éclairer.



- Détermine le nombre de mailles auxquelles appartiennent :
 - un ion sodium occupant un sommet d'une maille
 - un ion sodium occupant le centre d'une face d'une maille
 - un ion chlorure occupant le milieu d'un arrêt d'une maille
 - un ion chlorure occupant le centre d'une maille.
- Détermine le nombre d'ions Na^+ et d'ions Cl^- appartenant en propre à une maille cubique.
- Déduis-en la formule statistique du chlorure de sodium.

Corrigé

- 1.1. un ion Na^+ au sommet d'un cube appartient à 8 cubes.
 - 1.2. un ion Na^+ au centre d'une face appartient à 2 cubes.
 - 1.3. un ion Cl^- au milieu d'une arête appartient à 4 cubes.
 - 1.4. un ion Cl^- au centre d'un cube appartient à ce cube
2.

 - Chacun des 8 ions Na^+ placés aux 8 sommets du cube appartient pour $\frac{1}{8}$ à ce cube.
 - Chacun des 6 ions Na^+ placés aux centres des 6 faces du cube appartient pour $\frac{1}{2}$ à ce cube.

Un cube contient donc en propre: $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ions Na^+ .

 - Chacun des 12 ions Cl^- placés aux milieux des 12 arêtes du cube appartient pour $\frac{1}{4}$ à ce cube.
 - L'ion Cl^- placé au centre du cube n'appartient qu'à ce cube.

Un cube contient donc en propre : $12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$ ions Cl^- .
- Il y a autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- dans le réseau cristallin. Cette égalité est traduite par la formule statistique NaCl .

III. EXERCICES

EXERCICE 1

Le chlorure de sodium solide possède des propriétés physiques.

1- Sa température de fusion est :

- a) 901 °C ;
- b) 810 °C ;
- c) 801 °C.

2- Sa grande cohésion est due essentiellement :

- a) aux interactions entre les ions sodium ;
- b) aux interactions entre les ions chlorures et les ions sodium ;
- c) aux interactions entre les ions chlorure.

Relève le numéro de chaque proposition et fais suivre de la lettre correspondant à la bonne réponse.

Corrigé

- 1.c
- 2.b

EXERCICE 2

Complète le texte ci-dessous par les mots ou groupes de mots suivants : **conducteur – stable – élevée – grande cohésion**.

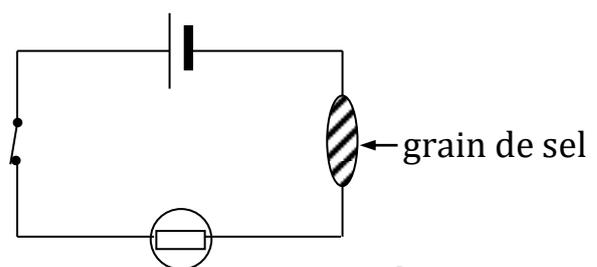
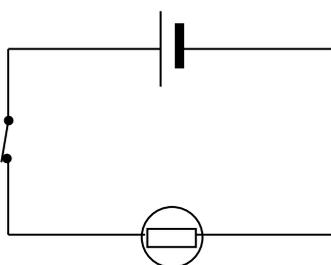
Le chlorure de sodium solide est constitué d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- . Les forces électrostatiques attractives existantes entre ces ions assurent une..... du cristal. La température de fusion du chlorure de sodium est très..... C'est un cristal très..... Le chlorure de sodium dissout dans l'eau est..... du courant électrique.

Corrigé

Le chlorure de sodium solide est constitué d'un empilement d'ions Na^+ et Cl^- . Les forces électrostatiques attractives existantes entre ces ions assurent une **grande cohésion** du cristal. La température de fusion du chlorure de sodium est très **élevée**. C'est un cristal très **stable**. Le chlorure de sodium dissout dans l'eau est **conducteur** du courant électrique.

EXERCICE 3

On réalise une expérience schématisée ci-dessous :



1. Précise l'état de la lampe dans chaque cas.
2. Explique l'observation dans le montage 2.

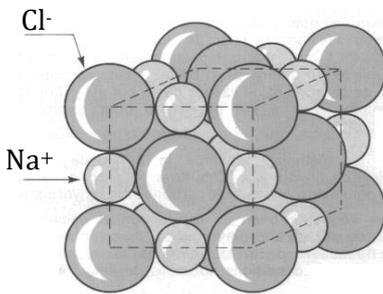
Corrigé

1. Dans le montage 1, la lampe est allumée ; tandis que dans le montage 2, la lampe est éteinte.
2. La lampe ne s'allume pas parce que le chlorure de sodium solide est un isolant électrique. Il contient certes des ions Na^+ et Cl^- , mais ces ions ne peuvent pas se déplacer à cause des forces électrostatiques attractives entre eux.

EXERCICE 4

Lors de la préparation d'un devoir, ton camarade découvre la figure ci-dessous représentant une maille élémentaire de chlorure de sodium.

Il te sollicite pour exploiter cette figure.



Données : rayon de l'ion sodium : $r_{\text{Na}^+} = 100 \text{ pm}$; rayon de l'ion chlorure $r_{\text{Cl}^-} = 180 \text{ pm}$.

Masses molaires atomiques : $M(\text{Na}) = 23 \text{ g/mol}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g/mol}$

Nombre d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

1. Calcule la longueur de l'arête du cube élémentaire.
2. Calcule le volume du cube.
3. On précise que la maille élémentaire comporte en propre 4 ions Na^+ et 4 ions Cl^- .
 - 3.1. Détermine la masse de chlorure de sodium contenue dans une maille élémentaire.
 - 3.2. Calcule la masse volumique du chlorure de sodium.

Corrigé

1.

$$a = 2x(r_{\text{Na}^+} + r_{\text{Cl}^-})$$

$$a = 2x(100 + 180)$$

$$a = 560 \text{ pm} = 5,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}.$$

2.

$$V = a^3$$

$$V = 560^3$$

$$V = 175616000 \text{ pm}^3 = 1,76 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$$

3

3.1.

$$m = 4x \frac{M(\text{Na})}{N} + 4x \frac{M(\text{Cl})}{N}$$

$$m = 4x \frac{23}{6,02 \cdot 10^{23}} + 4x \frac{35,5}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3,887 \cdot 10^{-22} \text{ g} = 3,887 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

3.2.

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

$$\rho = \frac{3,887 \cdot 10^{-25}}{1,76 \cdot 10^{-28}} = 2,21 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 = 2,21 \text{ kg/dm}^3$$

EXERCICE 5

Le professeur de Physique-Chimie vous soumet à un test qui consiste à déterminer la structure du cristal d'oxyde de magnésium.

Le magnésium et l'oxygène ont respectivement pour numéro atomique $Z = 12$ et $Z = 8$.

Tu es désigné pour proposer tes solutions.

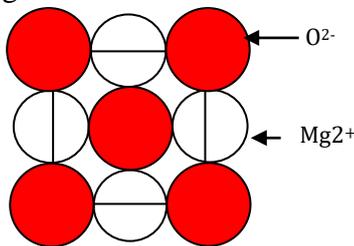
1. Ecris la formule électronique du magnésium et celle de l'oxygène.
2. Précise le type d'ions que donne chaque élément.
3. Dans le cristal d'oxyde de magnésium, les ions oxygène et magnésium se disposent selon un assemblage compact, identique à celui du chlorure de sodium.
 - 3.1. Ecris la formule statistique de l'oxyde de magnésium.
 - 3.2. Fais un schéma d'une face de la maille élémentaire.

Corrigé

1. Mg : $K^2L^8M^2$
O : K^2L^6
2. Ion Mg^{2+} et ion O^{2-}
- 3.

3.1. MgO

3.2.



IV. DOCUMENTATION

Le **chlorure de sodium** est un composé chimique ionique de formule NaCl. On l'appelle plus communément *sel de table* ou *sel de cuisine*, ou tout simplement **sel** dans le langage courant. Cette roche évaporite a l'aspect d'une matière cristalline, sèche et solide, de densité 2,2, de dureté Mohs 2 et surtout friable, très soluble dans l'eau, avec un goût âcre et une saveur salée caractéristique. Cet exhausteur de goût, plus ou moins raffiné, est utilisé depuis des temps immémoriaux pour l'assaisonnement, la préservation et la conservation des aliments.

Il s'agit du principal sel neutre dissous dans l'eau de mer ; il s'obtient :

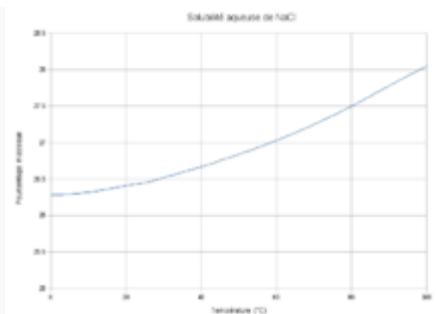
- dans des salins ou marais salants par évaporation de saumures dans plusieurs bassins communiquant avec une réserve remplie par l'eau de mer. C'est pourquoi, produit par cette saliculture traditionnelle ou industrielle, il s'appelle aussi **sel marin** ;
- dans des mines ou salines, par extraction de la roche évaporite saline nommée **sel gemme** ou **halite**. Ce sel extrait impur ou non purifié peut également être utilisé pour le salage des routes, pour favoriser le déneigement ou empêcher ou traiter le verglas ;
- plus rarement en le synthétisant, par exemple lors d'une réaction à haute température entre du dichlore (Cl_2) et du sodium métallique (Na).

Le chlorure de sodium, matière première de base, est utilisé dans l'industrie chimique pour produire du carbonate de sodium, de l'hydroxyde de sodium, du chlore et de l'hydrogène.

Propriétés physiques et chimiques

L'analyse chimique pondérale donne en masse 39,34 % de sodium Na et 60,66 % de chlore Cl₂. Le sel contient aussi parfois des inclusions d'iode I₂ et de brome Br₂, à l'état d'impuretés.

Cet halogénure simple est le sel le plus soluble, à 15 °C, de la série des chlorures alcalins. Il forme très peu d'associations avec les composés biologiques des sols ou des végétaux (par exemple sous forme de complexes retenus), d'où son lessivage facile et son accumulation inévitable dans les cuvettes endoréiques ou les mers.



Courbe de solubilité aqueuse.

Sa solubilité dans l'eau varie assez peu avec la température. Pour 100 g d'eau pure (donc agressive), elle croît de 35,7 g à 0 °C jusqu'à 39,8 g à 100 °C, en passant par 35,8 g à 10 °C, 36 g à 20 °C, 36,3 g à 30 °C, 36,6 g à 40 °C, 37 g à 50 °C, 37,3 g à 60 °C, 37,8 g à 70 °C, 38,4 g à 80 °C et 39 g à 90 °C (ces valeurs représentent dix fois les concentrations en sel dans les océans qui sont d'environ 35 g/L).

Entre solutions salines et eau pure est observée une pression osmotique. C'est un sel neutre. Les cellules vivantes contiennent une solution saline, sous forme d'eau légèrement salée et aux caractéristiques régulées et constantes.

Le sel compressé en masse de sel-gemme ou une couche de halite possède des caractéristiques mécaniques typiques des principales roches salines ou évaporites, en particulier la plasticité. Ainsi à 120 °C, la roche saline compressée sous 300 kg se file lentement. Il est facile de comprendre le facteur d'instabilité dans une structure géologique qui offre des degrés même infimes de liberté et des possibilités de mouvement. Parfois, du fait de la faible densité relative de la roche saline et des forts effets de compressions latérales, le fluage s'effectue vers la surface. D'où la variété des phénomènes tectoniques mettant en cause des formations salines, sous forme de dômes de sel, de plis, de diapirs, de décollements, de chevauchements, voire de charriage. La tectonique salifère qui se nomme *halocinèse* constitue un champ spécifique d'études géomorphologiques.

Importance biologique

Dans notre organisme, les ions [sodium](#) Na⁺ jouent un rôle important dans la transmission du flux nerveux. Le sel contribue aussi au maintien d'un milieu [osmotique](#) favorable pour les [cellules](#) et évite la [déshydratation](#).

Risques cardiovasculaires associés à une surconsommation sodée

À [trop forte dose](#), le sel, par son contenu en sodium, contribue à augmenter la [tension](#) artérielle. Un apport de 2 g de sodium, soit 5 g de sel par jour¹⁰, serait suffisant, mais la consommation est en général très supérieure à ce minimum (9 à 10 g par jour en moyenne en 2001 en France) sans pour autant que la population se doute de l'importance de sa consommation¹¹.

L'[Agence française de sécurité sanitaire des aliments](#) (Afssa) a recommandé en janvier 2002 de réduire de 20 % en cinq ans l'apport en sel dans l'alimentation, pour atteindre 7 à 8 g par jour et par habitant, contre 9 à 10 g par jour en moyenne¹², voire beaucoup plus : 15 % de la population française consomment plus de 15 g de sel par jour (sel de table et sel déjà contenu dans les aliments)¹³. La part la plus importante des apports sodés dans les pays développés se trouve dans les aliments préparés, ce qui rend indispensable la collaboration de l'industrie alimentaire pour essayer d'en réduire la teneur en sel¹⁴.

Au début des années 2000, en France, l'excès de sel serait responsable, selon les travaux du P^r Pierre Meneton, chercheur à l'Inserm, de 25 000 décès par an et de 75 000 accidents cardiovasculaires, par hypertension. Ce constat et sa connexion avec les pratiques de l'industrie agroalimentaire lui ont valu un procès en diffamation de la part du Comité des salines de France, où il fut relaxé.

Études interventionnelles

La plupart des études démontrant une relation inverse entre la quantité de sel ingéré et la fréquence des maladies cardiovasculaires sont de type observationnel : seule est notée la consommation en chlorure de sodium des sujets étudiés sans essayer de modifier le comportement alimentaire de ces derniers.

Les études interventionnelles sont plus rares mais tendent à démontrer le bénéfice à réduire l'apport sodé : en Finlande, les professionnels sont passés avec succès à un sel de substitution allégé en sodium et enrichi en potassium (chlorure de potassium) ; le rapport sodium/potassium alimentaire est en effet important. Selon les travaux de chercheurs finlandais de l'université d'Helsinki et de Kuopio publiés dans la revue scientifique *Progress in Cardiovascular Diseases*, une réduction de 30 à 35 % des apports en sel dans leur pays, au cours des trente dernières années, a largement contribué à la chute de plus de 75 % de la mortalité cardiovasculaire chez les personnes de moins de 65 ans. Parallèlement l'espérance de vie des Finlandais a augmenté de six à sept ans. Ces impressionnants bénéfices sont principalement dus à une baisse de plus de 1 point de la pression artérielle moyenne de la population. De même, une réduction de près de 30 % des maladies cardiovasculaires a été observée dans une autre étude, et ce, de manière indépendante de la réduction des chiffres tensionnels.

Source : Wikipédia

Niveau : 2nde A-C

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE



THÈME 4 : LES IONS EN SOLUTION

TITRE DE LA LEÇON: SOLUTIONS AQUEUSES IONIQUES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Deux élèves en classe de 2nde C au Lycée Moderne de Boundiali échangent sur les solutions aqueuses ioniques. Tous deux sont d'accord que ces solutions sont obtenues par dissolution de composés ioniques dans l'eau ; mais l'un affirme qu'elles conduisent le courant électrique tandis que l'autre soutient le contraire. Pour s'accorder, ils décident avec leurs camarades de classe de se faire aider par leur professeur de Physique-Chimie afin d'interpréter le phénomène de dissolution dans l'eau d'un composé ionique, de définir la solubilité, les concentrations volumiques massique et molaire puis d'interpréter une électrolyse.

II. CONTENU DE LA LEÇON

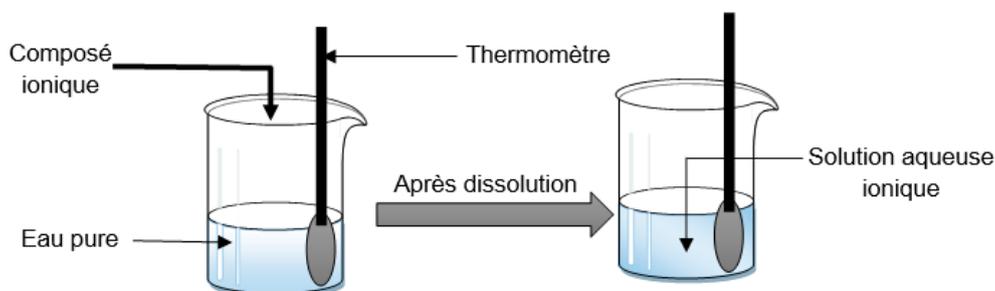
1. Rappels

- Une **solution** est obtenue en dissolvant un soluté dans un solvant. Si l'eau est le solvant alors la solution est dite **aqueuse**.
- Une **solution aqueuse ionique** est obtenue en dissolvant un composé ionique dans l'eau. Le composé ionique dissous est le **soluté**. L'opération de disparition du soluté dans l'eau est la **dissolution**.

NB : Les solutions aqueuses ioniques conduisent le courant électrique car elles contiennent des ions.

2. Effet thermique de la dissolution d'un composé ionique dans l'eau

2.1. Expérience et Observations



Soluté	Quantité de matière dissoute	Masse correspondante	Variation de la température
NaCl	0,05 mol	2,92 g	0°C
NaOH	0,05 mol	2 g	+8°C
CuSO ₄	0,05 mol	7,98 g	0°C
NH ₄ Cl	0,05 mol	2,67 g	-2,5°C

2.2. Interprétation

La dissolution d'un composé ionique dans l'eau se fait principalement en deux étapes :

- La dislocation du cristal

Il y a rupture des liaisons électrostatiques entre les ions suivie de leur dispersion.

Le phénomène se fait avec **absorption d'énergie**. Soit E_d cette énergie.

- L'hydratation ou la solvatation des ions

Les ions dispersés s'entourent chacun d'une couronne de molécule d'eau.

L'hydratation s'accompagne d'un **dégagement de chaleur**. Soit E_h cette énergie.

L'énergie de la dissolution dépend des énergies E_d et E_h :

*Si $E_d > E_h$ alors la dissolution est **endothermique** (diminution de la température) ; c'est le cas de NH_4Cl .

*Si $E_d = E_h$ alors la dissolution est **athermique** (température constante) ; c'est le cas de NaCl et CuSO_4 .

*Si $E_d < E_h$ alors la dissolution est **exothermique** (augmentation de la température) ; c'est le cas de NaOH .

2.3. Conclusion

La dissolution d'un composé ionique se fait en deux étapes fictives : la dislocation suivie de **la dispersion et l'hydratation**.

L'effet thermique d'une dissolution est lié aux énergies apportées par ces deux étapes. Cette dissolution peut être alors athermique, endothermique ou exothermique.

Activité d'application

Complète le texte ci-dessous avec les mots et groupes de mots suivants qui conviennent : **baisse ; l'hydratation ; température ; s'entourent ; dégagement de chaleur ; des liaisons, dispersion.**

La dissolution d'un composé ionique dans l'eau se fait en deux étapes. La première étape est la ruptureélectrostatiques entre les ions, suivie de leur Le phénomène se fait avec absorption d'énergie qui se traduit par unede ladu milieu réactionnel.

La deuxième étape estou la solvatation. Les ions dispersésde molécules d'eau.

L'hydratation s'accompagne dequi se traduit par une élévation de la température du milieu réactionnel. Le bilan thermique de la dissolution est la résultante des effets thermiques de la dispersion et de la solvatation.

Solution

La dissolution d'un composé ionique dans l'eau se fait en deux étapes. La première étape est la rupture **des liaisons** électrostatiques entre les ions, suivie de leur **dispersion**. Le phénomène se fait avec absorption d'énergie qui se traduit par une **baisse** de la **température** du milieu réactionnel.

La deuxième étape est **l'hydratation** ou la solvatation. Les ions dispersés **s'entourent** de molécules d'eau.

L'hydratation s'accompagne de **dégagement de chaleur** qui se traduit par une élévation de la température du milieu réactionnel. Le bilan thermique de la dissolution est la résultante des effets thermiques de la dispersion et de la solvatation

3. Concentrations en solution aqueuse

3.1. Concentration molaire volumique

- Concentration molaire volumique d'une solution

La concentration molaire notée C d'une solution est la quantité de matière de soluté dissous par litre de solution :

$$C = \frac{n}{V_S} \text{ avec } \begin{cases} C \text{ en } mol.L^{-1} \\ n : \text{ quantité de matière du soluté en mol} \\ V_S : \text{ volume de la solution en litre L} \end{cases}$$

- Concentration d'un ion en solution

La concentration d'un ion X est le nombre de mol de X par litre de solution :

$$[X] = \frac{n_X}{V_S} \text{ avec } \begin{cases} [X] \text{ en } mol.L^{-1} \\ n_X : \text{ quantité de matière de X en mol} \\ V_S : \text{ volume de la solution en litre L} \end{cases}$$

3.2. Concentration massique

La concentration massique ou pondérale d'un soluté est la masse de soluté par litre de solution :

$$c = \frac{m}{V_S} \text{ avec } \begin{cases} c \text{ en } g.L^{-1} \\ m : \text{ masse du soluté en mol} \\ V_S : \text{ volume de la solution en litre L} \end{cases}$$

Remarque : Relation entre concentration molaire et concentration massique

$$c = \frac{m}{V_S} \text{ avec } m = n.M \Rightarrow c = \frac{n.M}{V_S} \Rightarrow \boxed{c = M.C}$$

3.3. Électroneutralité d'une solution ionique

Toute solution aqueuse contenant des ions est électriquement neutre.

La somme des charges des ions positifs est égale à la valeur absolue de la somme des charges des ions négatifs.

Activité d'application

On dissout 0,51 mol de chlorure de sodium dans 1,5 L d'eau. On obtient une solution aqueuse ionique de chlorure de sodium. Sachant que le chlorure de sodium a pour masse molaire moléculaire $M = 58,5 \text{ g.mol}^{-1}$, détermine :

- 1) la concentration molaire volumique C de cette solution ;
- 2) sa concentration massique c .

Solution

- 1) Concentration molaire volumique C

$$C = \frac{n}{V_S} = \frac{0,51}{1,5} = 0,34 \text{ mol.L}^{-1}$$

- 2) Concentration massique c

$$c = M.C = 0,34 \times 58,5 = 19,89 \text{ g.L}^{-1}$$

4. Saturation et solubilité d'un soluté dans un solvant

4.1.Saturation

La **saturation** est la limite de dissolution au-delà de laquelle le soluté rajouté ne se dissout plus et se dépose au fond du récipient.

On dit que la **solution est saturée**.

4.2.Solubilité d'un soluté

La **solubilité** d'un soluté est la quantité de soluté par litre de solution saturée. C'est donc la concentration d'une solution saturée. Elle s'exprime en $mol.L^{-1}$ ou en $g.L^{-1}$.

Remarque :

La solubilité dépend de la nature du soluté et augmente avec la température.

Exemple :

À 20°C, la solubilité du $NaCl$ est $360 g.L^{-1}$

À 100°C, la solubilité du $NaCl$ est $390 g.L^{-1}$

Activité d'application

On met 20 g de sulfate de sodium dans l'eau à 20° C. La solution obtenue a un volume $V = 100 cm^3$. La concentration massique de la solution saturée de sulfate de sodium à 20° C est de $195 g.L^{-1}$

1- Donne la solubilité de la solution de sulfate de sodium à 20° C.

2- Dis en justifiant, si la solution préparée est saturée.

Solution

1- La solubilité de la solution de sulfate de sodium à 20°C est $195 g.L^{-1}$.

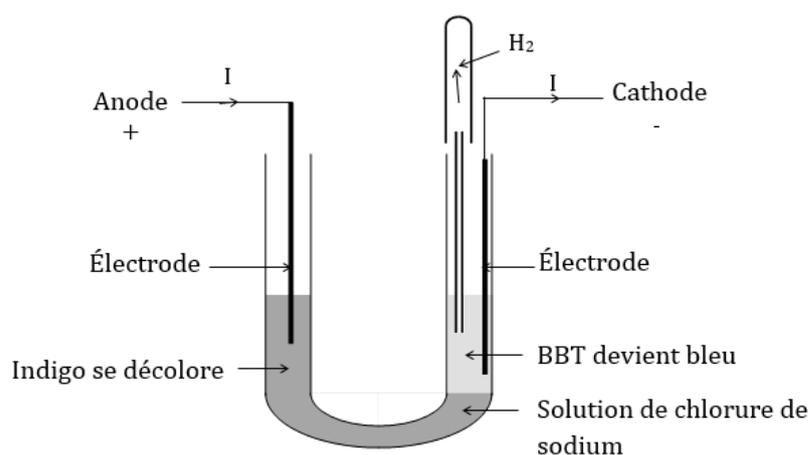
2- La concentration massique de la solution préparée est :

$$c = \frac{m}{V} = \frac{20}{0,1} = 200 g.L^{-1}$$

⇒ $c > 195 g.L^{-1}$: La solution est donc saturée.

5. Électrolyse d'une solution aqueuse du chlorure de sodium

5.1.Expérience et observations



- Des bulles de gaz se forment aux électrodes.
- Le gaz recueilli à la cathode émet une légère détonation à l'approche d'une flamme
- A l'anode, la solution d'indigo se décolore au contact du gaz formé.

5.2. Interprétation

-**A l'anode** : la décoloration de l'indigo caractérise la présence du dichlore (Cl_2). La demi-équation électronique de la réaction produite est : $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$

-**A la cathode** : le gaz dégagé est le dihydrogène. La coloration en bleu du BBT traduit la présence des ions hydroxydes (OH^-).

La demi-équation électronique de la réaction produite est : $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2$

L'équation-bilan s'écrit alors : $2H_2O + 2Cl^- \rightarrow 2OH^- + H_2 + Cl_2$

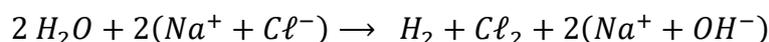
Remarque :

Au cours de cette réaction la quantité de matière des ions Na^+ n'est pas modifiée.

5.3. Conclusion

L'électrolyse du $NaCl$ produit du dichlore, du dihydrogène et de l'hydroxyde de sodium (soude).

L'équation-bilan globale est :



Remarque :

Certains ions (Na^+ ; SO_4^{2-} ; ...) sont si stables que les molécules d'eau réagissent à leur place. Ces molécules d'eau se transforment alors en ions H_3O^+ et OH^- .

Activité d'application

Lors de l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium, on recueille :

- 1) à l'anode :
 - 1.1) le dihydrogène
 - 1.2) le dichlore
 - 1.3) le dioxyde de carbone
- 2) à la cathode :
 - 2.1) le dihydrogène
 - 2.2) le dichlore
 - 2.3) le dioxyde de carbone

Pour chacune des affirmations entoure les numéros correspondant à celles qui sont correctes.

Solution

- 1) à l'anode :
 - 1.1) le dihydrogène
 - 1.2) le dichlore
 - 1.3) le dioxyde de carbone
- 2) à la cathode :
 - 2.1) le dihydrogène
 - 2.2) le dichlore
 - 2.3) le dioxyde de carbone

Situation d'évaluation

Pour avoir des ressources financières pour son bal de fin d'année, le club scientifique du lycée moderne de Boundiali désire fabriquer du savon. Ne disposant plus de soude, un groupe d'élève de seconde veut en synthétiser par électrolyse d'une solution de chlorure de sodium. Ils préparent alors une solution en dissolvant 50 kg de chlorure de sodium dans un fût de 250 L d'eau et réalisent l'électrolyse de cette solution à l'aide un dispositif particulier.

On donne les masses molaires : $M(Na) = 23 \text{ g/mol}$; $M(Cl) = 35,5 \text{ g/mol}$.

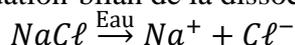
Le responsable du club te sollicite afin d'assister ce groupe pour la réussite de cette opération.

Il t'est demandé alors de déterminer la masse de soude susceptible d'être obtenue par ces élèves.

1. Écris l'équation-bilan de la dissociation du $NaCl$ dans l'eau.
2.
 - 2.1. Détermine :
 - 2.1.1. la concentration molaire de la solution de chlorure de sodium ainsi préparée.
 - 2.1.2. les concentrations molaires des ions en solution.
 - 2.2. Vérifie l'électroneutralité de cette solution.
3. Ecris la demi-équation électronique de la réaction qui se déroule pendant l'électrolyse :
 - 3.1. à l'anode.
 - 3.2. à la cathode.
4.
 - 4.1. Écris l'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.
 - 4.2. Détermine la masse de soude ($NaOH$) obtenue.

Solution

1. Équation-bilan de la dissociation



2.

- 2.1. Déterminons :

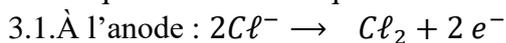
- 2.1.1. la concentration molaire

$$C = \frac{m}{M(NaCl)V} = \frac{5 \cdot 10^4}{(23 + 35,5) \times 250} = 3,42 \text{ mol/L}$$

- 2.1.2. Concentrations molaires des ions en solution

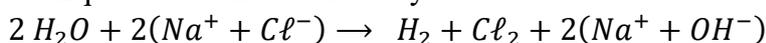
$$n(NaCl) = n(Na^+) = n(Cl^-) \Rightarrow [Na^+] = [Cl^-] = C = 3,42 \text{ mol/L}$$

3. Demi-équations électroniques



4.

- 4.1. Équation-bilan de l'électrolyse



- 4.2. Détermination de la masse de soude

Bilan molaire : $n(NaOH) = n(NaCl)$

$$\Rightarrow \frac{m_{NaOH}}{M_{NaOH}} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}} \Rightarrow m_{NaOH} = \frac{m_{NaCl} \cdot M_{NaOH}}{M_{NaCl}} = \frac{50 \times (23 + 16 + 1)}{23 + 35,5} = 34,2 \text{ kg}$$

III. EXERCICES

Exercice 1

Pour chacune des propositions suivantes :

- 1- Une solution aqueuse est un mélange homogène dans lequel le plus abondant des composés est le solvant.
- 2- Un soluté est le composé ionique dissout dans un liquide.
- 3- La concentration massique d'un soluté correspond à la quantité de matière par unité de volume.
- 4- La solubilité d'un soluté est la masse maximale que l'on peut dissoudre dans un litre d'eau à une température donnée.

5-La concentration molaire volumique est la masse de soluté dissout à une température donnée.
Ecris le numéro suivi de la lettre V si la proposition est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

Solution

1-V ; 2-V ; 3-F ; 4-V ; 5-F

Exercice 2

Pour chacune des propositions suivantes :

1. Une solution aqueuse peut avoir une charge positive ou négative.
2. Dans une solution il y a autant de cations que d'anions.
3. Lorsque la dissolution d'un composé s'accompagne d'une diminution de la température du milieu, la dissolution est dite exothermique.
4. Les concentrations molaire (C) et massique (C_m) sont liées par la relation : $C = \frac{C_m}{M}$.
5. Lorsque la dissolution d'un composé se fait avec une augmentation de la température du milieu, la dissolution est dite endothermique.
6. Lorsque la dissolution d'un composé se fait sans variation de la température du milieu, la dissolution est dite athermique.

Recopie le numéro de la proposition et écris à la suite V si la proposition est vraie ou F si elle est fausse.

Solution

1-F ; 2-V ; 3-F ; 4-V ; 5-F ; 6-V

Exercice 3

Pour chacune des propositions suivantes :

1. Dans une solution aqueuse de glucose, le soluté est:
 - a. l'eau ;
 - b. glucose ;
 - c. l'eau et le glucose.
2. Lorsqu'une solution est saturée en sulfate de cuivre, cela signifie que :
 - a. l'eau ne peut plus dissoudre le sulfate de cuivre solide ;
 - b. il y a autant de sulfate de cuivre que d'eau ;
 - c. le sulfate de cuivre n'est pas soluble dans l'eau.
3. La relation liant la concentration C, le volume V d'une solution aqueuse et la quantité de matière n de soluté est:
 - a. $C = \frac{V}{n}$
 - b. $C = n \times V$
 - c. $C = \frac{n}{V}$
4. La concentration molaire d'une solution de 100 mL est $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La quantité de matière du soluté est:
 - a. 0,05 mol ;
 - b. 0,5 mol ;
 - c. 5 mol.

5. Une solution de saccharose de 100 mL a été préparée à partir de 0,01 mol de soluté. Sa concentration molaire est:
- 0,01 mol.L⁻¹.
 - 0,001 mol.L⁻¹
 - 1,00 mol.L⁻¹
5. Diluer une solution, c'est:
- lui ajouter de l'eau (pour une solution aqueuse) ;
 - lui ajouter un soluté ;
 - faire évaporer le solvant.

Ecris le numéro suivi de la lettre correspondant à la bonne réponse

Solution

1-b ; 2-a ; 3-c ; 4-a ; 5-b ; 6-a

Exercice 4

Dans le but de vérifier les connaissances acquises après le cours de chimie sur les solutions aqueuses ioniques, des élèves de la seconde C du Lycée Moderne de Boundiali décident de vérifier la neutralité électrique d'une solution ionique.

Pour ce faire, ils préparent une solution en dissolvant $m = 100$ g de cristaux de chlorure de calcium (CaCl₂) dans l'eau et on complète à 500 mL.

Données : Masses molaires $M(\text{Ca}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$

- Détermine :
 - la masse molaire moléculaire de CaCl₂
 - la quantité de matière de CaCl₂ dissout
 - déduis-en la concentration molaire (C_{CaCl_2}) de la solution de chlorure de calcium obtenue.
- Ecris et équilibre l'équation-bilan de la réaction de dissolution
 - Utilise cette équation-bilan pour déterminer les concentrations molaires des ions calcium et chlorure dans la solution.
- Détermine la concentration massique du soluté.
- Vérifie l'électroneutralité de la solution obtenue.

Solution

- $M(\text{CaCl}_2) = M(\text{Ca}) + 2M(\text{Cl}) = 40 + 71 = 111 \text{ g.mol}^{-1}$
 - $n_{\text{CaCl}_2} = \frac{m_{\text{CaCl}_2}}{M(\text{CaCl}_2)} = \frac{100}{111} = 0,90 \text{ mol}$
 - $C = \frac{n}{V_S} = \frac{0,90}{0,5} = 1,8 \text{ mol.L}^{-1}$
- Équation-bilan de la dissolution du chlorure de calcium dans l'eau

$$\text{CaCl}_2 \xrightarrow{\text{Eau}} \text{Ca}^{2+} + 2\text{Cl}^-$$
 - Déterminons les concentrations molaires des ions en solution :
 D'après l'équation bilan $\frac{n_{\text{CaCl}_2}}{1} = \frac{n_{\text{Ca}^{2+}}}{1} = \frac{n_{\text{Cl}^-}}{2} \Rightarrow C_{\text{CaCl}_2} = [\text{Ca}^{2+}] = \frac{[\text{Cl}^-]}{2}$,

On obtient :

$$[Ca^{2+}] = C_{CaCl_2} = 1,8 \text{ mol. L}^{-1} \text{ et } [Cl^-] = 2 C_{CaCl_2} = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ mol. L}^{-1}$$

3. Concentration massique de la solution

$$c = \frac{m}{V_s} = \frac{100}{0,5} = 200 \text{ g. L}^{-1}$$

4. Electroneutralité de la solution :

$$2 [Ca^{2+}] = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ mol. L}^{-1} \text{ et } [Cl^-] = 3,6 \text{ mol. L}^{-1} \text{ donc : } 2 [Ca^{2+}] = [Cl^-].$$

Exercice 5

Un lundi matin, ton voisin de classe se rend à l'hôpital pour des maux de dents. Le dentiste, après lui avoir arraché la dent cariée, lui conseille un bain de bouche avec une solution aqueuse de chlorure de sodium (NaCl) de concentration 200 mg/L.

Le bain se fait trois fois par jour et à chaque bain il utilise un volume $V = 175 \text{ cm}^3$ d'eau salée.

Données : $M_{Na} = 23 \text{ g/mol}$; $M_{Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$.

Ne sachant pas comment préparer la solution, il te sollicite pour l'aider.

1. Dis ce que représentent 200 mg/L.

2. Détermine la concentration molaire volumique de la solution.

3.

3.1. Ecris l'équation-bilan de la dissolution de NaCl dans l'eau.

3.2. Détermine les concentrations molaires des ions Na^+ et Cl^- .

3.3. Vérifie l'électroneutralité de la solution.

4.

4.1. Détermine le volume V_s d'eau utilise par jour de traitement.

4.2. Déduis-en la masse du chlorure de sodium utilisée par jour de traitement.

Solution

1. 200 mg/L représente la concentration massique du chlorure de sodium.

2. La concentration molaire volumique de la solution

$$c = M \cdot C \Rightarrow C = \frac{c}{M(NaCl)}$$

$$AN : C = \frac{0,2}{23+35,5} = 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}.$$

3.

3.1. Equation-bilan de la réaction de dissolution



3.2. Déterminons les concentrations molaires des ions

D'après l'équation-bilan :

$$n(NaCl) = n(Na^+) = n(Cl^-) \Rightarrow [Na^+] = [Cl^-] = C$$

$$[Na^+] = [Cl^-] = 3,42 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

3.3. Vérifions l'électroneutralité de la solution.

On constate que :

$$[Na^+] = [Cl^-]$$

Donc la solution est électriquement neutre.

4.

4.1. Déterminons le volume V_s utilisé par jour de traitement.

$$V_s = 3V$$

$$\text{AN : } V_s = 3 \times 175$$
$$V_s = 525 \text{ cm}^3 = 0,525 \text{ L}$$

4.2. Déterminons la masse du chlorure de sodium utilisée par jour de traitement.

$$C = \frac{m}{V_s} \Rightarrow m = C \times V_s$$

$$\text{AN : } m = 0,2 \times 0,525$$

$$m = 0,105 \text{ g}$$

IV. DOCUMENTS

DES ÉLECTROLYSES POUR LA PROTECTION ET LA DÉCORATION DES MÉTAUX

L'électrolyse permet de déposer une fine couche d'un métal sur un autre. On protège le fer de la corrosion en le recouvrant d'une pellicule de zinc. Ce procédé porte le nom d'électro-zincage : le métal à protéger constitue la cathode alors que l'anode en zinc plonge dans une solution de chlorure de zinc.

Ce procédé est aussi utilisé pour décorer un objet. C'est le cas du chromage des poignées de portes ou dans l'industrie automobile, de certains accessoires.

L'argenture de certains métaux ou alliages comme le laiton est obtenue par électrolyse d'une solution contenant des ions argent.

L'objet à argenter est placé à la cathode, l'anode est en argent.

On utilise le même principe pour la dorure de certains bijoux.

L'électrolyse permet également de purifier certains métaux.

L'électrolyse d'une solution aqueuse de sulfate de cuivre II permet de purifier le cuivre.



Bracelet en cuivre argenté par électrolyse



I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors d'une journée porte ouverte organisée par la Mairie de Bouna en vue de sensibiliser la population à la consommation de l'eau potable, les élèves de 2^{nde}C du Lycée Moderne de la ville ont remarqué que sur les étiquettes de certaines bouteilles d'eau minérale, sont mentionnées des formules d'ions, sur d'autres des noms d'ions. Curieux d'en savoir davantage, ces élèves décident, sous la conduite de leur professeur de Physique-chimie d'identifier quelques ions, d'écrire les différentes équation-bilans des réactions chimiques où interviennent ces ions et de les exploiter.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. Couleur des ions en solution

La couleur des solutions aqueuses ioniques est due à des ions hydratés.

Exemples :

Ions en solution	Cu^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	MnO_4^-	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Cr^{3+}
Couleur de la solution	bleue	Verte pâle	Rouge orangé	Violette	Orangée	verte

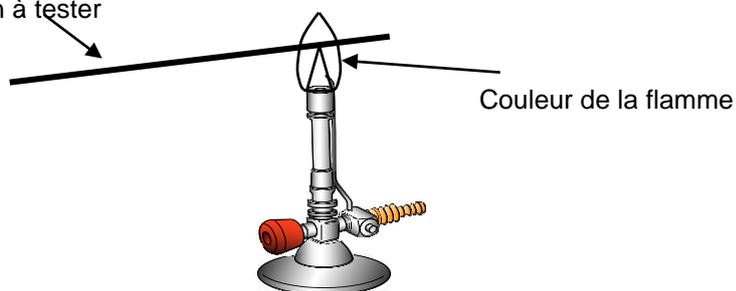
NB :

Une solution de couleur donnée ne contient pas forcément les ions caractéristiques de cette coloration. Il faut donc réaliser des tests.

Exemple : Toute solution bleue ne contient pas forcément des ions cuivre II.

2. Test à la flamme

Tige de platine trempée dans la solution à tester



Ce changement de couleur permet de mettre en évidence la présence d'ions dans la solution.

Lorsque la solution contient :

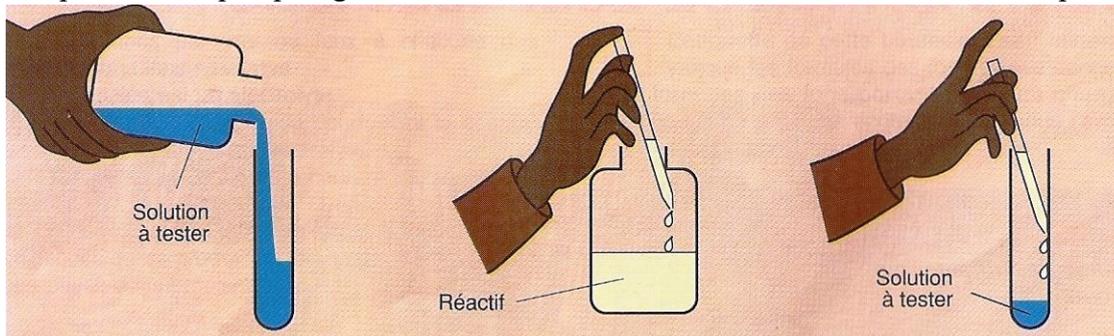
- L'ion Na^+ ; la flamme est **jaune**.
- L'ion Cu^{2+} ; la flamme est **verte**.

3. Test de précipitation des ions

Pour identifier un ion en solution aqueuse, on doit disposer :

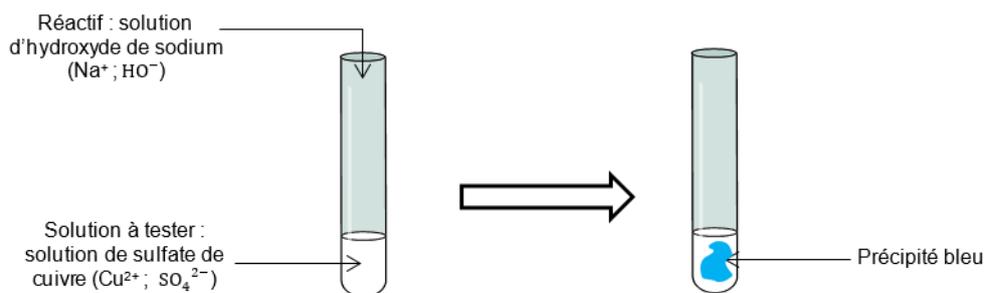
- d'une solution contenant l'ion à tester ;

- d'un réactif contenant un ion pouvant réagir de façon directe avec l'ion à tester
Lorsqu'on verse quelques gouttes du réactif dans la solution à tester, on obtient un précipité.

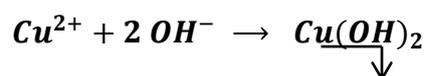


3.1. Identification de quelques cations

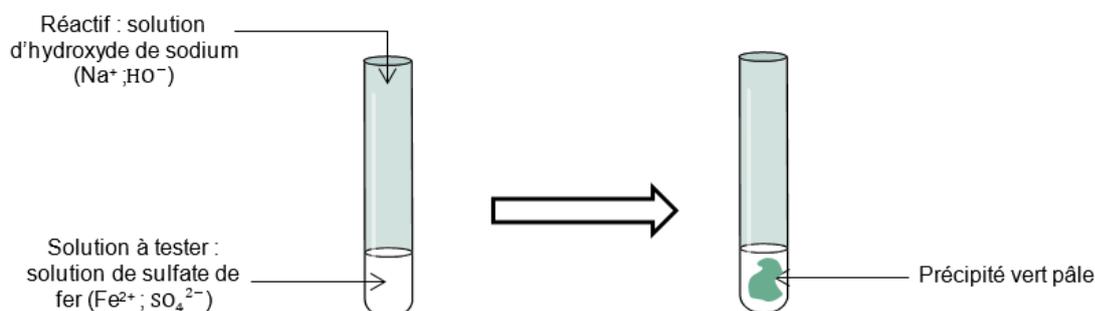
3.1.1. Ion cuivre II



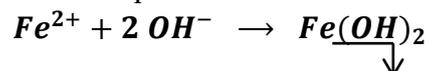
Le précipité bleu est **l'hydroxyde de cuivre**. Il traduit la présence de l'ion cuivre II dans la solution de sulfate de cuivre. L'équation-bilan de réaction de précipitation s'écrit :



3.1.2. Ion fer II (Fe^{2+})



Le précipité vert pâle est **l'hydroxyde de fer II**. Il traduit la présence de l'ion fer II dans la solution de sulfate ferreux. L'équation-bilan de sa formation est :

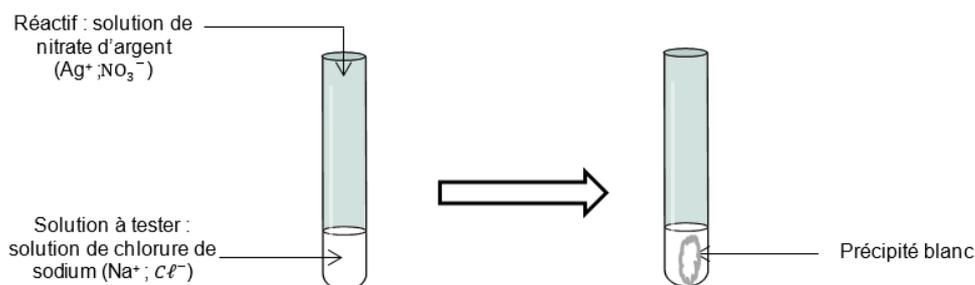


3.1.3. Tableau récapitulatif des différentes réactions d'identification des cations

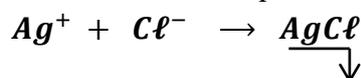
Ion testé	Na ⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Ag ⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ba ²⁺
Réactif	La flamme	-la flamme -soude	Soude	Ion Cl^-	Soude	Soude	Ion SO_4^{2-}
Observation	Flammejaune	-Flamme verte -Précipité bleu	Précipité blanc qui peut se dissoudre dans la soude ou l'ammoniac	Précipité blanc qui noircit à la lumière	Précipité vert	Précipité Rouille	Précipité blanc

3.2. Identification de quelques anions

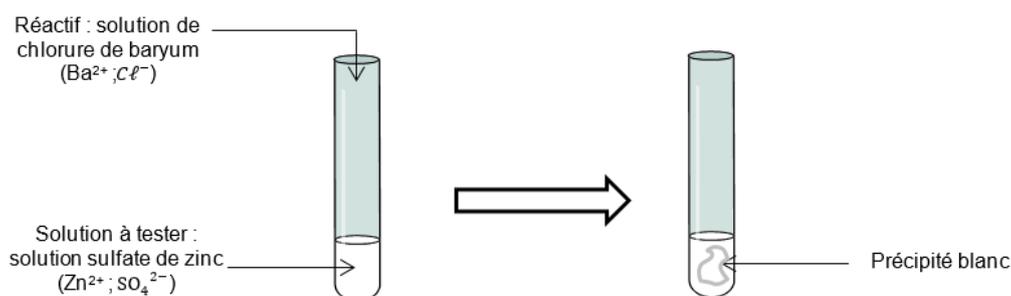
3.2.1. Ion chlorure Cl^-



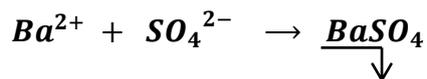
La formation du précipité blanc, le **chlorure d'argent** (qui noircit à la lumière), traduit la présence des ions chlorure dans la solution de chlorure de sodium. L'équation-bilan de cette réaction s'écrit :



3.2.2. Ion sulfate SO_4^{2-}



La formation du précipité blanc, le **sulfate de baryum**, traduit la présence des ions sulfate dans la solution de sulfate de zinc. L'équation-bilan de cette réaction s'écrit :



3.2.3. Tableau récapitulatif des différentes réactions d'identification des anions

Ion testé	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}	PO_4^{3-}	NO_3^-
Réactif	Ag^+	Ba^{2+}	H^+	Réactif molybdique	Permanganate de potassium en milieu acide
Observation	Précipité blanc qui noircit à la lumière	précipité blanc	CO_2 trouble l'eau de chaux	Coloration jaune	Décoloration de la solution

Remarque : les ions qui n'apparaissent pas dans l'équation-bilan sont des ions spectateurs car ils ne réagissent pas.

Activité d'application 1

On teste une solution aqueuse et on obtient les résultats suivants :

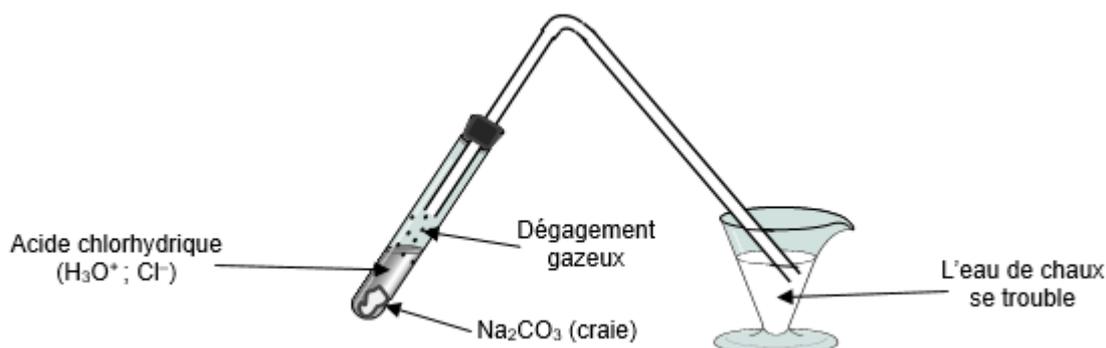
- Un précipité rouille avec la soude.
 - Un précipité blanc avec une solution de nitrate d'argent.
- 1- Donne les noms et les formules des ions mis en évidence
 - 2- Donne le nom de cette solution aqueuse

Corrigé

1- Les ions fer III et les ions chlorures Cl^-

2- Solution de chlorure de fer III ($FeCl_3$)

4. Test avec obtention d'un dégagement gazeux : cas de l'ion carbonate CO_3^{2-}



Equation de la réaction : $CO_3^{2-} + 2 H_3O^+ \rightarrow CO_2 + 3 H_2O$

Ions spectateurs : Na^+ et Cl^-

Activité d'application 2

On ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique dans une solution contenant des ions calcium et une seule espèce d'anion. On observe un dégagement gazeux qui trouble l'eau de chaux.

Donne le nom de cet anion.

Corrigé

Cet anion est l'ion carbonate CO_3^{2-}

Situation d'évaluation

Au cours d'un TP d'identification d'ions en solution, votre professeur met à votre disposition :

- 200 mL d'une solution aqueuse S_1 de sulfate de sodium de concentration $C_1 = 0,25$ mol/L.
- une solution S_2 de nitrate de baryum de concentration $C_2 = 0,12$ mol/L.

Il vous est demandé de précipiter tous les ions sulfate à partir de la solution S_2 .

On donne : $M(S) = 32$ g/mol ; $M(Na) = 23$ g/mol ; $M(O) = 16$ g/mol.

Tu fais partie du groupe.

1. Calcule la masse m_1 de sulfate de sodium dissout dans la solution S_1 .

2.

2.1. Écris l'équation de la réaction d'ionisation du sulfate de sodium.

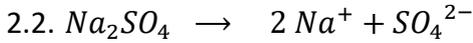
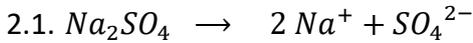
2.2. Calcule la concentration molaire de la solution S_1 en ions Na^+ et SO_4^{2-} .

- 3.
- 3.1. Écris l'équation-bilan de la réaction de précipitation des ions Ba^{2+} par les ions SO_4^{2-} .
- 3.2. Calcule le volume de la solution S_2 qu'on doit utiliser pour atteindre l'objectif visé par le professeur.

Corrigé

1. $m_1 = C_1 \cdot V_1 \cdot M_1$ avec $M_1 = M(Na_2SO_4)$; $m_1 = 0,25 \times 0,20 \times 142 = 35,5g$

2.

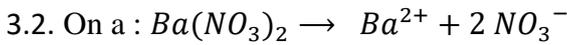
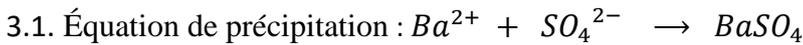


$$\begin{matrix} 1 \text{ mol} & 2 \text{ mol} & 1 \text{ mol} \\ C_1 & 2 C_1 & C_1 \end{matrix}$$

$[SO_4^{2-}] = C_1 = 0,25 \text{ mol/L}$

$[Na^+] = 2C_1 = 2 \times 0,25 = 0,5 \text{ mol/L}$

3.



$$\begin{matrix} 1 \text{ mol} & 1 \text{ mol} & 2 \text{ mol} \\ C_2 & C_2 & 2C_2 \end{matrix}$$

Lorsque l'objectif est atteint, $n(Ba^{2+}) = n(SO_4^{2-})$ soit $C_2 \cdot V_2 = C_1 \cdot V_1$

$\Rightarrow V_2 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_2} = \frac{0,25 \times 0,2}{0,12} = 0,416 \text{ L}$

III. EXERCICES

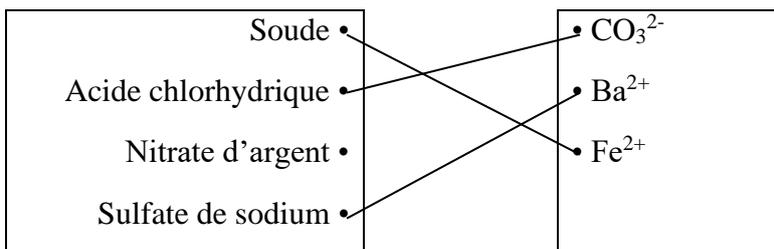
Exercice 1

Relie par une flèche, chaque réactif permettant d'identifier l'ion correspondant.

- Soude •
- Acide chlorhydrique •
- Nitrate d'argent •
- Sulfate de sodium •

- CO_3^{2-}
- Ba^{2+}
- Fe^{2+}

Corrigé



Exercice 2

Voici une liste d'affirmations.

AFFIRMATIONS	VRAIE	FAUSSE
L'ajout d'une solution de nitrate d'argent dans une solution de chlorure de sodium permet d'identifier les ions chlorure		
Le précipité blanc de chlorure d'argent exposé à la lumière ne noircit jamais		
La solution de carbonate de sodium contient des ions phosphate et des ions sodium		
La flamme des ions cuivre II est jaune claire		
L'équation-bilan entre le sulfate de fer III et la soude s'écrit : $(\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-}) + (2\text{Na}^+ + 3\text{OH}^-) \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$		

Complète le tableau en mettant une croix dans la case qui convient.

Corrigé

AFFIRMATIONS	VRAIE	FAUSSE
L'ajout d'une solution de nitrate d'argent dans une solution de chlorure de sodium permet d'identifier les ions chlorure	X	
Le précipité blanc de chlorure d'argent exposé à la lumière ne noircit jamais		X
La solution de carbonate de sodium contient des ions phosphates et des ions sodium		X
La flamme des ions cuivre II est jaune claire		X
L'équation-bilan entre le sulfate de fer III et la soude s'écrit : $(\text{Fe}^{3+} + \text{SO}_4^{2-}) + (2\text{Na}^+ + 3\text{OH}^-) \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	X	

Exercice 3

L'action de la soude sur une solution aqueuse ionique donne un précipité bleu.

1. Identifie l'ion mis en évidence.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction.

Corrigé

1. On met en évidence l'ion Cu^{2+}
2. $\text{Cu}^{2+} + 2 \text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$

Exercice 4

Lors d'une journée de salubrité, des élèves de 2^{nde}C découvrent, en nettoyant le laboratoire de physique-chimie, deux flacons de solutions A et B sans étiquette. Ils se rappellent que leur professeur leur a enseigné qu'on ne laisse jamais une solution sans étiquette. Ils décident donc de tester les ions contenus dans ces solutions afin de les identifier.

Test 1 : Un élève ajoute quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent à quelques millilitres de la solution A. Il apparaît un précipité blanc qui noircit à la lumière.

Test 2 : Un autre élève ajoute quelques gouttes de la solution B à quelques millilitres de la solution A. Il apparaît un précipité vert.

Test 3 : Un troisième élève trempe une tige de platine dans la solution B et la pose sur une flamme. Celle-ci se colore en jaune.

Appartenant à ce groupe, tu es désigné (e) comme rapporteur.

- 1- Cite les ions mis en évidence dans les tests 1, 2 et 3.
- 2- Ecris les équations bilan des réactions correspondant aux tests 1 et 2.
- 3- Nomme les ions contenus dans la solution A et dans la solution B.
- 4- Donne le nom des solutions A et B.

Corrigé

- 1- Test 1 : l'ion chlorure Cl^-
Test 2 : Les ions hydroxydes OH^- et les ions fer (II) Fe^{2+}
Test 3 ; l'ion sodium Na^+
- 2- Test 1 : $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$
Test 2 : $Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$
- 3- Solution A : les ions Fe^{2+} et Cl^- .
Solution B : Les ions Na^+ et OH^- .
- 4- A : solution de chlorure de fer (II) $FeCl_2$.
B : Solution d'hydroxyde de sodium NaOH

Exercice 5

Lors d'une séance de travaux pratiques au lycée Municipal de Koumassi, le professeur demande à un groupe d'élèves de la 2nde C d'identifier les contenus dans une solution S. Pour cela, il effectue avec ses élèves successivement les tests suivants :

- Test n°1 : l'addition d'une solution de nitrate d'argent provoque l'apparition d'un précipité blanc qui noircit à la lumière.
- Test n°2 : l'addition d'une solution de chlorure de baryum provoque la formation d'un précipité blanc qui ne noircit pas à la lumière.
- Test n°3 : l'addition d'une solution de carbonate de sodium provoque le dégagement d'un gaz qui trouble l'eau de chaux.

Tu es désigné comme rapporteur du groupe.

1. Pour chacun des tests :
 - 1.1) Indique l'ion mis en évidence ;
 - 1.2) Écris l'équation de la réaction de précipitation.
2. La solution S a été obtenue en mélangeant deux solutions acides connus S_1 et S_2 .
Indique leur nom.

Corrigé

1.
 - 1.1) Test 1 : l'ion Cl^-
Test 2 : l'ion SO_4^{2-}
Test 3 : l'ion H_3O^+
 - 1.2) Équation de la réaction de précipitation : $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl$
2. La solution S a été obtenue en mélangeant deux solutions acides connus S_1 et S_2 .
Indique leur nom.

IV. DOCUMENTATION

LES IONS DANS NOTRE ALIMENTATION

Une alimentation équilibrée et diversifiée est nécessaire à notre santé. En variant les aliments, nous fournissons à notre corps, sous forme d'ions, différents minéraux qui sont indispensables.

Les ions calcium Ca^{2+}

Ils sont apportés principalement par les produits laitiers. Ils contribuent à la solidité des os et des dents.

Leur carence entraîne chez l'enfant le rachitisme et chez l'adulte l'ostéoporose qui fragilise le squelette.

Leur présence dans le sang permet de régulariser le rythme cardiaque.

Les ions magnésium Mg^{2+}

Ils sont présents dans les légumes et fruits secs ou frais. Le riz complet et le cacao notamment aident à notre équilibre physique et mental. Ils régulent également le rythme cardiaque.

Les ions potassium K^+

Ils hydratent les cellules et aident à la digestion ainsi qu'à la contraction musculaire.

On les trouve en grande quantité dans les poissons gras, les épinards, les bananes et les pommes de terre.

Les ions sodium Na^+

Ils proviennent essentiellement du sel de cuisine ou chlorure de sodium. Ils sont déterminants pour l'équilibre en eau de notre corps.

Cependant, un excès d'ions sodium peut provoquer une élévation de la pression artérielle et la rétention d'eau.

Les oligo-éléments

Les oligo-éléments, présents en faible quantité dans l'organisme, sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme humain.

Les ions fer II se trouvant particulièrement dans la viande, dans les noix ou certains légumes verts, sont un constituant de l'hémoglobine. Un manque d'ions fer II entraîne l'anémie.

On peut citer également les ions cuivre, zinc, fluorure, iode et même or et argent. Les ions argent ont la propriété de lutter contre les infections microbiennes.



THÈME 4 : IONS EN SOLUTIONS AQUEUSES

Leçon 10 : SOLUTIONS ACIDES ET BASIQUES. MESURES DE pH

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève en classe de 2^{de}C au Lycée Moderne de Bonon, dont les parents tiennent une pisciculture, trouvent à la maison des prospectus qui parlent de milieux acides, neutres, basiques et de mesure de pH etc... Voulant en savoir davantage, il partage ces informations avec ses camarades de classe. Avec l'aide du professeur, ils cherchent à connaître les propriétés d'une solution acide et celles d'une solution basique puis de déterminer le pH d'une solution aqueuse.

II. CONTENU

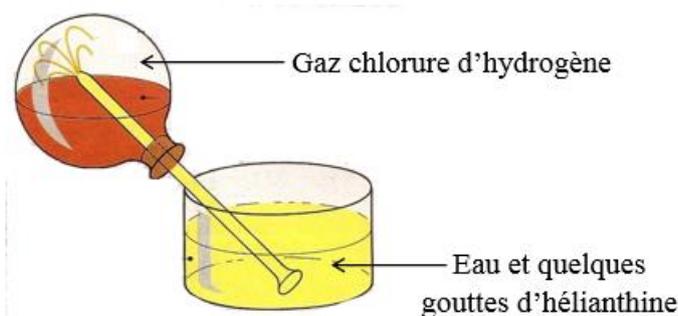
1- La solution d'acide chlorhydrique

1.1- Préparation de la solution d'acide chlorhydrique

1.1.1- Le chlorure d'hydrogène

Dans les conditions ordinaires de pression et de température, le chlorure d'hydrogène est un gaz incolore, d'odeur piquante, plus dense que l'air. Sa formule est HCl .

1.1.2- Expérience et observations



1.1.3- Interprétation

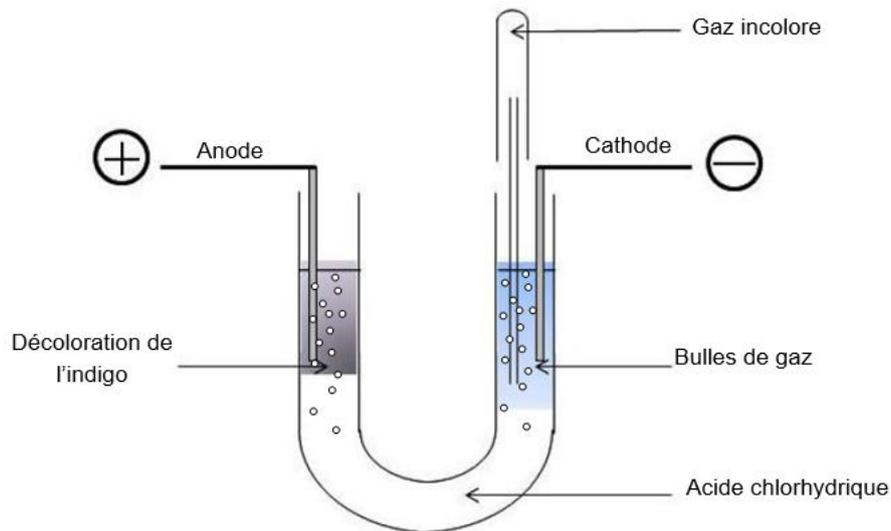
- La solution de chlorure d'hydrogène est très soluble dans l'eau.
- La réaction de dissolution est exothermique.
- La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène est appelée **acide chlorhydrique**.

1.1.4- Conclusion

Une solution d'acide chlorhydrique est obtenue par dissolution du chlorure d'hydrogène dans de l'eau. Cette dissolution est exothermique.

1.2- Caractère ionique de la solution aqueuse d'acide chlorhydrique

1.2.1 Expérience et observations



Électrolyse d'une solution d'acide chlorhydrique

Le gaz recueilli à la cathode émet une légère détonation à l'approche d'une flamme.

1.2.2 Interprétation

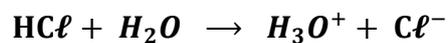
- La solution conduit le courant électrique : elle contient des ions.
- À l'anode : Formation du dichlore ; la solution contient donc des ions chlorure Cl^- qui réagissent suivant l'équation :



- À la cathode : Formation du dihydrogène
- $$2 H_3O^+ + 2 e^- \rightarrow H_2 + 2 H_2O$$
- Bilan de l'électrolyse :
 - $2 (H_3O^+ + Cl^-) \rightarrow H_2 + Cl_2 + 2 H_2O$

1.2.3 Conclusion

La dissolution du gaz chlorure d'hydrogène dans l'eau est une **réaction chimique** ; le chlorure d'hydrogène HCl réagit avec l'eau selon l'équation-bilan suivante :



Activité d'application

On prépare une solution d'acide chlorhydrique en dissolvant du chlorure d'hydrogène dans de l'eau pure.

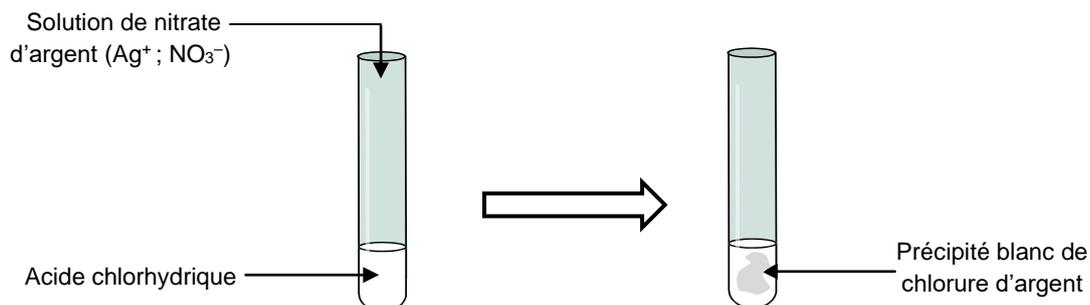
1. Écris l'équation-bilan de la réaction.
2. Donne ses caractéristiques.

Solution

1. Équation-bilan : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
2. Caractéristiques de la réaction
Elle est exothermique

1.3. Propriétés d'une solution d'acide chlorhydrique

1.3.1-Propriété des ions chlorure (Cl^-)

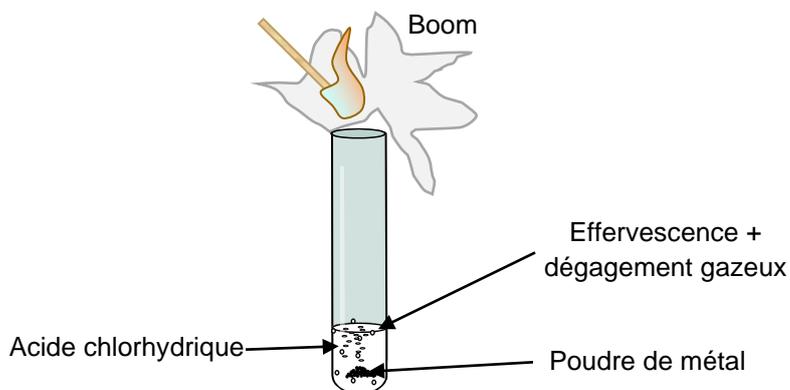


1.3.2-Propriétés des ions hydronium (H_3O^+)

➤ Action sur les indicateurs colorés

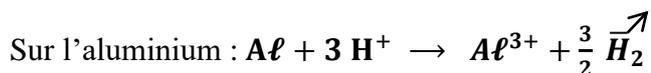
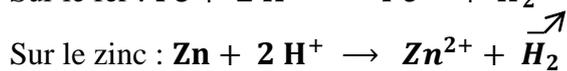
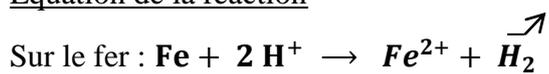
	Eau pure	Acide chlorhydrique
Hélianthine	Jaune	Rouge
Bleu de bromothymol (BBT)	Vert	Jaune
Phénolphtaléine ($\varphi\varphi$)	incolore	Incolore

➤ Action sur les métaux



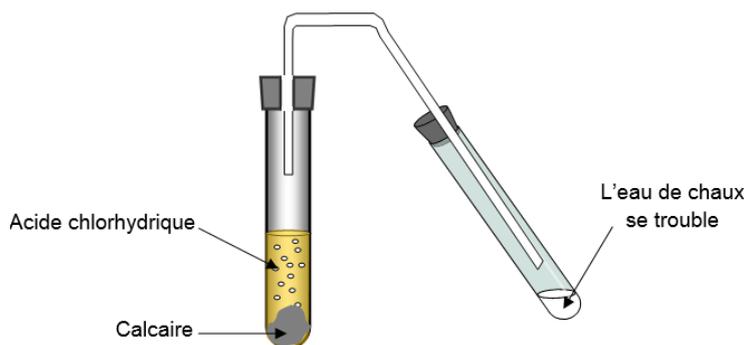
Le gaz produit est du dihydrogène

Équation de la réaction

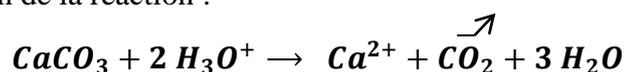


NB : l'acide chlorhydrique n'a aucune action sur le cuivre

➤ **Action sur le calcaire**



Équation-bilan de la réaction :



Cette réaction est utilisée pour savoir si une roche contient du calcaire.

2- La solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

2.1. L'hydroxyde de sodium

L'hydroxyde de sodium (ou soude caustique) est un solide blanc plus dense que l'eau. Sa formule est NaOH. C'est un composé ionique constitué par un empilement d'ion Na^+ et OH^-

2.2. La solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

La soude NaOH est très soluble dans l'eau. Sa dissolution dans l'eau est exothermique. On obtient des ions sodium Na^+ et hydroxyde OH^- selon l'équation-bilan :



2.3. Propriété de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

2.3.1-Propriétés des ions sodium (Na^+)

Dans une flamme l'ion Na^+ émet une lumière jaune caractéristique.

2.3.2-Propriétés des ions hydroxyde OH^-

➤ **Action sur les indicateurs colorés**

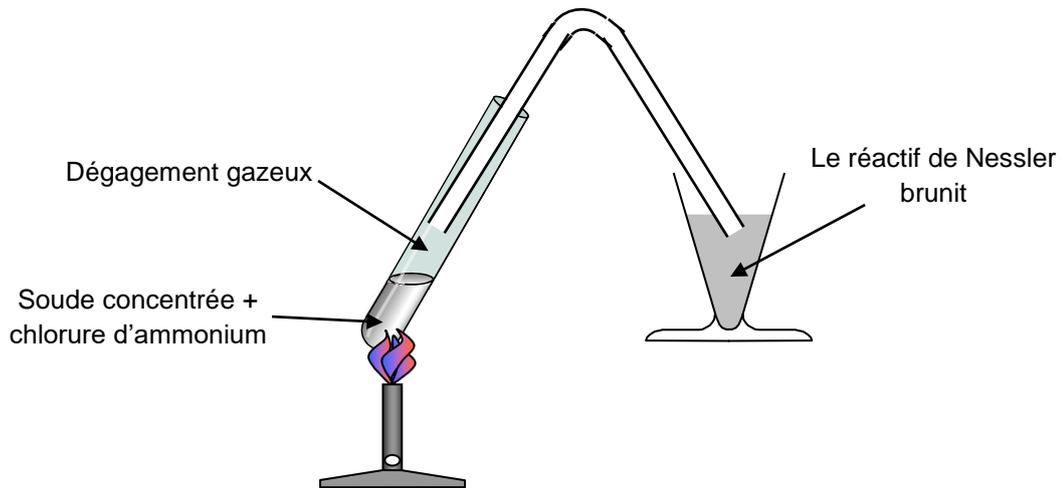
	Eau pure	Solution d'hydroxyde de sodium
Hélianthine	Jaune	Jaune
Bleu de bromothymol (BBT)	Vert	Bleu
Phénolphtaléine ($\varphi\varphi$)	incolore	violet

➤ **Action sur certains ions métalliques**

Solution d'ions métalliques	Observation après l'action des ions OH^-	Équation-bilan de la réaction
Cu^{2+}	Précipité bleu	$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow Cu(OH)_2$
Fe^{2+}	Précipité vert	$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$
Fe^{3+}	Précipité rouille	$Fe^{3+} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$

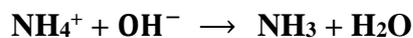
Al^{3+}	Précipité blanc	$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3$
Zn^{2+}	Précipité blanc	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$

➤ Action sur l'ion ammonium (NH_4^+)



Le gaz qui se dégage et qui brunit le **réactif de Nessler** est le gaz ammoniac NH_3 .

L'équation-bilan de la réaction s'écrit :



Activité d'application

Complète le texte ci-dessous par les mots ou groupes de mots qui conviennent.

Les ions OH^- sont responsables du changement de teinte observé avec les indicateurs colorés.

En milieu basique, l'hélianthine prend la couleur, levire au bleu tandis que la phénolphtaléine vire au

L'action des ions hydroxyde sur l'.....produit un dégagement gazeux de gaz d'.....de formule NH_3 et de l'eau. L'ion OH^- réagit avec lespour donner des hydroxydes métalliques.

Solution

Les ions OH^- sont responsables du changement de teinte observé avec les indicateurs colorés.

En milieu basique, l'hélianthine prend la couleur ...**jaune**..., le ...**bleu de bromothymol** ...vire au bleu tandis que la phénolphtaléine vire au ...**violet**...

L'action des ions hydroxyde sur l'**ion ammonium** produit un dégagement gazeux de gaz ...**ammoniac**.....de formule NH_3 et de l'eau. L'ion OH^- réagit avec les ...**ions métalliques**....pour donner des hydroxydes métalliques.

3- Notion de pH

3.1- Définition du pH

Le pH d'une solution aqueuse diluée et sa concentration en ions hydronium sont liés par la relation :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}, \quad [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ en mol. L}^{-1} \text{ et le pH est sans unité}$$

Activité d'application

À 25°C, une solution aqueuse contient à pour pH=2,3.

Détermine la concentration des ions $[H_3O^+]$ de cette solution.

Solution

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

3.2- Mesure du pH

Le pH d'une solution aqueuse se mesure :

- approximativement à l'aide d'un **papier pH** : c'est un papier imbibé d'un mélange d'indicateurs colorés.
- rigoureusement à l'aide d'un **pH-mètre** : c'est l'appareil de mesure directe du pH.

Une solution dont :

- le **pH < 7** est dite **acide**,
- le **pH > 7** est dite **basique**,
- le **pH = 7** est dite **neutre**.

Activité d'application

On dispose de quatre solutions aqueuses A, B, C et D.

Complète le tableau ci-dessous.

Solution	pH	Nature de la solution
A	5	
B	12	
C	7	
D	1,3	

Solution

Solution	pH	Nature de la solution
A	5	Solution acide
B	12	Solution basique
C	7	Solution neutre
D	1,3	Solution acide

3.3- pH de l'eau pure

La mesure du pH de l'eau pure donne 7 à 25°C.

L'eau pure est donc neutre : $[H_3O^+] = 10^{-7} \text{ mol} \cdot L^{-1}$;

Dans l'eau pure, il y a autant d'ions H_3O^+ que d'ion OH^- :

$$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

3.4- Effet de la dilution sur le pH

3.4.1- Cas des solutions acides

On mesure le pH de solutions d'acides chlorhydrique de différentes concentrations

C (mol/L)	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
pH	2,0	3,0	4,0	5,0

Lorsqu'on dilue une solution acide son **pH augmente** et tend vers le pH d'une solution neutre.

3.4.2- Cas des solutions basiques

On mesure le pH de solutions d'hydroxyde de sodium de différentes concentrations

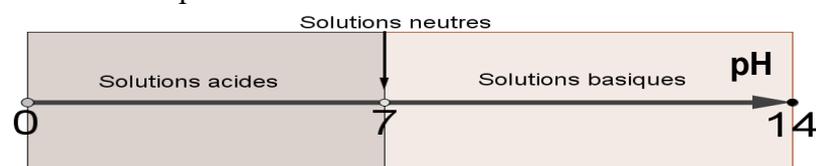
C (mol/L)	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
pH	12,0	11,0	10,0	9,0

Lorsqu'on dilue une solution basique son **pH diminue** et tend vers le pH d'une solution neutre.

NB : la dilution consiste à diminuer la concentration d'une solution.

3.5- Échelle du pH

L'échelle du pH varie de 0 à 14 à 25°C



Situation d'évaluation

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves de 2nd C prépare par dissolution de chlorure d'hydrogène 1 L de solution de HCl dont le pH donne 2,5. Il leur est demandé de déterminer le volume de chlorure d'hydrogène dissout.

On donne : $V_m = 24 \text{ L}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cl}) : 35,5$; $M(\text{H}) : 1$ (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

En tant que rapporteur du groupe, réponds aux questions.

1. Écris l'équation bilan de la dissolution du HCl dans l'eau.
2. Calcule la concentration des ions H_3O^+ .
3. Calcule la quantité de matière de HCl dissout dans l'eau
4. Déduis-en le volume de HCl dissout.

Solution

1. Équation-bilan : $\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$

2. Calcul de la concentration

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,5} = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

3. Calcul de la quantité de matière

$$n(\text{HCl}) = n(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+] \times V \Rightarrow n(\text{HCl}) = 3,16 \cdot 10^{-3} \times 1 = 3,16 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

4. Volume de HCl dissout

$$n(\text{HCl}) = \frac{V_{\text{HCl}}}{V_m} \Rightarrow V_{\text{HCl}} = V_m \times n(\text{HCl}) = 24 \times 3,16 \cdot 10^{-3} = 7,58 \cdot 10^{-2} \text{ L} = 75,8 \text{ cm}^3$$

IV. EXERCICES

Exercice 1

Classe les solutions aqueuses acides suivantes dans l'ordre décroissant d'acidité :

Jus de citron (pH = 2,3) - Vinaigre (pH = 3) - Orange (pH = 3,5) - Banane (pH = 4,6) - Coca-cola (pH = 2,6) - Eau de pluie (pH = 6,2).

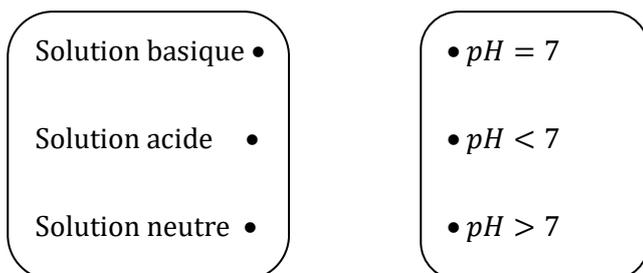
Solution

On a : $6,2 > 4,6 > 3,5 > 3 > 2,6 > 2,3$

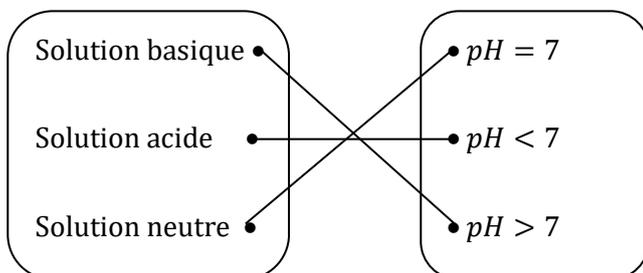
Par conséquent, par ordre décroissant d'acidité, on a : Jus de citron- Coca-cola- Vinaigre - Orange - Banane- Eau de pluie

Exercice 2

Relie par un trait chaque type de solution à son domaine de pH ou à son pH.



Solution



Exercice 3

Une solution aqueuse a un pH = 10,4 à 25°C.

La concentration des ions H_3O^+ présents dans cette solution est :

1) $3,98 \cdot 10^{-12} mol.L^{-1}$ 2) $3,98 \cdot 10^{-11} mol.L^{-1}$ 3) $39,8 \cdot 10^{-12} mol.L^{-1}$

Choisis le numéro correspondant à la bonne réponse.

Solution

3

Exercice 4

Au cours d'une séance de Travaux Dirigés, un groupe d'élèves de 2nde C veut connaître les concentrations des ions présents dans une solution S obtenue à partir d'un mélange de :

- $V_1 = 50 \text{ cm}^3$ d'une solution de sulfate de cuivre II de concentration $C_1 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;

- $V_2 = 20 \text{ cm}^3$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

Donnée : $[H_3O^+]. [OH^-] = 10^{-14}$

Tu es sollicité pour déterminer les concentrations des ions présents dans la solution S.

1-

1.1. Écris l'équation de dissociation du sulfate de cuivre II

1.2. Écris l'équation de dissociation de l'hydroxyde de sodium.

2-

2.1. Détermine les concentrations molaires des ions Na^+ , OH^- et H_3O^+ présents dans la solution d'hydroxyde de sodium.

2.2. En déduis le pH de la solution d'hydroxyde de sodium.

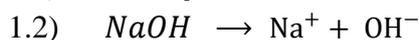
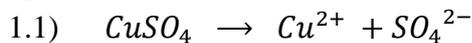
3-

3.1. Écris l'équation-bilan de la réaction entre la solution de sulfate de cuivre II et la solution d'hydroxyde de sodium.

3.2. Détermine la masse de précipité obtenue.

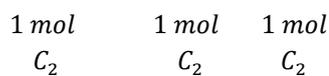
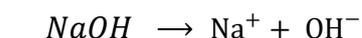
Solution

1. Équations de dissociation



2.

2.1) Concentrations molaires



$$\Rightarrow [\text{Na}^+] = [\text{OH}^-] = C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

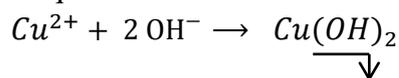
$$[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{OH}^-] = 10^{-14} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ mol.L}^{-1}$$

2.2) pH de la solution d'hydroxyde de sodium

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow 10^{-\text{pH}} = 10^{-11} \Rightarrow \text{pH} = 11$$

3.

3.1. Équation-bilan



3.2. Masse du précipité

$$m[\text{Cu}(\text{OH})_2] = n_{\text{Cu}(\text{OH})_2} M[\text{Cu}(\text{OH})_2] \text{ avec } n_{\text{Cu}(\text{OH})_2} = n_{\text{Cu}^{2+}} = n_{\text{CuSO}_4} = C_1 V_1$$

$$\Rightarrow m[\text{Cu}(\text{OH})_2] = C_1 V_1 M[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 10^{-3} \times 50.10^{-3} \times (63 + 2 \times 16 + 2 \times 1)$$

$$\Rightarrow m[\text{Cu}(\text{OH})_2] = 4,9.10^{-3} \text{ g}$$

Exercice 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur de Physique-Chimie met à la disposition de ses élèves de 2^{nde} C le matériel nécessaire pour préparer une solution d'hydroxyde de sodium (soude) de concentration molaire volumique $C = 10^{-3} \text{ mol/L}$ à 25°C.

Ces élèves sont amenés à déterminer le pH de cette solution par le calcul des concentrations de ses espèces chimiques.

Donnée : à 25°C, $[\text{H}_3\text{O}^+].[\text{OH}^-] = 10^{-14}$

Tu es membre du groupe et tu es chargé de rédiger le rapport.

1) Écris l'équation de dissociation de l'hydroxyde de sodium dans l'eau.

2) Déduis la valeur de la concentration molaire volumique en ion hydroxyde.

3) Détermine la concentration molaire volumique en ion hydronium dans cette solution.

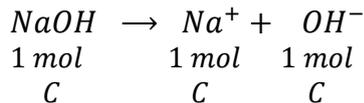
4) Déduis le pH de cette solution de soude.

Solution

1) Équation-bilan



2) Concentration molaire



$$[\text{OH}^-] = \text{C} = 10^{-3}$$

3) Concentration molaire

$$\text{On a : } [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-3}} = 10^{-11} \text{ mol/L}$$

4) pH de la solution

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow 10^{-\text{pH}} = 10^{-11}$$

Par identification, on a : $\text{pH} = 11$

IV. DOCUMENTATION

Le pH est une grandeur **sans unité** qui dépend directement de la concentration en ions oxonium H_3O^+ d'une solution aqueuse selon la relation :

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{pH : sans unité} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ en } \text{mol.L}^{-1}$$

Avec la relation inverse :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad \text{pH : sans unité} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] \text{ en } \text{mol.L}^{-1}$$

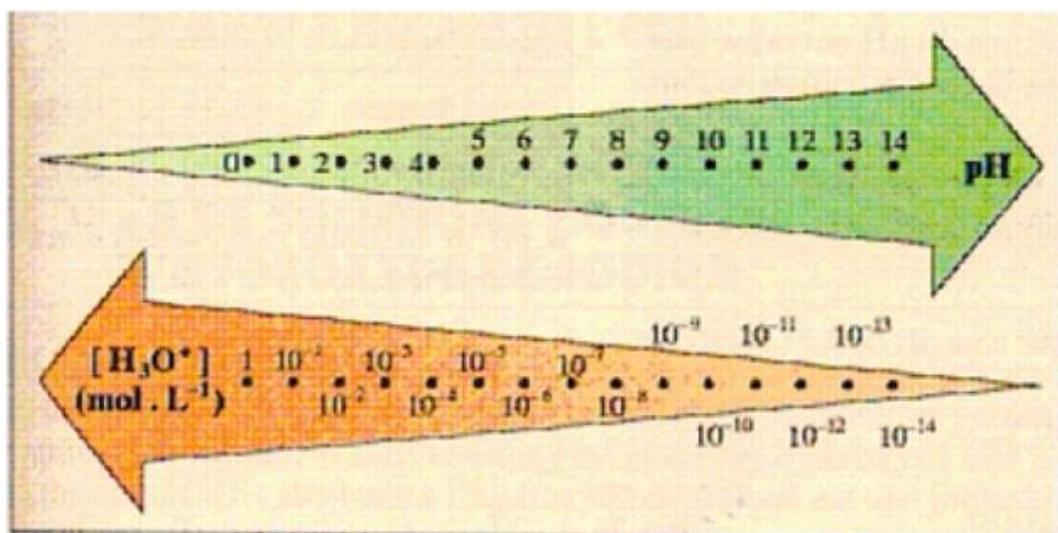
Les valeurs de pH sont comprises entre 0 et 14.

$$0 < \text{pH} < 14$$

Ces formules ne sont valables que pour des concentrations en ions oxonium comprises dans l'intervalle :

$$10^{-14} \text{ mol.L}^{-1} < [\text{H}_3\text{O}^+] < 1 \text{ mol.L}^{-1}$$

Le pH évolue en sens inverse de la concentration en H_3O^+ . Plus la concentration en H_3O^+ sera élevée en solution, plus le pH sera faible.



Mesure du pH

On mesure le pH d'une solution à l'aide d'un pH-mètre. Cet appareil est constitué d'un boîtier électronique relié par un câble à une sonde que l'on plonge dans la solution étudiée. Dans la sonde une tension aux bornes de deux électrodes est détectée, celle-ci est directement proportionnelle au pH.

On considère généralement qu'une mesure de pH est précise à 0,05 unité près.

Une concentration en ions H_3O^+ déterminée par une mesure de pH n'aura donc pas une très grande précision.

Exemple:

Si on mesure $pH = 5,50$ alors la valeur du pH est comprise dans l'intervalle $4,45 < pH < 5,55$

D'où

$$10^{-5,45} < [H_3O^+] < 10^{5,55} \rightarrow 3,55 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1} < [H_3O^+] < 2,82 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

Attention:

Vérifiez que vous savez utiliser sur votre calculatrice la touche log et son inverse (souvent notée 10^x).

Testez :

Si $pH = 5,5$ vous devez trouver $[H_3O^+] = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ ($= 10^{-5,5}$)

Si $[H_3O^+] = 5 \cdot 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$ vous devez trouver $pH = 7,30$ ($= -\log(5 \cdot 10^{-8})$)



THEME 4 : IONS EN SOLUTIONS AQUEUSE

TITRE DE LA LEÇON : REACTION ACIDO-BASIQUE DOSAGE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Avant l'arrivée du professeur en classe, une discussion s'engage entre des élèves de la classe de 2nde C d'un établissement scolaire suite à une affirmation donnée par l'un des leurs : "Si l'on mélange une solution d'acide chlorhydrique et une solution de soude, on obtient une solution acide". "Non", répond un autre, le mélange est neutre. Un troisième soutient que le mélange est basique.

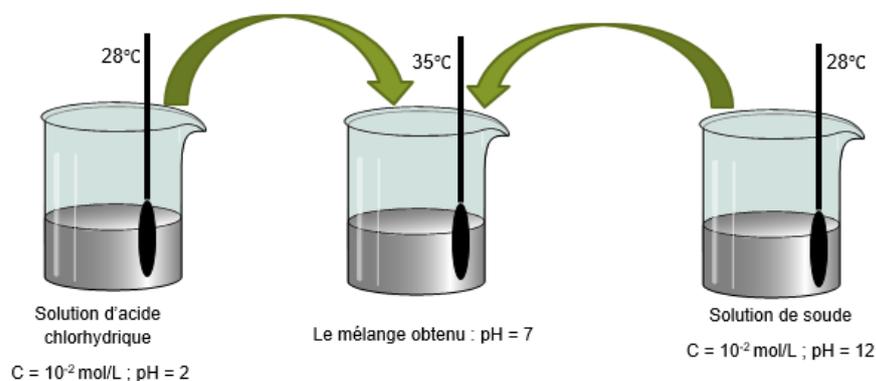
Face à ces désaccords, ensemble avec leurs camarades de classe, ils décident de déterminer avec l'aide du professeur, les caractéristiques de cette réaction, d'écrire son équation-bilan et de déterminer la concentration molaire volumique de la solution inconnue.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1- Reaction acido-basique

1.1- Caractéristiques de la réaction

1.1.1-Expérience et observations



1.1.2-Interprétation

Le mélange est neutre : la réaction est équimolaire et totale.

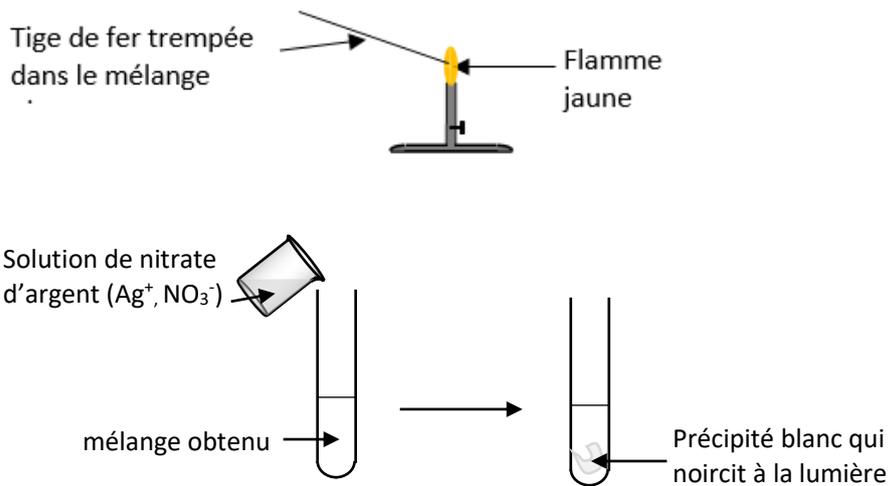
La température du mélange augmente, il y a dégagement de la chaleur : la réaction est exothermique.

1.1.3-Conclusion

Le mélange à volumes égaux de solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium de même concentration conduit à une solution neutre. Cette réaction est exothermique et totale.

1.2- Mise en évidence du produit formé

1.2.1-Expériences et observations



1.2.2-Interprétation

Flamme jaune : le mélange contient des ions sodium (Na^+).

Précipité blanc qui noircit à la lumière : présence d'ions chlorures (Cl^-)

1.2.3-Conclusion

Le mélange obtenu est **une solution aqueuse de chlorure de sodium (Na^+ ; Cl^-)**

1.3- Equation-bilan de la réaction

La réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium est une réaction acido-basique selon l'équation-bilan :



Remarques :

Les ions Na^+ et Cl^- ne réagissent pas ; ils sont spectateurs

L'équation globale de la réaction est : $(\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-) + (\text{Na}^+ + \text{OH}^-) \rightarrow (\text{Na}^+ + \text{Cl}^-) + 2\text{H}_2\text{O}$

Activité d'application 1

On mélange un volume $V_1 = 10 \text{ cm}^3$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$ à un volume $V_2 = 5 \text{ cm}^3$ d'une solution de soude de concentration $C_2 = 0,1 \text{ mol. L}^{-1}$.

- 1- Détermine les quantités de matière d'ions H_3O^+ et OH^- introduits dans le mélange
- 2- Ecrire l'équation – bilan de la réaction qui se produit.
- 3- Dis lequel des ions H_3O^+ et OH^- est introduit en excès.
- 4- Donne la nature de la solution (acide ou basique) après réaction.

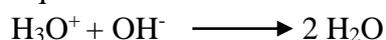
Solution :

1. Quantité de matière des ions :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = C_1 V_1 = 0,1 \times 10 \cdot 10^{-3} = 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{OH}^-) = C_2 V_2 = 0,1 \times 5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

2. Equation-bilan de la réaction



3. Ion en excès

$$n(\text{OH}^-) > n(\text{H}_3\text{O}^+)$$

4. La solution apresreaction est basique.

2- Dosage acido-basique

2.1- Définition

Un dosage consiste à déterminer expérimentalement la concentration d'une solution dont on connaît les constituants.

Pour doser une solution d'acide chlorhydrique, on peut utiliser une solution de soude de concentration connue et vice versa.

L'équation-bilan de la réaction de dosage entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium est :



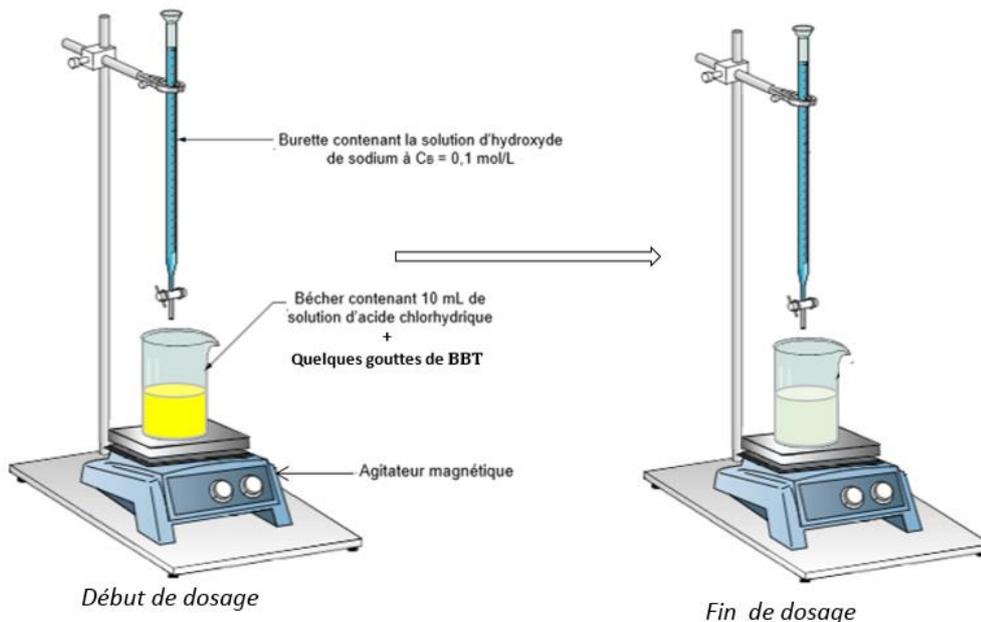
2.2- Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique

2.2.1-Principe et mode opératoire

On réalise une réaction entre un volume connu l'acide chlorhydrique et la soude, et on cherche l'équivalence acido-basique, c'est-à-dire le moment où la quantité d'ions H_3O^+ est égale à la quantité d'ions OH^- .

Pour repérer le point d'équivalence acido-basique, on utilise ici un **indicateur coloré (le BBT)** dont le rôle est de changer la couleur du mélange réactionnel lorsque l'équivalence est atteinte.

2.2.2-Dispositif expérimental



2.2.3-Résultats

Pour le volume $V_B=5\text{mL}$ de soude versée, le mélange devient vert : on est à l'équivalence .

$$n(H_3O^+) = n(OH^-)$$

Les ions H_3O^+ apportés dans le mélange proviennent majoritairement par l'acide : $n(H_3O^+) = C_A V_A$

Les ions OH^- apportés dans le mélange proviennent majoritairement par la soude : $n(OH^-) = C_B V_B$

$$\Rightarrow C_A V_A = C_B V_B \Rightarrow C_A = \frac{C_B V_B}{V_A} = \frac{0,1 \times 5}{10} = 0,05 \text{ mol. L}^{-1}$$

2.2.4- Conclusion

À l'équivalence acido-basique on a : $C_A V_A = C_B V_B$.

Situation d'évaluation

Le directeur d'un hôpital lance un concours de recrutement d'un aide-technicien de laboratoire pour tout élève de 2nd C qui souhaiterait avoir un job de vacances.

Le test de recrutement consiste à doser un volume $V_a = 10$ mL d'une solution A d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 5 \cdot 10^{-2}$ mol/L par une solution B d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 10^{-2}$ mol /L en présence de bleu de bromothymol. Cet indicateur vire lorsqu'un volume V_{bE} de solution B est versé dans la solution A.

Tu souhaites avoir ce job de vacances donc tu es candidat à ce concours de recrutement.

1. Cite :
 - 1.1. les espèces chimiques qui réagissent lors du dosage.
 - 1.2. les espèces chimiques qui ne participent pas à la réaction chimique.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.
3. Détermine le volume V_{bE} de la solution B versée.

Solution

- 1.1. Espèces chimiques qui réagissent : les ions hydronium H_3O^+ et les ions hydroxydes OH^-
- 1.2. Espèces chimiques qui ne participent pas à la réaction chimique : ions sodium Na^+ et ions chlorure Cl^- .
2. Équation-bilan de la réaction chimique :
 $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$
3. Volume de la solution de la soude versée :

$$C_a \times V_a = C_b \times V_{bE} ; V_{bE} = \frac{0,05 \times 10}{0,01} ; V_{bE} = 50 \text{ mL}$$

III. EXERCICES

Exercice 1

1	La solution d'hydroxyde de sodium, en présence de bleu de bromothymol, donne une couleur bleue.	V	F
2	La solution d'acide chlorhydrique, en présence de bleu de bromothymol, donne une couleur jaune.	V	F
3	Lors de la réaction acide chlorhydrique-soude, le pH de la solution obtenue à l'équivalence est supérieur à 7.	V	F
4	Une solution de soude permet de neutraliser une solution d'acide chlorhydrique et vice-versa.	V	F
5	La relation $C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_b$ est toujours vérifiée du début jusqu'à la fin du dosage.	V	F

Pour les propositions ci-dessus, entoure V si elles sont vraies et F si elles sont fausses.

Solution

1	La solution d'hydroxyde de sodium, en présence de bleu de bromothymol, donne une couleur bleue.	<input checked="" type="radio"/> V	F
2	La solution d'acide chlorhydrique, en présence de bleu de bromothymol, donne une couleur jaune.	<input checked="" type="radio"/> V	F
3	Lors de la réaction acide chlorhydrique-soude, le pH de la solution obtenue à l'équivalence est supérieur à 7.	v	<input checked="" type="radio"/> F
4	Une solution de soude permet de neutraliser une solution d'acide chlorhydrique et vice-versa.	<input checked="" type="radio"/> V	F
5	La relation $C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_b$ est toujours vérifiée du début jusqu'à la fin du dosage.	v	<input checked="" type="radio"/> F

Exercice 2

On mélange un volume $V_a = 10$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 0,2$ mol.L⁻¹ avec un volume $V_b = 15$ mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 0,1$ mol.L⁻¹.

La solution obtenue est :

- a- acide ;
- b- basique ;
- c- neutre.

Entoure la lettre correspondant à la bonne réponse.

Solution

- a- acide ;
- b- basique ;
- c- neutre.

Exercice 3

Afin de déterminer la concentration molaire C d'une solution commerciale d'acide chlorhydrique, un groupe d'élèves de seconde C opère comme suit :

- il dilue 100 fois la solution commerciale C pour obtenir une solution A d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_A ,
- il dose 20 mL de la solution A avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0,08$ mol.L⁻¹. A l'équivalence, le volume d'hydroxyde de sodium versé est $V_B = 25$ mL.

Tu es désigné(e) comme rapporteur du groupe.

- 1- Donne la nature du mélange obtenu à l'équivalence.
- 2- Ecrire l'équation bilan de la réaction entre l'hydroxyde de sodium et l'acide chlorhydrique.
- 3- Détermine la concentration C_A de la solution A.
- 4- Calcule la concentration C de la solution commerciale.

Solution

- 1- A l'équivalence le mélange obtenu est une solution neutre de chlorure de sodium.
- 2- l'équation bilan : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- 3- A l'équivalence $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE} \Rightarrow C_A = \frac{C_B V_{BE}}{V_A} \Rightarrow C_A = 0,1 \text{ mol/L}$
- 4- la concentration C de la solution commerciale $\frac{C}{C_A} = 100 \Rightarrow C = 100 \cdot C_A = 10 \text{ mol/L}$

Exercice 4

Un élève en classe de seconde désire neutraliser 200 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$. Pour cela il verse $V_A = 20 \text{ mL}$ de la solution d'acide chlorhydrique.

Il voudrait savoir s'il a réussi, aide-le.

- 1- Écris l'équation bilan de la réaction.
- 2- Calcule les quantités de matière d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium dans le mélange.
- 3- Dis si l'équivalence est atteinte ou pas.
- 4-
 - 4.1. Dis la solution à verser dans le mélange pour atteindre l'équivalence.
 - 4.2. détermine le volume complémentaire à ajouter.

Solution

- 1- l'équation bilan : $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
- 2- les quantités de matière : $\begin{cases} n_A = C_A V_A = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \\ n_B = C_B V_B = 4 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \end{cases}$
- 3- l'équivalence n'est pas atteinte.
- 4-
 - 4.1. la solution à verser dans le mélange pour atteindre l'équivalence est la solution d'acide chlorhydrique.
 - 4.2. le volume complémentaire $V'_A C_A (V_A + V'_A) = C_B V_B \Rightarrow V'_A = \frac{C_B V_B}{C_A} - V_A = 20 \text{ mL}$

Exercice 5

Lors d'une journée porte ouverte des clubs scientifiques d'un Lycée, un groupe d'élèves de 2nd C doit présenter dans son standard, le dosage décrit ci-après :

- prélèvement dans un bécher d'un volume $V_1 = 20 \text{ mL}$ d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_1 inconnue ;
- versement goutte à goutte dans le bécher , à l'aide d'une burette graduée, de la solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_2 = 0,1 \text{ mol/L}$;
- l'indicateur bleu de bromothymol ajouté vire au bleu lorsqu'on a versé un volume $V_2 = 10 \text{ mL}$ d'hydroxyde de sodium.

Tu fais partie du groupe et tu es désigné pour expliquer le processus pour déterminer la concentration molaire C_1 de la solution d'acide chlorhydrique.

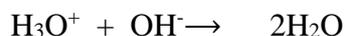
1. Donne les caractéristiques de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium.
2. Écris l'équation-bilan de la réaction chimique.

3. Définis le phénomène qui a lieu au moment où le bleu de bromothymol vire.
4. Détermine la concentration molaire C_1 de la solution d'acide chlorhydrique.

Solution

1. Caractéristiques de la réaction : réaction totale et exothermique

2. Equation-bilan de la réaction :



3. Le phénomène qui a lieu au moment où le bleu de bromothymol vire au bleu est l'équivalence acido-basique : cela correspond au nombre de moles de l'acide chlorhydrique initialement présent égal au nombre de moles de la soude versée.

4. Concentration molaire de l'acide chlorhydrique :

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad ; \quad C_1 = \frac{0,1 \times 10}{20} \quad ; \quad C_1 = 0,05 \text{ mol / L.}$$

IV. DOCUMENTATION

Chimie analytique

La chimie analytique est née il y a un peu plus d'un siècle. Elle est progressivement passée des laboratoires aux industries. Le siècle de la technique aidant, elle a pris dans les industries et dans la recherche une place de plus en plus importante.

Pour illustrer l'importance de la chimie analytique, on peut citer à titre d'exemples les laboratoires d'analyse de traces. On y fait appel, par exemple, lorsque l'on soupçonne un industriel de rejeter des substances nocives dans les eaux d'usages. Cela intervient de façon générale pour la surveillance des déchets industriels.

Avec un autre objectif, les industriels de l'agroalimentaire étudient quotidiennement la qualité de leur produit. Sur les chaînes d'assemblages, un contrôle qualité très serré est effectué systématiquement. On trouve maintenant de plus en plus des chaînes d'assemblages où le système de prélèvement d'échantillons et les dosages sont fait "en continu".

Autre exemple, des détecteurs de pollution sont implantés de plus en plus dans les grandes villes. La technologie de ces appareils est d'ailleurs extraordinaire. Ils dosent de façon continue, aussi, les différents

gaz polluants de l'atmosphère et déclenchent une alarme lorsque le dosage est au delà des normes !

Chacun de ces exemples est basé sur une technique de dosage, domaine qui fait partie de ce que l'on appelle la chimie analytique.

Dans chacun des cas précédents, on prélève des échantillons, on choisit une méthode et une technique adaptées à la détermination de la concentration (Molaire, mais plus souvent massique) d'un type particulier d'ions ou de molécules.

Les méthodes de dosage sont très nombreuses. On les adapte à l'objet d'étude. Parmi les techniques de dosage, on utilise en général les différentes réactions chimiques connues. La technique est évidemment adaptée à l'espèce à doser.

On distingue en chimie analytique (en première approche) les analyses qualitatives des analyses quantitatives

Chimie des tests qualitatifs

Les analyses qualitatives sont généralement des tests, basés sur un changement de couleur, indicateurs de la présence de tel ou tel composé ou sur l'apparition d'une modification du système comme par exemple une précipitation ou un dégagement gazeux.

Chimie analytique quantitative

Le principe de la chimie analytique quantitative est de déterminer la concentration ou la teneur en une espèce donnée dans une solution, généralement aqueuse.

Pour ceci, la technique utilisée est basée sur un dosage où un réactif de concentration connue (appelé **réactif titrant**) réagit avec l'espèce de concentration inconnue, l'objectif étant de déterminer la quantité (généralement un volume) de titrant nécessaire pour neutraliser l'espèce.

Source : http://www.sciences-enligne.com/DIST/Data/Ressources/lic2/chimie/chi_exp/phmetrie/dosage_ac_bas_gene.htm

Niveau 2ndC

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 1 : MÉCANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : LE MOUVEMENT

I- SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

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

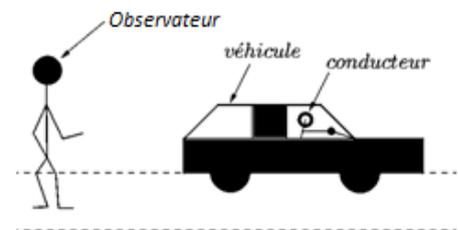
II- CONTENU DE LA LEÇON

1. Caractère relatif du mouvement

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

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

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



2. Référentiel

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

Exemples de référentiels :

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

3. Repérage d'un point mobile

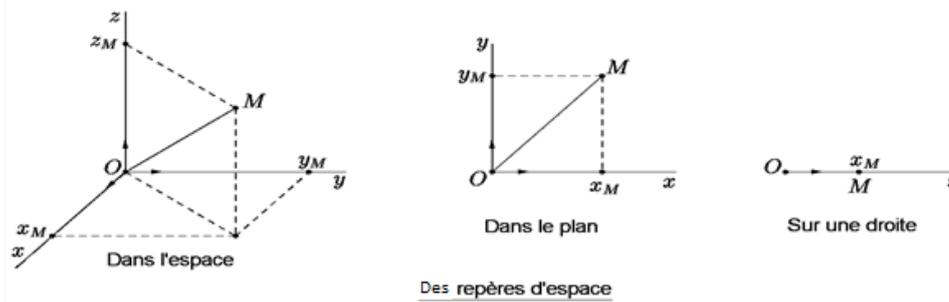
3.1. Point mobile

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

3.2 Repères

3.2.1 Repère d'espace

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



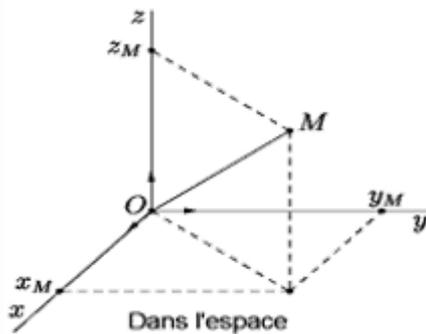
3.2.2 Repère de temps

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

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

3.3 Vecteur-position d'un point mobile

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



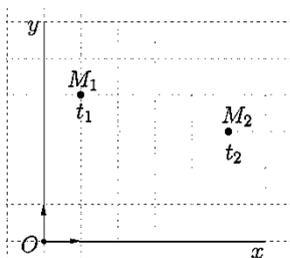
Le vecteur \overrightarrow{OM} est appelé vecteur-position du point mobile à la date t.

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

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

Activité d'application 1

Un point mobile est repéré par ses coordonnées dans le repère d'espace représenté ci-dessous.



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

Solution

- 1- Coordonnées du point mobile aux différentes dates.
 - À la date t_1 : $x = 1$ et $y = 4$.

- À la date t_2 : $x = 5$ et $y = 3$.
- 2- Vecteur-position du point mobile à chaque instant.
- À la date t_1 : $\overrightarrow{OM} = \vec{i} + 4\vec{j}$.
 - À la date t_2 : $\overrightarrow{OM} = 5\vec{i} + 3\vec{j}$

4 Trajectoire d'un point mobile

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

La trajectoire d'un mobile peut être :

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

5 Vitesse d'un point mobile

5.1. Vitesse moyenne

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

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

La vitesse s'exprime en mètre par seconde noté $m.s^{-1}$ ou m/s et $1 m.s^{-1} = 3,6 km.h^{-1}$.

Activité d'application 2

Un automobiliste effectue le trajet Bouaflé-Yamoussoukro, long de $d = 60 km$ en $\Delta t = 55 min$.

Calcule sa vitesse moyenne V_m .

Solution

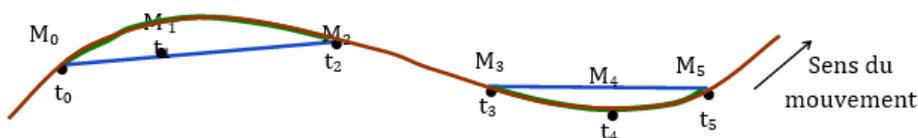
$$V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{60000}{55 \times 60} = 18,18 m.s^{-1}$$

5.2. Vitesse instantanée

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

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

$$v(t_i) = \frac{M_{i-1}M_{i+1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$

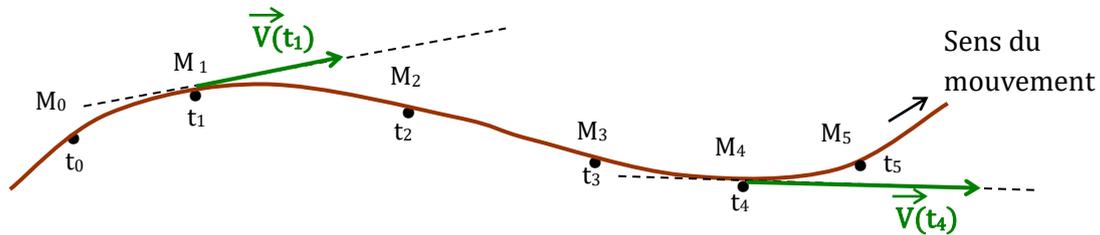


$$\text{Ainsi on a : } v_1 = \frac{M_0M_2}{t_2 - t_0} \text{ et } v_4 = \frac{M_3M_5}{t_5 - t_3}$$

5.3. Vecteur-vitesse

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

- Point d'application : la position M du mobile
- Direction : la tangente à la trajectoire au point M considéré ;
- Sens : celui du mouvement.
- la valeur : $v(t) = \|\vec{v}(t)\|$



Remarque

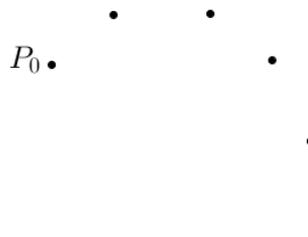
Sur un enregistrement, les différentes positions du point mobile sont indiquées à intervalles de temps réguliers égaux à τ . On obtient alors :

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

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

Activité d'application 3

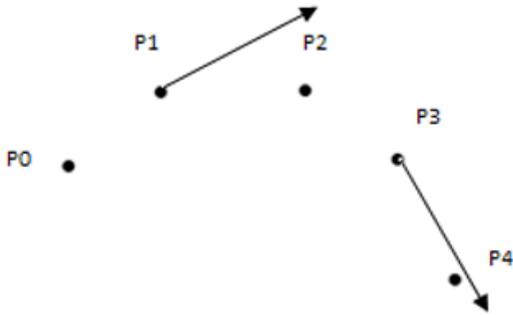
Le document ci-dessous indique les différentes positions d'un point mobile P à intervalles de temps réguliers égaux à $\tau = 20$ ms.



- 1- Numérote les différentes positions P_i du mobile à partir de P_0 .
- 2- Détermine les valeurs des vecteurs-vitesses du mobile aux dates : t_1 et t_3 .
- 3- Représente ces vecteurs-vitesses à l'échelle : 1cm pour 0,5 m/s

Solution

1. Différentes positions



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

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

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

3. Représentation

$$1 \text{ cm} \rightarrow 0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$1,9 \text{ cm} \rightarrow v(t_1) = v(t_3) = 0,95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pour les représentations, voir schéma ci-dessus.

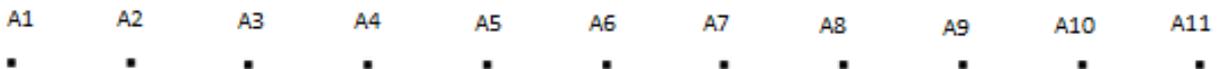
6. Quelques types de mouvement

6.1. Dispositif expérimental

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

Les différentes positions de la trajectoire du mobile A sont relevées à intervalles réguliers de temps $\tau = 30 \text{ ms}$.

6.2. Étude du document n°1



6.2.1. Nature du mouvement à partir de la trajectoire

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

6.2.2. Nature du mouvement à partir du vecteur-vitesse

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

$$v_2 = \frac{A_1 A_3}{t_3 - t_1} = \frac{A_1 A_3}{2\tau} = \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

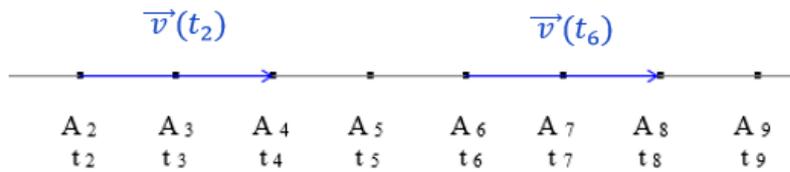
$$v_6 = \frac{A_5 A_7}{t_7 - t_5} = \frac{A_5 A_7}{2\tau} = \frac{2,75 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,46 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

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

Remarque : $v_2 = v_6 = v_{10}$

La vitesse instantanée est constante dans le temps.

- Représentons les vecteurs-vitesses à l'échelle : 1 cm pour 0,25 m.s⁻¹



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

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

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



6.3.1. Nature du mouvement à partir de la trajectoire

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

6.3.2. Nature du mouvement à partir du vecteur-vitesse

- Calculons les vitesses instantanées aux dates t₂, t₄ et t₆.

$$v_2 = \frac{B_1 B_3}{t_3 - t_1} = \frac{B_1 B_3}{2\tau} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,5 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_4 = \frac{B_3 B_5}{t_5 - t_3} = \frac{B_3 B_5}{2\tau} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,83 \text{ m.s}^{-1}$$

$$v_6 = \frac{B_5 B_7}{t_7 - t_5} = \frac{B_5 B_7}{2\tau} = \frac{7 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 1,16 \text{ m.s}^{-1}$$

Remarque :

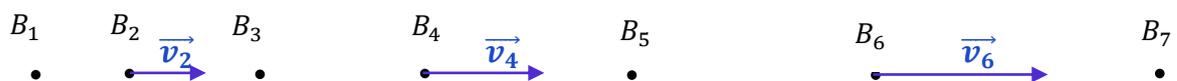
✓ $v_2 < v_4 < v_6$

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

✓ $v_4 - v_2 = v_6 - v_4 = 0,33 \text{ m.s}^{-1}$

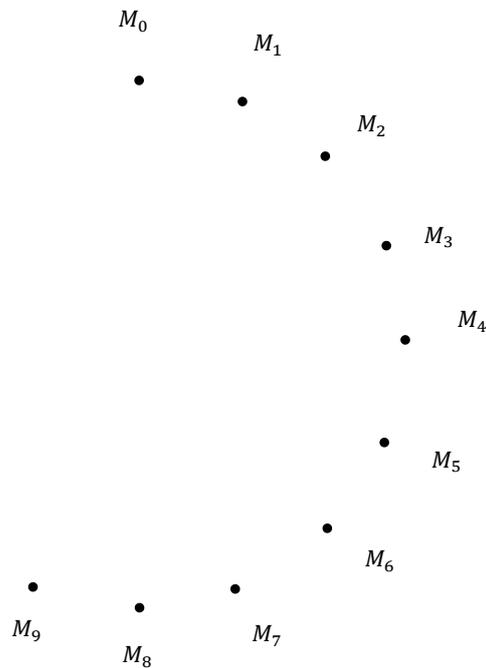
La vitesse **augmente uniformément**. Le mouvement est **rectiligne et uniformément varié**.

- Représentons les vecteurs-vitesses à l'échelle : 1 cm pour 0,5 m.s⁻¹



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

6.4. Étude du document n° 4



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

6.4.1. Nature du mouvement à partir de la trajectoire

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

6.4.2. Nature du mouvement à partir du vecteur-vitesse

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

$$v_1 = \frac{M_0M_2}{t_2 - t_0} = \frac{M_0M_2}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_3 = \frac{M_2M_4}{t_4 - t_2} = \frac{M_2M_4}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ m s}^{-1}$$

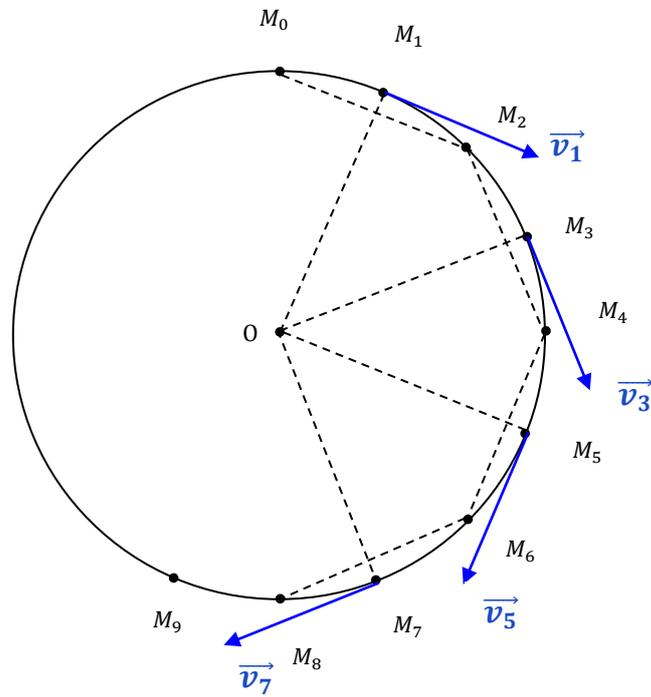
$$v_5 = \frac{M_6M_7}{t_7 - t_6} = \frac{M_6M_7}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_7 = \frac{M_6M_8}{t_8 - t_6} = \frac{M_6M_8}{2\tau} = \frac{2,65 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,44 \text{ m s}^{-1}$$

Remarque :

$v_1 = v_3 = v_5 = v_7$: La vitesse instantanée est constante.

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



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

Activité d'application 2

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

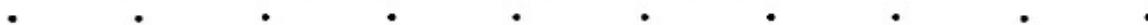
caractéristique de la vitesse Mouvement	Direction du vecteur-vitesse \vec{v} constante	Norme du vecteur-vitesse \vec{v} constante	Vecteur-vitesse \vec{v} constant
Rectiligne uniforme			
Rectiligne varié			
Circulaire uniforme			

Solution

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

SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de TP, le professeur de Physique Chimie de la classe de 2nde A demande aux élèves de caractériser le mouvement d'un palet autoporteur. L'enregistrement ci-dessous fourni par le professeur est celui du mouvement d'un mobile autoporteur S avec un intervalle de temps $\tau = 60 \text{ ms}$ entre chaque position.



Tu es sollicité par ton groupe pour conduire les travaux.

1. Nomme les points A_0, A_1, A_2, \dots (A_0 étant le premier point de la trajectoire à partir de la gauche)
2. Donne la trajectoire du mobile. Justifie ta réponse.
3. Calcule les vitesses instantanées du mobile aux positions A_1, A_3, A_7 .
4.
 - 4.1. Représente le vecteur-vitesse du mobile aux positions A_1, A_3, A_7 à l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,28 \text{ ms}^{-1}$
 - 4.2. Dédus des questions précédentes la nature du mouvement du mobile.

Solution

1.



2. Trajectoire du mobile

Les points A_0, A_1, A_2, \dots étant alignés, la trajectoire du mobile est rectiligne.

3. Calcul des vitesses instantanées

$$v_1 = \frac{A_0A_2}{t_2 - t_0} = \frac{A_0A_2}{2\tau} = \frac{3,4 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,56 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_3 = \frac{A_2A_4}{t_4 - t_2} = \frac{A_2A_4}{2\tau} = \frac{3,4 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,56 \text{ ms}^{-1}$$

$$v_7 = \frac{A_6A_8}{t_8 - t_6} = \frac{A_6A_8}{2\tau} = \frac{3,4 \cdot 10^{-2}}{60 \cdot 10^{-3}} = 0,56 \text{ ms}^{-1}$$

4.

4.1) Représentation

$$\left. \begin{array}{l} 1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,28 \text{ ms}^{-1} \\ \frac{1 \times 0,56}{0,28} = 2 \text{ cm} \leftrightarrow 0,56 \text{ ms}^{-1} \end{array} \right\} \text{ (voir figure ci-dessus)}$$

4.2) Nature du mouvement

Le mouvement est rectiligne et uniforme (vecteur-vitesse instantanée constante)

IV. EXERCICES

Exercice 1

Complète le texte ci-dessous avec les mots suivants :

curviligne-rectiligne-référentiel-circulaire.

La trajectoire d'un point mobile est l'ensemble des positions qu'il occupe successivement lors de son mouvement. Sa nature dépend duchoisi. Elle est ditelorsque le mobile se déplace sur une droite. Si la trajectoire est un cercle, le mouvement est
Une trajectoire non rectiligne est dite

Solution

La trajectoire d'un point mobile est l'ensemble des positions qu'il occupe successivement lors de son mouvement. Sa nature dépend du **référentiel** choisi. Elle est dite **rectiligne** lorsque le mobile se déplace sur une droite. Si la trajectoire est un cercle, le mouvement est **circulaire**. Une trajectoire non rectiligne est dite **curviligne**.

Exercice 2

Soient les affirmations suivantes :

- 1) Si la valeur du vecteur-vitesse est constante, le mouvement est rectiligne et uniforme.
- 2) Si un mobile est animé d'un mouvement circulaire et uniforme, le vecteur-vitesse est constant.
- 3) Si, au cours d'un mouvement, le vecteur-vitesse conserve la même direction, le mouvement est rectiligne.
- 4) Pour déterminer une vitesse instantanée, on calcule en fait une vitesse moyenne sur un petit intervalle de temps.

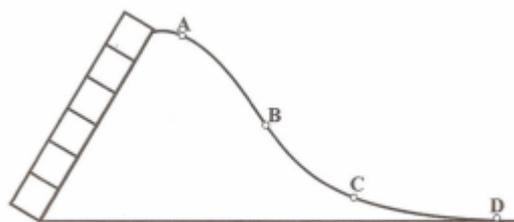
Recopie les numéros de ces affirmations, suivis de la lettre **V** si elle est vraie ou la lettre **F** si elle est fausse.

Solution

- 1) F 2) F 3) V V

Exercice 3

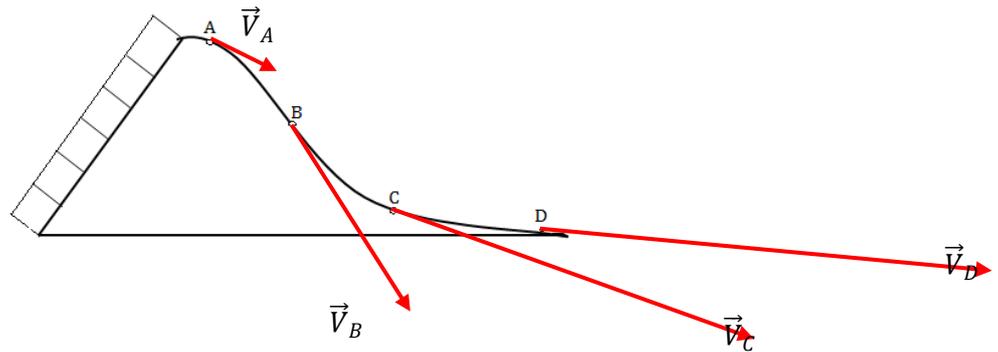
Bouabré glisse sur le toboggan de son école maternelle. Aux points A, B, C et D les valeurs de sa vitesse sont respectivement : $V_A = 0,25 \text{ m/s}$, $V_B = 0,75 \text{ m/s}$, $V_C = 1,25 \text{ m/s}$ et $V_D = 1,50 \text{ m/s}$.



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

Solution

Representations
(voir figure ci-contre):
1 cm \leftrightarrow 0,25 m/s



Exercice 4

Une personne part de Treichville pour Bouaké distant de 340 km par le train. Le départ du train s'effectue à 8 h 45 min. Le train arrive à Dimbokro à 11 h 50 min où il s'arrête pendant 20 min. Le train poursuit ensuite le parcours sans arrêt et arrive à Bouaké 2h 35 min après.

Il te sollicite pour déterminer la vitesse moyenne du train.

- 1) Définis la vitesse moyenne d'un mobile.
- 2) Détermine la durée du parcours Treichville-Bouaké.
- 3) Déduis, en $m.s^{-1}$, la vitesse moyenne du train sur ce parcours.

Solution

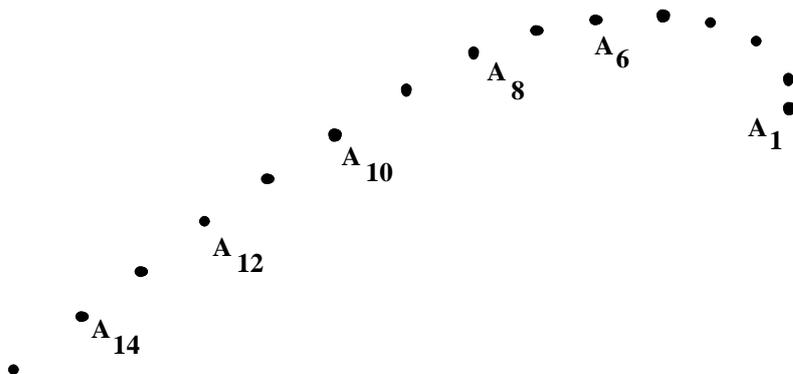
1. La vitesse moyenne est le quotient de la distance parcourue par la durée mise pour la parcourir.
2. Durée du parcours :
 $\Delta t = (11\text{ h }50\text{ min} - 8\text{ h }45\text{ min}) + 20\text{ min} + 2\text{ h }35\text{ min} = 6\text{ h} = 21600\text{ s}$
3. Vitesse moyenne du train :

$$V_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{340000}{21600} = 15,7\text{ m.s}^{-1}$$

Exercice 5

Au cours d'une séance de TP, ton groupe se propose de caractériser le mouvement d'un solide autoporteur sur une table à coussin d'air.

L'enregistrement du mouvement du solide autoporteur, supposé ponctuel, a donné la figure ci-dessous à l'échelle 1. La durée de marquage de deux points successifs est $\tau = 10\text{ ms}$.



Tu es invité à conduire les travaux du groupe.

1. Indique la nature de la trajectoire du mobile de A₁ à A₉ puis de A₁₀ à A₁₅.

2. 2.1. Donne les expressions des vitesses instantanées au point A_{12} et A_{14} .
- 2.2 Calcule les vitesses instantanées aux points A_{12} et A_{14}
3. Déduis-en la nature du mouvement du mobile entre A_{10} et A_{15} .

Solution

1. Nature de la trajectoire du mobile
 - de A_1 à A_9 : la trajectoire est curviligne
 - de A_{10} à A_{15} : la trajectoire est rectiligne.

2.

2.1 Expressions des vitesses instantanées :

- au point A_{12} : $v_{12} = \frac{A_{11}A_{13}}{2\tau}$;

- au point A_{14} : $v_{14} = \frac{A_{13}A_{15}}{2\tau}$

2.2 Vitesses instantanées aux points A_{12} et A_{14}

$$A_{11}A_{13} = 2 \times 1 \text{ cm} \Rightarrow v_{12} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ m/s}$$

$$A_{13}A_{15} = 2 \times 1 \text{ cm} \Rightarrow v_{14} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \cdot 1}{2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ m/s}$$

3) Nature du mouvement entre A_{10} à A_{15} :

On constate qu'à partir du point A_{10} :

- Les points sont alignés \Rightarrow la trajectoire est une droite;
- la vitesse instantanée est constante (voir 2.2) \Rightarrow le mouvement est uniforme
- Le mouvement du mobile est donc rectiligne et uniforme à partir de A_{10} .

IV. DOCUMENTS

Quels sont les différents types d'orbites?



Une orbite est une trajectoire ovale ou circulaire décrite par un objet se déplaçant dans l'espace. Celle des planètes s'inscrit autour du soleil, celle des satellites autour des planètes. Des satellites ont été mis en orbite autour de la Terre. Mais pour pouvoir sortir de l'atmosphère, un engin spatial doit atteindre au moins une vitesse de 28 200 km/h soit 8 m/s. Sinon il retombe sur Terre

Il existe différents types d'orbites. Le type d'orbite dans lequel on met un satellite varie selon la nature de la mission.

L'**orbite terrestre basse** (OTB) est la plus accessible. La majorité des objets artificiels en orbite autour de la Terre se trouvent dans cette zone, qui s'étend de 160 km à 1 000 km au-dessus de la surface terrestre.

Une **orbite polaire** passe au-dessus des pôles de la Terre. Ainsi, l'objet se déplace du nord au sud. Une **orbite héliosynchrone** est un type d'OTB polaire. En orbite héliosynchrone, un satellite tourne sur son axe à une vitesse d'un tour par an, sous l'effet du champ gravitationnel irrégulier de la Terre. Par conséquent, le **plan orbital** du satellite maintient toujours le même angle par rapport

au Soleil. De plus, le satellite traverse l'équateur à la même heure locale lors de chaque orbite. Ainsi, le satellite connaît les mêmes conditions de lumière chaque fois qu'il passe au-dessus d'un point particulier sur la surface de la Terre. Les missions météorologiques, de télédétection (observation à distance) et de **reconnaissance** (observation militaire) utilisent donc des orbites héliosynchrones. Cela permet aux satellites de détecter le mouvement en observant les changements dans les ombres.

Une **orbite géostationnaire** (GEO) correspond à une altitude d'environ 35 700 km. Un satellite en GEO suit l'équateur terrestre au même rythme que la rotation de la Terre. Vu depuis la Terre, le satellite semble stationnaire. La majorité des satellites de communication et de nombreux satellites météorologiques sont placés en orbite géostationnaire.

Depuis le lancement de Spoutnik 1 en 1957, les scientifiques et les ingénieurs ont lancé environ 8 000 objets artificiels dans l'espace. Heureusement pour nous, ces objets n'échappent pas aux lois de la physique. **Car grâce à la physique**, ils restent dans l'espace au lieu de nous tomber sur la tête!

Source : <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/mecanique-orbitale>

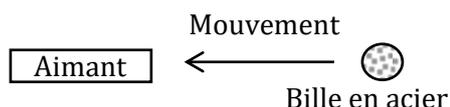


THÈME 1 : MÉCANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ACTIONS MÉCANIQUES OU FORCES

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

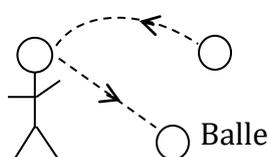
II. CONTENU DE LA LEÇON1. LES MANIFESTATIONS D'UNE ACTION MECANIQUE1.1. Expériences➤ Expérience 1 : Création du mouvement d'une bille d'acier

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

L'aimant exerce une action mécanique sur la bille.

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

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

➤ Expérience 2 : Modification du mouvement d'une balle

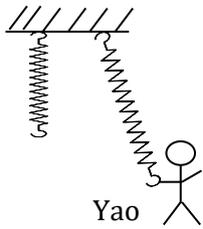
La balle est déviée sous l'action mécanique de la tête.

Le mouvement de la balle a été modifié.

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

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

➤ Expériences 3 : Déformation d'un ressort

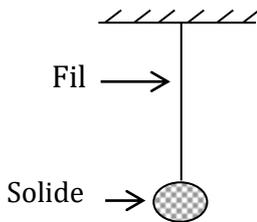


Le ressort s'allonge (se déforme) sous l'action mécanique exercée par Yao.

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

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

➤ Expériences 4 : Equilibre d'un solide accroché à un fil



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

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

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

1.2. Conclusion

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

1.3. Notion de forces

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

La force est une grandeur vectorielle caractérisée par :

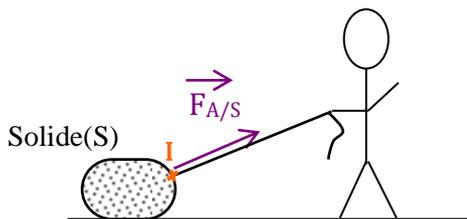
- **un point d'application** : c'est le point où la force agit.
- **une direction** : la droite suivant laquelle la force agit.
- **un sens** : celui du mouvement qu'elle est susceptible de créer.
- **une intensité (norme ou valeur)** qui s'exprime en **newton** (symbole **N**).

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

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

2. ACTION MECANIQUE LOCALISEE

2.1. Action d'un fil sur un solide



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

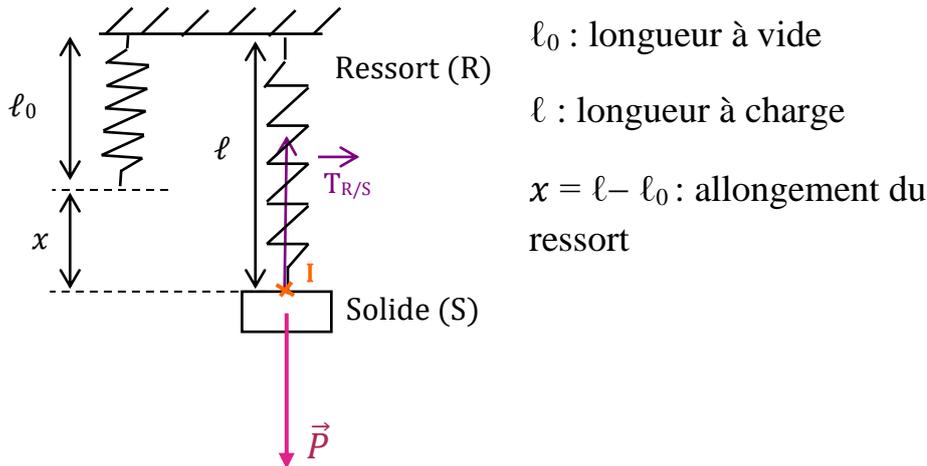
Les caractéristiques de $\vec{F}_{A/S}$:

- le point d'application : le point I.
- la direction : c'est la direction du fil.

- le sens : orienté de S vers A.
- l'intensité : notée $F_{A/S}$

2.2. Action mécanique localisée : la tension du ressort

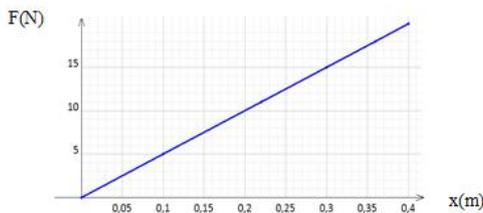
2.2.1. Dispositif expérimental



2.2.2. Résultats

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

2.2.3. Exploitation des résultats



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

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

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

2.2.4 Conclusion

Les caractéristiques de la tension du ressort sont :

Direction : l'axe du ressort

Sens : du solide vers le ressort

Intensité : $T = kx$ avec

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

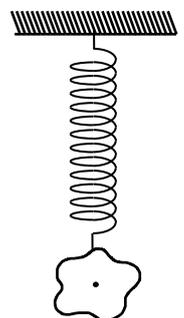
Point d'application : la tension du ressort s'applique au point de contact entre le ressort et le solide : c'est donc **une force localisée**.

Activité d'application

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

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

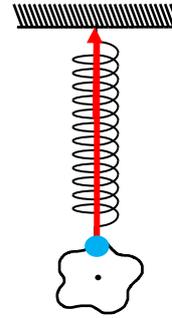
Echelle : 1 cm pour 0,5 N.



Solution

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

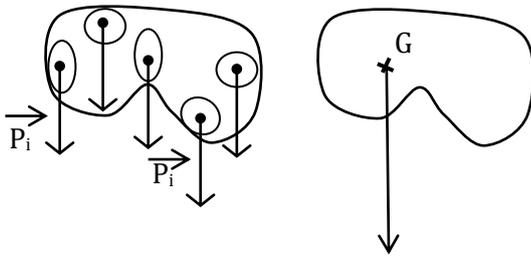
	intensité	Longueur du représentant
\vec{T}	1,25 N	2,5 cm



3. ACTION MECANIQUE REPARTIE

3.1. En volume : Le poids d'un corps

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



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

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

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

Les caractéristiques du poids \vec{P} :

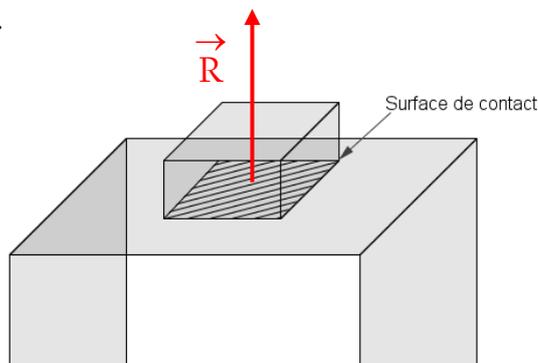
- le point d'application : le centre de gravité G.
- la direction : la verticale.
- le sens : du haut vers le bas
- l'intensité : $P = mg$ avec P (en N) ; m (kg) et g (N/kg)

Remarque :

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

3.2. En surface : la réaction d'un support

La réaction de la table s'exerce sur toute la surface de contact, c'est donc une force répartie en surface. Cette force est assimilée à une force unique \vec{R} appliquée au centre de la surface de contact et orientée du support vers le solide.



4. Catégories de forces

Il existe deux catégories de forces :

- **Les forces de contact** : elles s'exercent entre des corps en contact
 - **Forces musculaires** ; Ex : force exercée par un pousseur sur sa brouette.
 - **Forces de réaction** ; Ex : réaction de la table sur le livre.
 - **Forces de frottement** ; elles existent aux surfaces de contact rugueuses et s'opposent toujours au déplacement.
 - **Forces pressantes** ; forces exercées par les solides, les liquides et les gaz.
- **Les forces à distance** : elles s'exercent à distances

- **Les forces électrostatiques** ; Ex : les grains de poussière capturés par l'écran d'un PC.
- **Forces électromagnétiques** ; Ex : attraction d'objets en fer par un aimant.
- **Forces de gravitation** (Ex : entre les astres).

Activité d'application

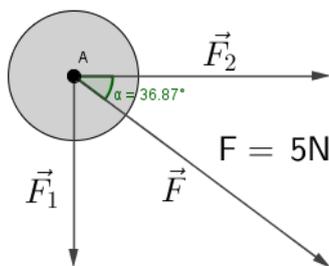
En un point A d'un solide, sont appliquées :

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

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

Echelle : 1 cm pour 1 N.

Solution



Méthode graphique

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

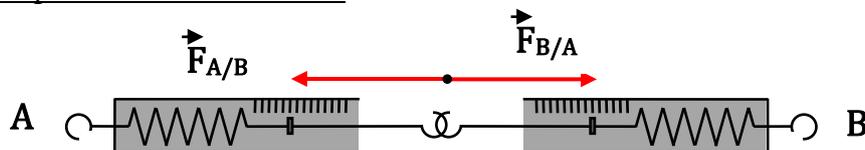
$$\text{Mes}(\vec{F}, \vec{F}_2) \cong 37^\circ$$

Méthode algébrique

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

5. PRINCIPE DES ACTIONS RECIPROQUES

5.1. Expérience et observations



5.2. Interprétation

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

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

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

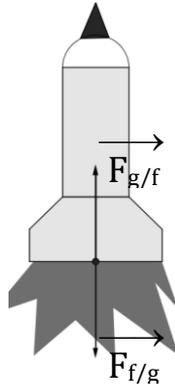
5.3. Conclusion

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

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

5.4. Application : Principe de la fusée

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



6. SYSTEME MECANIQUE

6.1. Définition

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

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

6.2. Système indéformable, système déformable

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

6.3. Inventaire de forces extérieures appliquées à un système

6.3.1. Définition

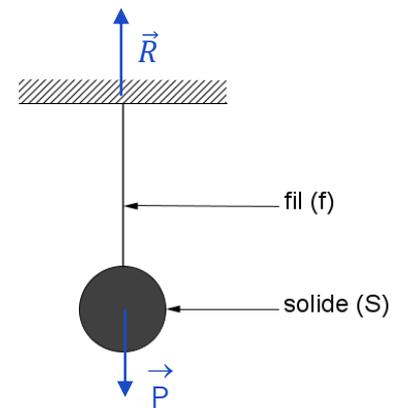
On appelle force extérieure, une force exercée par le milieu extérieur sur le système défini.

6.3.2. Inventaire de forces extérieures

Exemple :

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

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



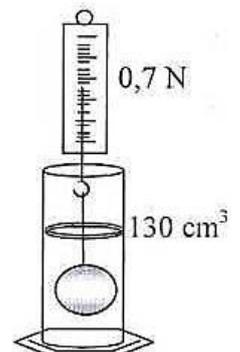
SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de Travaux Pratiques, le professeur demande aux élèves d'une classe de 2nde Ade déterminer l'intensité de la poussée d'Archimède exercée par un liquide sur un solide et de la représenter.

L'éprouvette contenait avant l'expérience 80 cm^3 d'alcool de masse volumique $\rho_a = 0,8 \text{ g/cm}^3$. Après l'expérience, on observe la figure ci-contre et le dynamomètre empêche aussi le solide de couler.

On donne $g = 10 \text{ N/kg}$; Echelle : 1cm pour 0,5 N.

1. Fais l'inventaire des forces extérieures appliquées au solide.
- 2 Dédus de la figure :
 - 2.1 le volume V de l'objet ;



2.2 la valeur P' du poids apparent de l'objet.

3- Détermine :

3 1 la valeur P_A de la poussée d'Archimède subie par l'objet ;

3 2 la valeur P du poids de l'objet immergé.

4. Représente sur la figure à l'échelle 1cm pour 0,5 N le poids, la poussée d'Archimède et la tension du fil.

Solution

1. le poids \vec{P} de l'objet ; la poussée d'Archimède \vec{P}_A et la tension \vec{T} du dynamomètre.

2.1 Volume V de l'objet ;

$$V = 130 - 80 = 50 \text{ cm}^3$$

.2 2 Valeur P' du poids apparent.

$$P' = 0,7 \text{ N}$$

31 la poussée d'Archimède P_A

$$P_A = \rho_a \cdot V_a \cdot g$$

$$P_A = 0,8 \times 50 \times 10^{-3} = 0,4 \text{ N}$$

3 2 Valeur P du poids de l'objet immergé.

$$P = P_A + P' = 0,4 + 0,7 = 1,1 \text{ N}$$

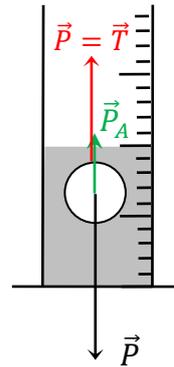
3. Représentation des forces

Echelle : 1 cm pour 0,5 N.

$$\vec{P}_A \rightarrow 0,8 \text{ cm}$$

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

$$\vec{P}' = \vec{T} \rightarrow 1,4 \text{ cm}$$



III .EXERCICES

Exercice 1

Observe la photo ci-contre.

1. Donne :

- 1.1 le nom de cet appareil de mesure ;
- 1.2 l'unité de graduation de cet appareil ;
- 1.3 la valeur de la force.

2. Représente qualitativement:

- 2.1 la force exercée par la pomme sur le fil ;
- 2.2 la force exercée par le fil sur la pomme.



Solution

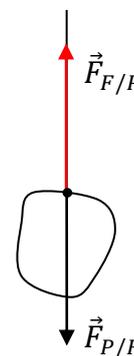
1.

- 1.1 Nom de l'appareil de mesure : dynamomètre
- 1.2 Unité de graduation de cet appareil : le Newton (N)
- 1.3 Valeur de la force : $F = 2 \text{ N}$

2. Représentation des forces

La force exercée par la pomme sur le fil est notée : $\vec{F}_{P/F}$;

La force exercée par le fil sur la pomme est notée : $\vec{F}_{F/P}$



Exercice 2

Détermine les types d'actions mécaniques correspondant aux situations définies dans le tableau ci-dessous en mettant des croix dans les cases correspondantes.

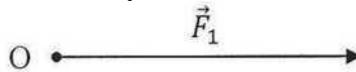
Situation	Force à action localisée	Force à action répartie	Force de contact	Force à distance
Crayon à bille écrivant sur une feuille de papier				
Action de la Terre sur les objets				
Action du vent sur les voiles d'un bateau				
Action d'un aimant sur un clou en fer				

Solution

Situation	Force à action localisée	Force à action répartie	Force de contact	Force à distance
Crayon à bille écrivant sur une feuille de papier	x		x	
Action de la Terre sur les objets		x		x
Action du vent sur les voiles d'un bateau		x	x	
Action d'un aimant sur un clou en fer		x		x

Exercice 3

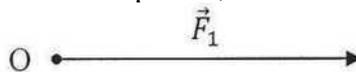
Le vecteur représenté ci-dessous à l'échelle 1 cm pour 2,5 N modélise une force \vec{F}_1



- Détermine la valeur de la force \vec{F}_1 .
- Reproduis le schéma et complète-le en ajoutant, à la même échelle, un vecteur \vec{F}_2 ayant le même point d'application O et une valeur de 2,5 N dans les cas suivants.
 - \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont le même sens ;
 - \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont des sens opposés ;
 - \vec{F}_2 est perpendiculaire à \vec{F}_1 et dirigée vers le bas.
- Pour chacun des cas ci-dessous :
 - construis le vecteur résultant $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$;
 - détermine la valeur de la force résultante \vec{F} .

Solution

Le vecteur représenté ci-dessous à l'échelle 1 cm pour 2,5 N modélise une force \vec{F}_1



- Valeur de la force \vec{F}_1 .

$$\vec{F}_1 \leftrightarrow 4 \text{ cm} \quad F_1 = 4 \times 2,5 = 10 \text{ N}$$

- Représentations des forces

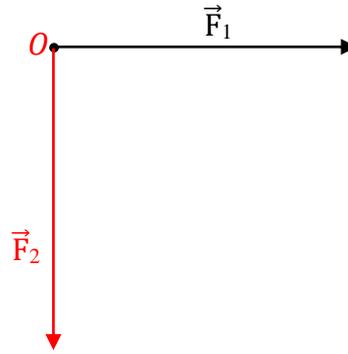
- \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont le même sens ;



- \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont des sens opposés ;

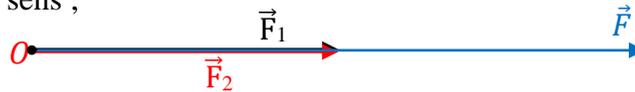


2.3 \vec{F}_2 est perpendiculaire à \vec{F}_1 et dirigée vers le bas.

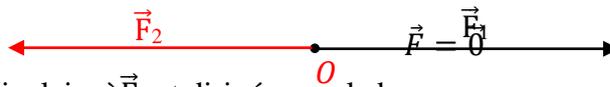


3. Représentation du vecteur résultant $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$;

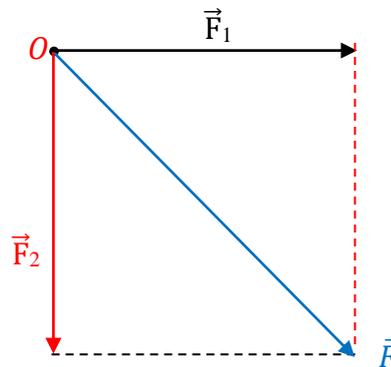
a) \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont le même sens ;



b) \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont des sens opposés ;



c) \vec{F}_2 est perpendiculaire à \vec{F}_1 et dirigée vers le bas.



3.2 Valeur de la force résultante \vec{F} .

a) \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont le même sens : $F = 2F_1 = 20 \text{ N}$

b) \vec{F}_1 et \vec{F}_2 ont des sens opposés : $F = 0 \text{ N}$

c) \vec{F}_2 est perpendiculaire à \vec{F}_1 et dirigée vers le bas.

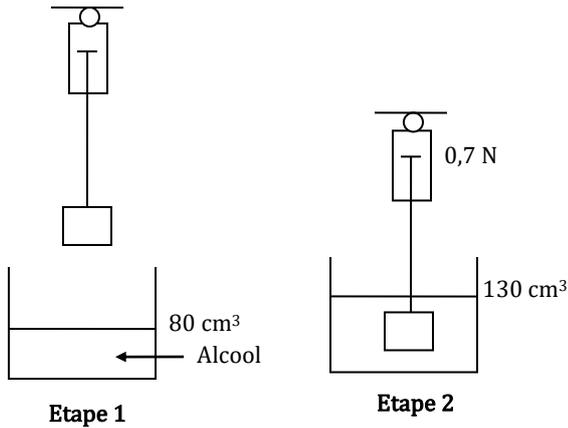
Le triangle ABC est rectangle en B avec AC l'hypoténuse.

$$AC^2 = AB^2 + BC^2 \Rightarrow F^2 = F_1^2 + F_2^2 \Leftrightarrow F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$$

$$F = \sqrt{(10)^2 + (10)^2} = 14,1 \text{ N}$$

Exercice 4

Après l'étude des forces, un groupe d'élèves réalise les expériences schématisées ci-dessous.



Les élèves souhaitent déterminer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'alcool sur le solide, mais ceux-ci rencontrent des difficultés.

On te donne :

Masse volumique de l'alcool : $\rho = 0,8 \text{ g.cm}^{-3}$.

Valeur de l'intensité de la pesanteur : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$.

Ils sollicitent ton aide.

Tu utiliseras au besoin l'échelle de 1 cm pour 0,5 N

1. Détermine :
 - 1.1 le volume de l'objet ;
 - 1.2 la valeur de la poussée d'Archimède subie par l'objet.
2. Calcule :
 - 2.1 le poids de l'objet ;
 - 2.2 la masse de l'objet ;
 - 2.3 la masse volumique de l'objet ;
 - 2.4 la tension du fil.
3. Représente sur la figure les forces qui s'exercent sur l'objet.

Solution

1.1 Le volume de l'objet : $V = 120 - 80 = 50 \text{ cm}^3$

1.2 $P_a = P_{\text{liquide déplacé}} \Leftrightarrow P_a = m g = \rho V g$;

AN: $P_a = 0,8 \times \frac{10^{-3}}{10^{-3}} \times 50 \cdot 10^{-3} \times 10 = 0,4 \text{ N}$.

2.1 Le poids de l'objet: $P_a = P - P' \Rightarrow P = P_a + P'$

AN : $P = 0,4 + 0,7 = 1,1 \text{ N}$

2.2 La masse de l'objet : $m = \frac{P}{g}$; AN : $m = \frac{1,1}{10} = 0,11 \text{ kg}$.

2.3 La masse volumique de l'objet : $\rho = \frac{m}{V}$;

AN : $\rho = \frac{110}{(130-80)} = 2,2 \text{ g/cm}^3$.

2.4 Bilan des forces :

\vec{P}' : le poids apparent de l'objet

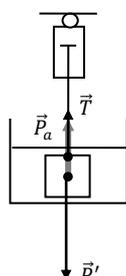
\vec{T} : la tension du fil

\vec{P}_a : la poussée d'Archimède

Calculons la tension du fil T.

$P' = P_a + T \Leftrightarrow T = P' - P_a$;

AN : $T = 0,7 - 0,4 = 0,3 \text{ N}$



$$3. \vec{T} \rightarrow \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ cm} ; \vec{P}' \rightarrow \frac{0,7}{0,5} = 1,4 \text{ cm} ;$$

$$\vec{P}_a \rightarrow \frac{0,4}{0,5} = 0,8 \text{ cm}$$

Exercice 5

Pendant une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves d'une classe de 2nd C dans un Lycée désire déterminer la constante de raideur k d'un ressort. Pour cela, le groupe fixe une masse m_1 à l'extrémité du ressort qui lui donne une longueur l_1 et une masse m_2 et qui donne au ressort une longueur l_2 .

On donne : $m_1 = 213 \text{ g}$; $m_2 = 386 \text{ g}$; $l_1 = 23,4 \text{ cm}$; $l_2 = 28,7 \text{ cm}$;

$g = 10 \text{ N /kg}$.

Tu fais partie du groupe d'élèves.

1-Donne la relation entre le poids du corps fixé au ressort et la tension du ressort.

2-Exprime :

2-1- la relation entre m_1 ; l_1 ; g ; k ; la longueur à vide l_0 du ressort.

2-2-la relation entre m_2 ; l_2 ; g ; k et l_0 .

3-Détermine la longueur à vide l_0 du ressort.

4-Détermine la constante de raideur du ressort.

Solution

1-Relation entre P et T : $P = T$; $m g = k (l - l_0)$

2-1- Relation entre m_1 ; l_1 ; k ; g et l_0 : $m_1 g = k (l_1 - l_0)$

2-2 : $m_2 g = k (l_2 - l_0)$.

3-Longueur à vide du ressort :

$$\frac{m_1 g}{m_2 g} = \frac{k (l_1 - l_0)}{k (l_2 - l_0)} ; l_0 = \frac{m_2 l_1 - m_1 l_2}{m_2 - m_1} ;$$

$$l_0 = \frac{(0,386 \times 0,234) - (0,213 \times 0,287)}{0,386 - 0,213} ; l_0 = 0,1687 \text{ m} = 16,87 \text{ cm}$$

4-Constante de raideur du ressort.

$$m_1 g = k (l_1 - l_0) ; k = \frac{m_1 \times g}{l_1 - l_0} ; k = \frac{0,213 \times 10}{0,234 - 0,1687} ; k = 32,6 \text{ N/kg}$$

IV. DOCUMENTATION

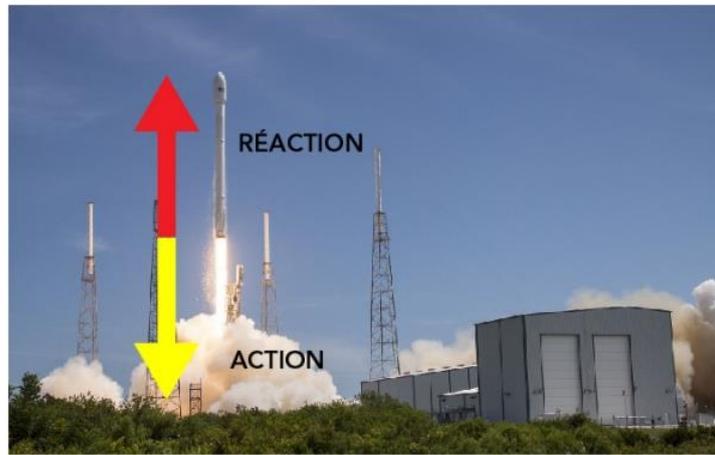
ACTION ET RÉACTION

Newton, célèbre physicien a établi trois lois qui portent son nom.

Voici les **lois du mouvement de Newton** :

- **Première loi de Newton** : Un objet au repos aura tendance à rester au repos à moins qu'une force extérieure n'agisse sur lui. De même, un objet en mouvement aura tendance à se déplacer en ligne droite à moins qu'une force extérieure n'agisse sur lui.
- **Deuxième loi de Newton** : L'accélération d'un objet est proportionnelle à la force appliquée sur lui et suit la même direction que cette force.
- **Troisième loi de Newton** : Pour chaque action, il y a une réaction égale et opposée.

La troisième loi de Newton est probablement la mieux connue. C'est elle qui rend le vol des fusées possible. Les moteurs-fusées fonctionnent en propulsant les gaz d'échappement à l'arrière de l'engin spatial. Étant donné que pour chaque action, il y a une réaction égale et opposée, le vaisseau spatial est propulsé vers le haut.





THÈME 1 : MÉCANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS A DEUX FORCES PUIS A TROIS FORCES

I : SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

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

II . CONTENU DE LA LECON

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

1.1. Conditions d'équilibre

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

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

1.2. Etude de quelques exemples

1.2.1. Solide posé sur un plan horizontal

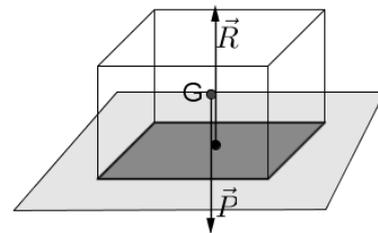
Le solide est en équilibre sous l'action de :

Le poids \vec{P} du solide

La réaction \vec{R} du support.

A l'équilibre on a :

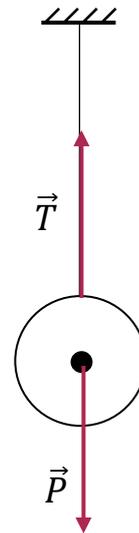
- \vec{P} et \vec{R} ont la même droite d'action
- $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \Rightarrow P = R$



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

Le solide est en équilibre sous l'action de :

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



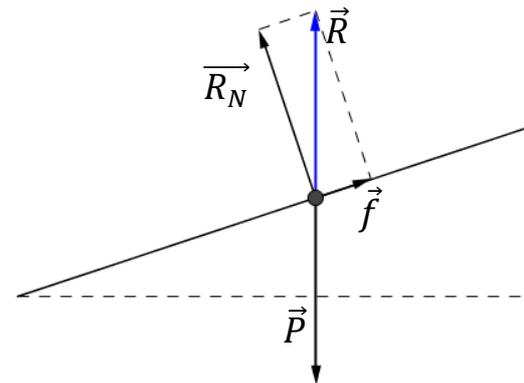
1.2.3. Solide posé sur un plan incliné

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

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

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

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



1.3. Types d'équilibre

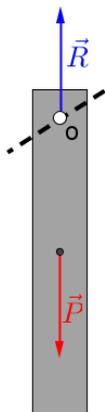


Fig. a

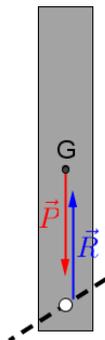


Fig. b

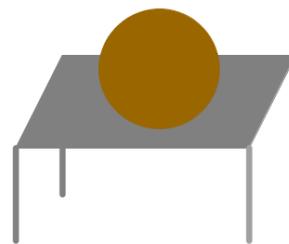


Fig. c

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

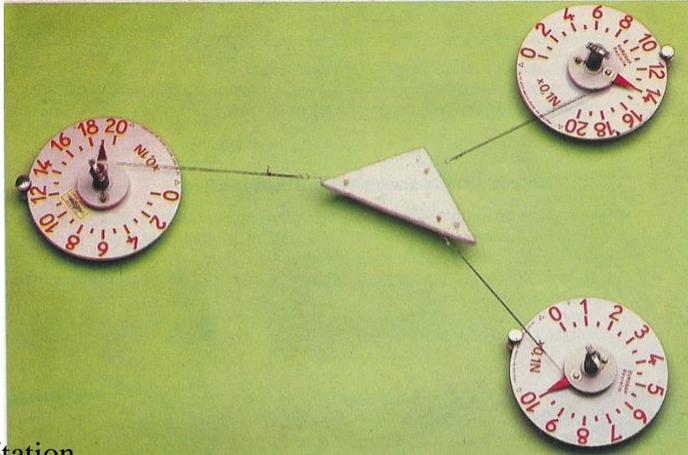
Fig. b : La règle, écartée de cette position d'équilibre, s'en éloigne : l'équilibre est dit **instable**.

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

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

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

2.1. Expérience et observations

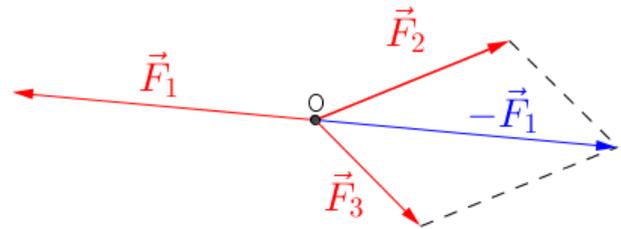


2.2. Interprétation

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

- Ces trois forces sont coplanaires
- Leurs droites d'action sont concourantes
- On constate que : $\vec{F}_1 = -(\vec{F}_2 + \vec{F}_3)$

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



2.3. Conclusion

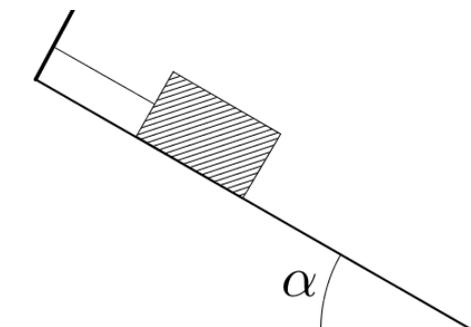
Lorsqu'un solide soumis à l'action de trois forces \vec{F}_1, \vec{F}_2 et \vec{F}_3 non parallèles, est en équilibre, nécessairement :

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

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

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

3.1. Enoncé



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

Déterminer la tension du fil et la réaction du support, sachant que le plan incliné fait un angle ; $\alpha = 30^\circ$ avec l'horizontale.

3.2.Méthode graphique

Système : le solide

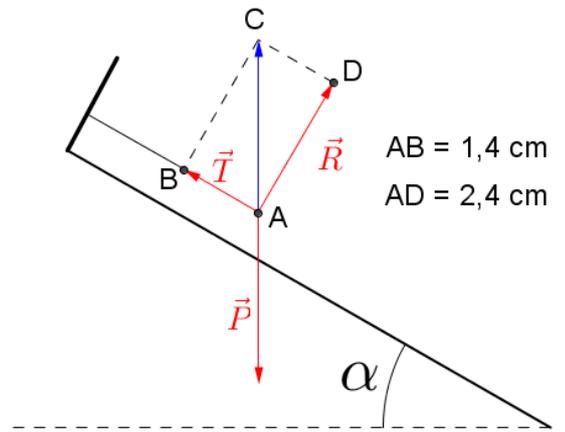
Référentiel : terrestre

Bilan des forces :

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

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

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



3.3.Méthode analytique

Système : le solide

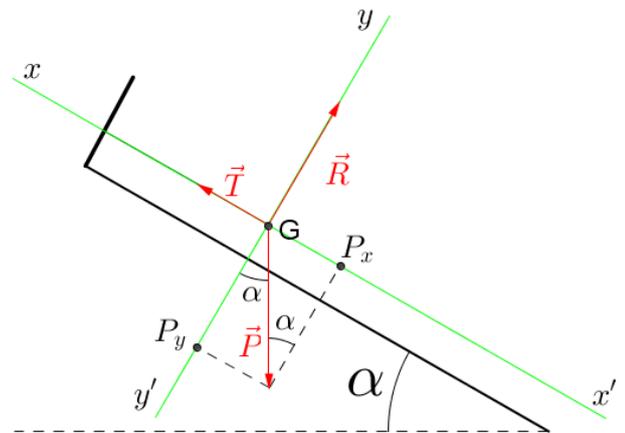
Référentiel : terrestre

Repère : R(G ; x ,y)

Bilan des forces :

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

Schéma ci-contre



$$\vec{P} \begin{cases} P_x = -P \sin \alpha \\ P_y = -P \cos \alpha \end{cases} \quad \vec{T} \begin{cases} T_x = T \\ T_y = 0 \end{cases} \quad \vec{R} \begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = R \end{cases}$$

A l'équilibre on a : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0} \Rightarrow \begin{cases} P_x + T_x + R_x = 0 \\ P_y + T_y + R_y = 0 \end{cases} \Rightarrow$

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

SITUATION D'ÉVALUATION

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

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

La boule est en équilibre.

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

On appelle :

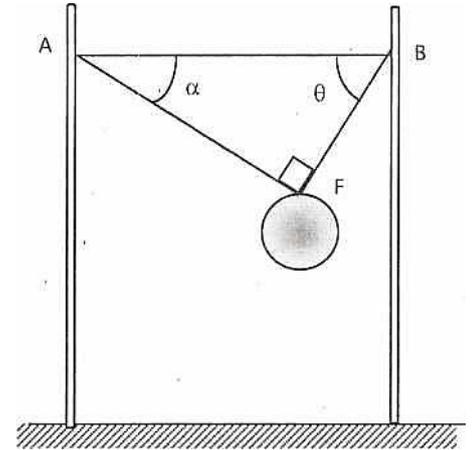
- \vec{T}_1 : la tension du câble AF
- \vec{T}_2 : la tension du câble FB.

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

$g = 10 \text{ N/kg}$.

Tu fais partie du groupe.

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



Corrigé

1. bilan des forces

Système : boule lumineuse

Bilan des forces :

\vec{P} : Le poids de la boule

\vec{T}_1 : La tension du câble AF

\vec{T}_2 : La tension du câble FB

2. voir schéma

3. Lorsqu'un solide soumis à l'action de trois forces non parallèles, est en équilibre, nécessairement :

- Les droites d'actions de ces trois forces sont concourantes ;
- La somme vectorielle de ces trois forces est nulle ;
- les trois forces sont coplanaires.

4.

4.1. Méthode graphique

A l'équilibre : $\vec{P} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \vec{0} \Rightarrow \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = -\vec{P}$

A partir du point F, traçons les trois directions connues des supports des forces : (FC), le support de \vec{P} est vertical ; (FA), le support de \vec{T}_1 est incliné de 30° sur l'horizontale ; (FB), le support de \vec{T}_2 est incliné de 60° sur l'horizontale.

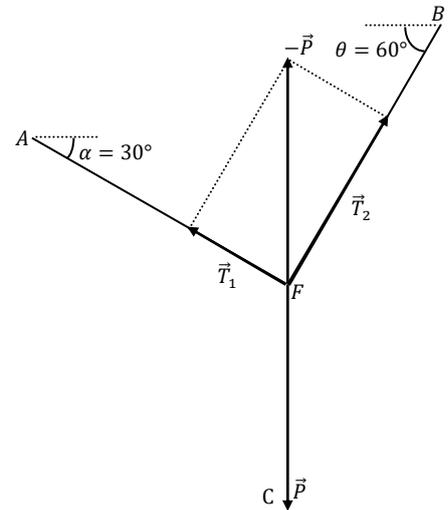
Construisons \vec{P} à l'échelle 1 cm pour 100 N : $\vec{P} \rightarrow 3 \text{ cm}$

La projection de $-\vec{P}$ sur (FA) et (FB) donne \vec{T}_1 et \vec{T}_2 .

$\vec{T}_1 \rightarrow 1,5 \text{ cm}$ et $\vec{T}_2 \rightarrow 2,6 \text{ cm}$.

En revenant à l'échelle : $T_1 = 1,5 \times 100 = 150 \text{ N}$ et

$T_2 = 2,6 \times 100 = 260 \text{ N}$.



4.1. Méthode analytique :

A l'équilibre :

$$\vec{P} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 = \vec{0}$$

Projection sur l'axe (Fx)

$$P \sin \alpha - T_1 = 0 \Rightarrow T_1 = m g \sin \alpha ;$$

A.N : $T_1 = 150 \text{ N}$

Projection sur l'axe (Fy)

$$-P \cos \alpha + T_2 = 0 \Rightarrow T_2 = m g \cos \alpha ;$$

A.N : $T_2 = 259,8 \text{ N}$

III- EXERCICES

EXERCICE 1

Tu accroches un solide de masse $m = 150 \text{ g}$ à un ressort fixé en un point A. L'ensemble est en équilibre.

Représente :

1. les forces qui s'exercent sur le solide ;
2. les forces qui s'exercent sur le ressort.

Corrigé

3.1 Systeme : Solide de masse m

Bilan des forces

\vec{P} : Le poids du solide

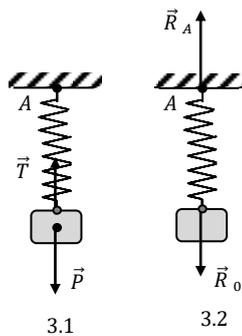
\vec{T} : Tension du ressort

3.2 Systeme : ressort

Bilan des forces

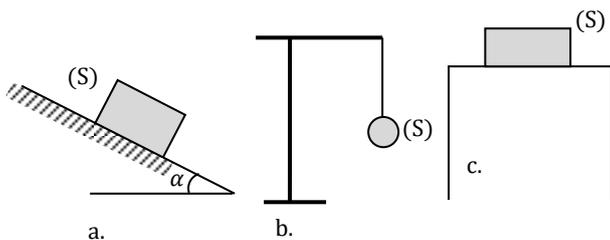
\vec{R}_A : Réaction du support en A

\vec{R}_0 : Réaction du solide sur le ressort

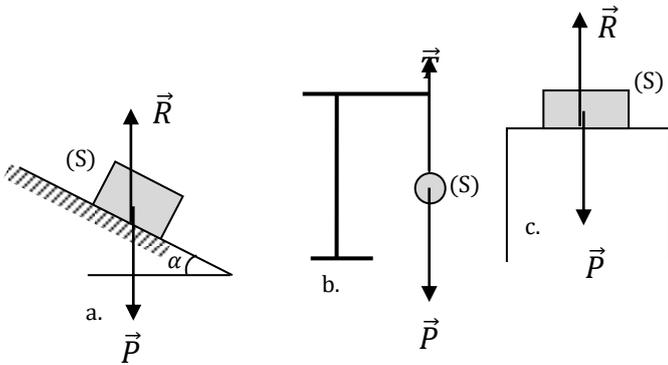


EXERCICE 2

Représente pour chacun des cas ci-dessous, les forces appliquées au solide (S) en équilibre.



corrigé



EXERCICE 3

Complète le texte ci-dessous en écrivant le numéro suivi du mot ou groupe de mots qui convient avec les mots suivants :

frottement- contraire- forces- droite d'action- réaction normale - poids- réaction- équilibre- tangentielle.
 Un bloc de glace est posé sur un plan incliné rugueux. Ce bloc de glace est en1... sous l'action de deux2.....de même.....3..de sens...4.....et de même intensité. L'une des forces est le5.....du bloc de glace. L'autre force est la6..... du plan incliné. Cette dernière force a deux composantes : la.....7..... et la force de ...8.....ou réaction.....9..... .La force de frottement est opposée au déplacement.

corrigé

- 1-équilibre ; 2 – forces ; 3 – droites d'action ; 4 – contraire ; 5 – poids
 - 6-réaction ; 7 – réaction normale ; 8 – frottement ;
 - 9 –réaction tangentielle
- du solide S.

EXERCICE 4

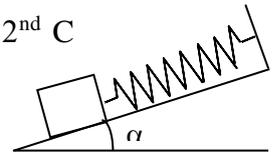
Au cours d'une séance de travaux pratiques, un groupe d'élèves d'une classe de 2nd C dans un Lycée réalise le montage ci-contre.

Le ressort s'étire et prend une longueur de longueur ℓ et le solide de masse $m = 150 \text{ g}$ est en équilibre sur le plan incliné.

La longueur à vide du ressort est $\ell_0 = 15 \text{ cm}$ et sa constante de raideur est $k = 20 \text{ N/m}$.
 Donnée : $g = 9,8 \text{ N/kg}$ et $\alpha = 30^\circ$.

Le groupe décide de déterminer la longueur ℓ du ressort.
 Tu fais partie du groupe d'élèves.

1. Enonce les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles.
2. Cite les forces extérieures appliquées au solide.
3. Détermine, à l'équilibre du solide, les valeurs de ces forces.
4. Dédus la longueur ℓ du ressort.



Corrigé

1. Système : solide

Bilan des forces

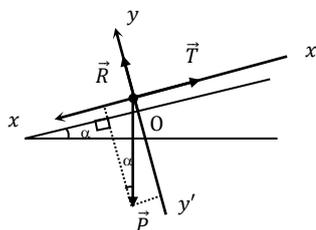
\vec{P} :Le poids du solide

\vec{T} : Tension du ressort

\vec{R} :Réaction du plan

2. A l'équilibre, $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$ (1)

3.La projection de (1) sur



l'axe(x'x) donne : $P \sin \alpha - T = 0$

$T = m g \sin \alpha$; AN : $T = 0,735 \text{ N}$

La projection de (1) sur (y'y) donne : $-P \cos \alpha + R = 0$ d'où $R = m g \cos \alpha$; AN : $R = 1,27 \text{ N}$.

4. $T = k|\ell - \ell_0|$ or $\ell - \ell_0 > 0 \Rightarrow |\ell - \ell_0| = \ell - \ell_0 \Rightarrow \ell = \frac{T}{k} + \ell_0$

AN: $\ell = 18,7 \text{ cm}$.

EXERCICE 5

Au cours des festivités commémorant le cinquantenaire d'un établissement secondaire, une boule décorative a été fixée contre le mur parfaitement lisse du foyer dudit établissement, par l'intermédiaire d'un fil inextensible AB de longueur $\ell = 40 \text{ cm}$ et de masse négligeable. Un groupe d'élèves de 2^{nde} C décide d'étudier l'équilibre de cette boule de rayon $r = 12 \text{ cm}$ dont la masse est $m = 2,5 \text{ kg}$.

Donnée : $g = 10 \text{ N/kg}$.

Eprouvant des difficultés, ceux-ci sollicitent ton aide.

1. Énonce les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles.
2. Représente les forces extérieures qui s'exercent sur la boule.
3. Calcule l'angle α que fait le fil avec le mur.
4. Détermine par la méthode analytique, les intensités des forces qui s'exercent sur la boule.

Corrigé

1. Lorsqu'un solide soumis à l'action de trois forces non parallèles, est en équilibre, nécessairement :

- Les droites d'actions de ces trois forces sont concourantes ;
- La somme vectorielle de ces trois forces est nulle ;
- les trois forces sont coplanaires.

2. Systeme: la sphère

Bilan des forces

\vec{P} : Le poids de la sphère homogène

\vec{T} : Tension du fil AB

\vec{R} : réaction du mur

Voir schéma ci-contre

3. $\sin \alpha = \frac{r}{r+l}$; AN: $\sin \alpha = 0,23 \Rightarrow \alpha = 13,34^\circ$

4. A l'équilibre, $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = \vec{0}$ (1)

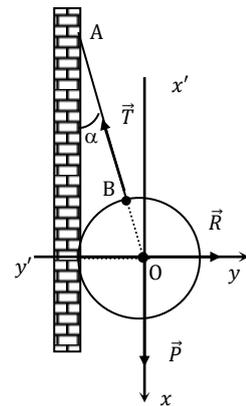
$$P = m g = 25 \text{ N}$$

Projection de (1) sur (x'x) :

$$P - T \cos \alpha = 0 \Rightarrow T = \frac{P}{\cos \alpha} ; \text{AN} : T = 25,7 \text{ N}$$

Projection de (1) sur (y'y) :

$$R - T \sin \alpha = 0 \Rightarrow R = T \sin \alpha ; \text{AN} : R = 5,93 \text{ N}$$



IV. DOCUMENTATION

Équilibre stable – équilibre instable

Par définition, un objet est en équilibre lorsque les forces qui agissent sur lui se compensent. La somme de ces forces est nulle.

Mais il est important de distinguer deux formes d'équilibre:

- **Équilibre stable:** Après perturbation, le mobile retrouve sa position initiale.
- **Équilibre instable:** Après perturbation, le mobile s'écarte de sa position initiale (souvent pour rejoindre une position d'équilibre stable !).

Cette animation permet d'illustrer les forces en présence. La position du centre de gravité du système, par rapport au support (point de basculement) est l'élément important.

Niveau 2nde C

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 1 : MÉCANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ÉQUILIBRE D'UN SOLIDE MOBILE AUTOUR D'UN AXE FIXE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

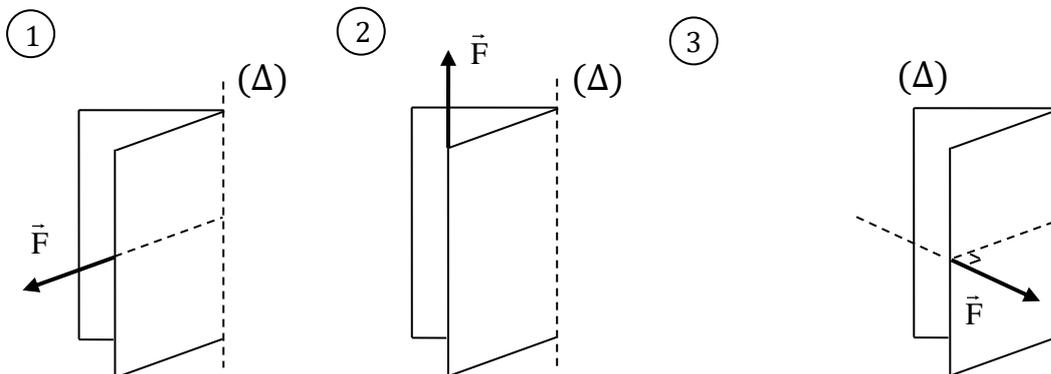
Pour s'assurer que le tableau ne tombera pas, ils décident sous la conduite de leur professeur, de connaître et de déterminer le moment d'une force puis de connaître et d'appliquer les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

II. CONTENU

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

1.1- Effet de rotation d'une force

1.1.1. Expériences et observations



Il n'y a pas de rotation

Il y a rotation

1.1.2. Conclusion

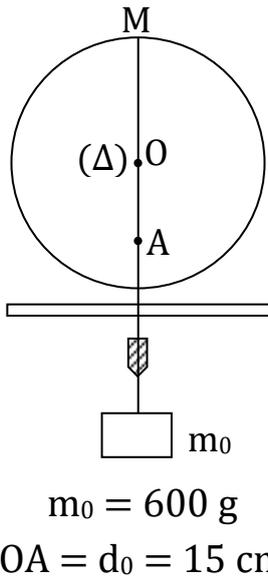
Une force a un effet de rotation sur un solide mobile autour d'un axe fixe si sa droite d'action :

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

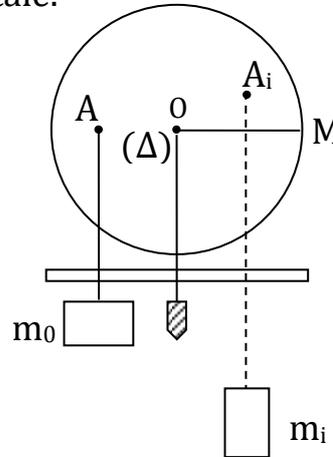
1.2. Moment d'une force par rapport à un axe fixe

1.2.1. Expériences

- Dispositif expérimental



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



- Tableau de mesure

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

- Exploitation des résultats

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

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

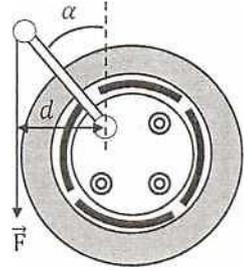
1.2.2. Définition du moment d'une force

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

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

Activité d'application

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



On t'indique que la longueur de la manivelle est $\ell = 20$ cm.

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

corrigé

1. $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot d$ avec d : le bras de levier.

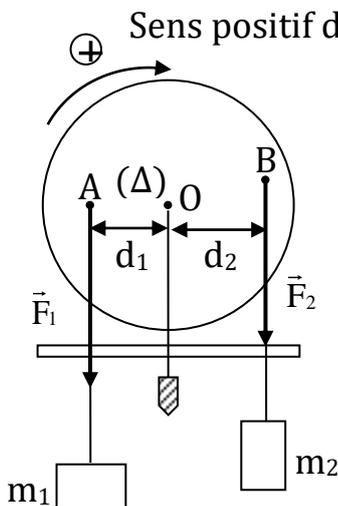
$d = \ell \cdot \sin \alpha$ donc $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot \ell \cdot \sin \alpha$.

AN : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 56$ N.m

2. Le moment est le plus grand lorsque la manivelle est horizontale ; en effet alors $d = \ell$ et $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = F \cdot \ell$

3. AN : $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 80$ N.m

1.2.3. Le moment : grandeur algébrique



\vec{F}_2 tend à faire tourner le disque dans le sens positif choisi et \vec{F}_1 dans le sens contraire. On pose que :

$M_\Delta(\vec{F}_2) > 0$ et égal à $M_\Delta(\vec{F}_2) = F_2 \cdot d_2$;

$M_\Delta(\vec{F}_1) < 0$ et égal à $M_\Delta(\vec{F}_1) = - F_1 \cdot d_1$.

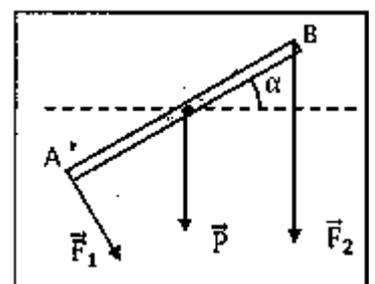
Conséquences

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

Activité d'application

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

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



1. Calculer les moments des forces qui s'exercent sur la tige par rapport à A.

2. On considère maintenant la même tige avec les mêmes forces mais l'axe de rotation en B. Calculer les moments des différentes forces par rapport à Δ en B.

1. Calcul du moment de chaque force

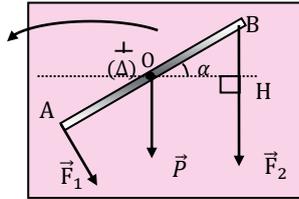
$$*\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) = F_1 \cdot OA = \frac{1}{2} F_1 l$$

$$\underline{\text{AN}} : \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) = 0,1 \text{ N.m}$$

$$*\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) = -F_2 \cdot OH = -\frac{1}{2} F_2 l \cos \alpha$$

$$\underline{\text{AN}} : \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) = 0,13 \text{ N.m}$$

* $\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 0$ car ce vecteur rencontre l'axe de rotation.



2. Calculons les moments des différentes forces.

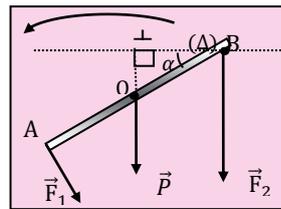
$$*\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) = F_1 \cdot OB = F_1 l$$

$$\underline{\text{AN}} : \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) = 0,2 \text{ N.m}$$

* $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) = 0$ car ce vecteur rencontre l'axe de rotation.

$$*\mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = \frac{1}{2} Pl \cos \alpha$$

$$\underline{\text{AN}} : \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = 0,043 \text{ N.m}$$

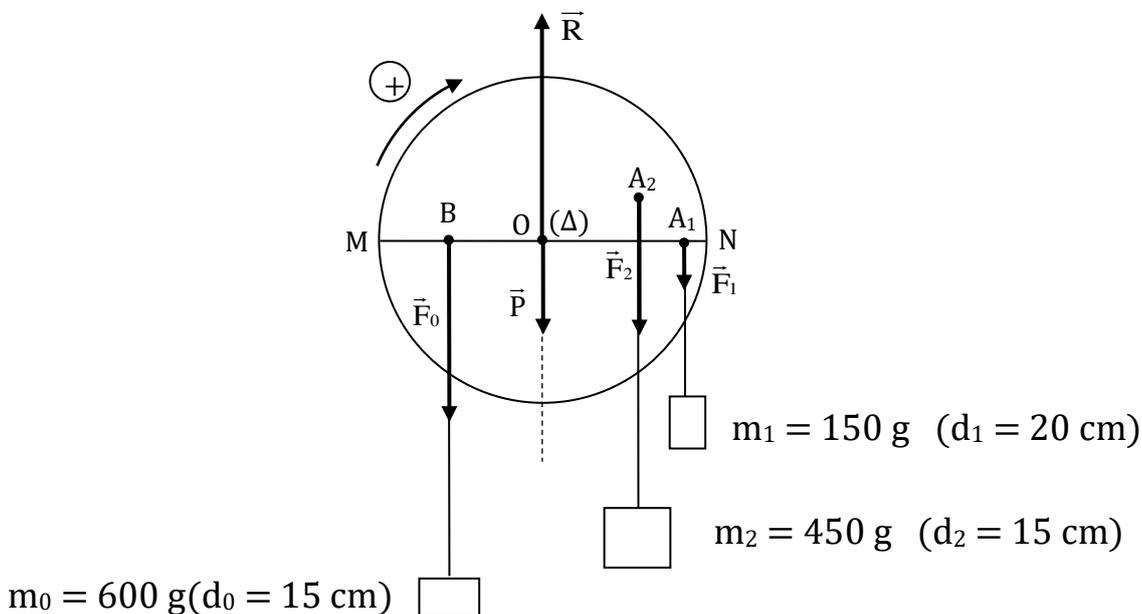


2. Conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

2.1. Théorème des moments

2.1.1. Expérience

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



2.1.2. Résultats

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

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

$$\begin{aligned} \sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) &= \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_0) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_1) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_2) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) \\ &= -0,9 + 0,3 + 0,6 + 0 + 0 \\ \sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) &= 0 \text{ N.m.} \end{aligned}$$

On constate que cette somme est nulle.

2.1.3. Enoncé du théorème des moments

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

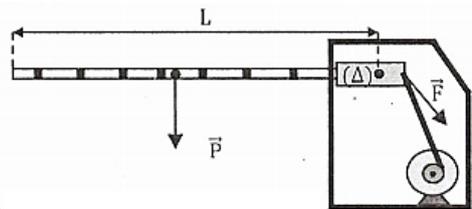
$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{\text{ext}}) = 0.$$

Activité d'application

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

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

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



corrigé

A l'équilibre on a $\mathcal{M}(\vec{F}) + \mathcal{M}(\vec{P}) = 0$
 $62,5 - 0,5 P \times L = 0$

$$L = \frac{62,5}{0,5P} = \frac{2 \times 62,5}{50} = 2,5 \text{ m}$$

2.2. Conditions générales d'équilibre

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

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

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

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

- La somme vectorielle des forces appliquées est nulle :

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

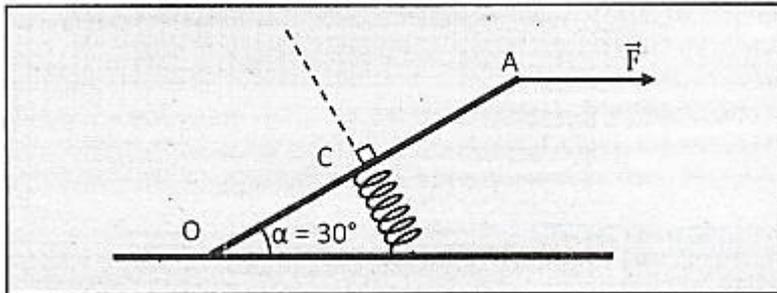
C'est la condition nécessaire d'**immobilité du centre d'inertie** du solide.

SITUATION D'ÉVALUATION

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

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

La pédale est en équilibre quand le ressort de raideur k, fixé en son milieu C, prend une direction



perpendiculaire à OA, elle fait alors un angle α avec l'horizontale. Il désire étudier l'équilibre de la pédale.

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

Tu te joins à eux pour faire cette étude et tu viens exposer vos résultats à ton voisin de classe.

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

Solution

1. Bilan des forces qui s'exercent sur la pédale.

- La force \vec{F} ;
- La force \vec{T} exercée par le ressort sur la pédale ;
- La réaction \vec{R} du support sur la pédale.

2. Conditions d'équilibre de la pédale.

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

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{ext}) = \mathbf{0} \Rightarrow \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0 \text{ Or } \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

- La somme vectorielle des forces appliquées est nulle :

$$\sum (\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \Rightarrow \vec{T} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$$

3. Détermination de :

3.1. la valeur de la force exercée par le ressort sur la pédale.

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0 \text{ Or } \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0 \text{ donc } \mathcal{M}_\Delta(\vec{T}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0$$

$$\Rightarrow T \frac{L}{2} - F \cdot L \cdot \sin 30^\circ = 0 \Rightarrow T = 2F \sin 30^\circ$$

A.N. $T = 2 \cdot 20 \cdot \sin 30^\circ = 20 \text{ N}$

3.2. la raideur k du ressort.

$$T = k \Delta x \Rightarrow k = \frac{T}{\Delta x} \text{ A.N. } k = \frac{20}{0,08} = 250 \text{ N/m}$$

III. EXERCICES

Exercice 1

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

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

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

Solution

1. Intensité de la force \vec{F}_A exercée par le clou

Le pied de biche est soumis à la force \vec{F}_A ,

la réaction \vec{R} au point A et à la force \vec{F}_B ,

Les conditions d'équilibre :

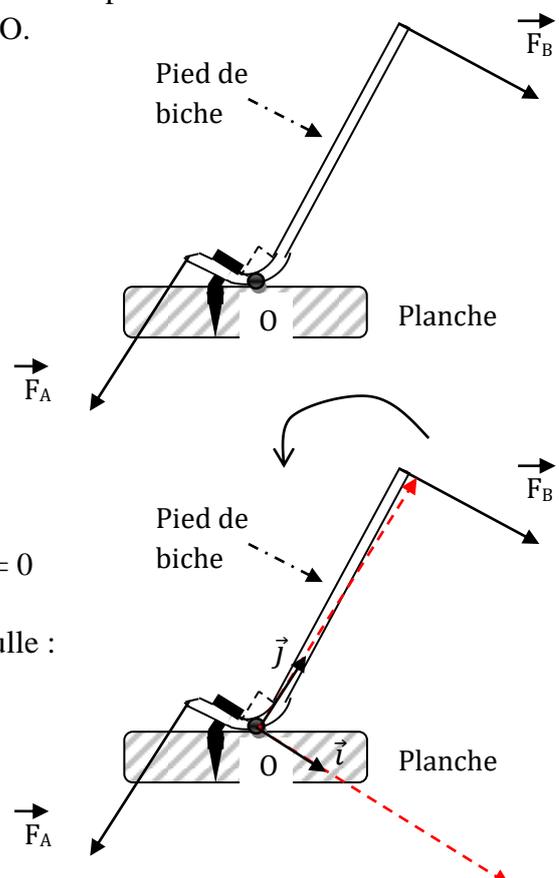
- La somme algébrique des moments par rapport à l'axe des forces appliquées est nulle :

$$\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{ext}) = \mathbf{0} \Rightarrow \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_A) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_B) = 0$$

- La somme vectorielle des forces appliquées est nulle :

$$\sum (\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_A + \vec{R} + \vec{F}_B = \vec{0}$$

$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_A) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_B) = 0 \text{ Or } \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$



$$\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_A) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_B) = 0.$$

$$-F_B \cdot OB + F_A \cdot OA = 0 \Rightarrow F_A = \frac{F_B \cdot OB}{OA}$$

$$\text{A.N. } F_A = \frac{200 \times 20}{2} = 2000 \text{ N}$$

2. Intensité de la réaction \vec{R}

Utilisons le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) représenté.

$$\sum(\vec{F}_{ext}) = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_A + \vec{R} + \vec{F}_B = \vec{0}$$

$$\begin{pmatrix} 0 \\ -F_A \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} R_x \\ R_y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} F_B \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow R_x = -F_B \text{ et } R_y = F_A$$

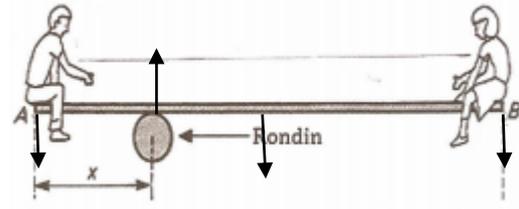
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(-F_B)^2 + F_A^2} = \sqrt{(200)^2 + (2000)^2} \Rightarrow R = 2010 \text{ N}$$

Exercice 2

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

Donnée : $g = 10 \text{ N/kg}$.

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



Solution

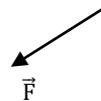
1. Les forces : le poids \vec{P}_A de Akim ; le poids \vec{P}_B de Mikan ; le poids \vec{P} de la planche ; la réaction \vec{R} du rondin.
2. Condition d'équilibre : $\sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_{ext}) = 0$ avec $\mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$
 $P_A \cdot x - P(\frac{\ell}{2} - x) - P_B(\ell - x) = 0$ soit $x = \frac{\ell(P + 2P_B)}{2(P_A + P + P_B)} = 1,05 \text{ m}$

EXERCICE 3

Un agent de la CIE commis pour des installations électriques, exerce une force $F = 150 \text{ N}$

sur le manche de la manivelle du treuil représenté ci-dessus, pour dérouler un câble électrique. La distance entre l'axe de la poignée et l'axe de rotation est $d = 32 \text{ cm}$.

Calcule le moment de la force par rapport à l'axe de rotation (Δ).



Solution

$$\mathcal{M}(\vec{F}) = F \times d = 150 \times 32 \cdot 10^{-2} = 48 \text{ N.m}$$

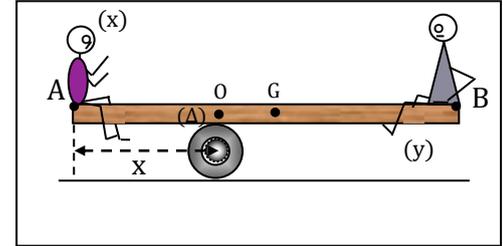
EXERCICE 4

pendant la récréation dans un lycée tu observes avec ton ami deux élèves de 6^{ème}, une fille et un garçon, en train de jouer sur une balançoire schématisé par la figure suivante. La balançoire est constituée d'une planche homogène de masse $m = 8 \text{ kg}$ et de longueur $\ell = 2,4 \text{ m}$ au milieu de laquelle est posé un rondin.

Le garçon (x) et la fille (y) ont respectivement pour masse $m_1 = 42 \text{ kg}$ et $m_2 = 32 \text{ kg}$. Ils sont assis aux extrémités A et B de la planche qui est en équilibre.

Ton ami souhaite s'associer à toi pour déterminer la distance x entre A et le rondin.

1. Enonce les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.
2. Représente les forces qui s'exercent sur la planche.
3. Ecris les conditions d'équilibre de la planche.
4. Détermine la distance x entre A et le rondin pour que l'équilibre de la balançoire soit réalisé en position horizontale.



corrigé

Système : la balançoire

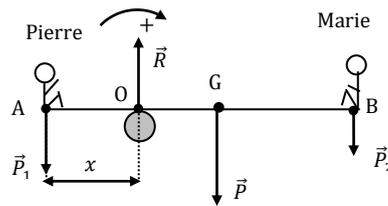
Bilan des forces

\vec{P} : Le poids de la balançoire

\vec{P}_1 : poids de Pierre

\vec{P}_2 : poids de Marie

\vec{R} : Réaction de l'axe en O



Condition d'équilibre de la barre autour de l'axe de rotation au point A : $\mathcal{M}_A(\vec{P}) + \mathcal{M}_A(\vec{P}_1) + \mathcal{M}_A(\vec{P}_2) + \mathcal{M}_A(\vec{R}) = 0$ (1)

Exprimons les moments des forces.

$$*\mathcal{M}_A(\vec{P}_1) = -m_1 g x$$

$$*\mathcal{M}_A(\vec{P}_2) = m_2 g(l - x)$$

$$*\mathcal{M}_A(\vec{R}) = 0 \text{ car } \vec{R} \text{ rencontre l'axe de rotation.}$$

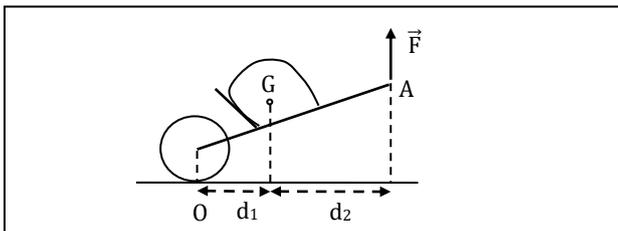
$$*\mathcal{M}_A(\vec{P}) = \left(\frac{1}{2}l - x\right) m g = (1,2 - x)m g$$

La relation (1) devient : $\left(\frac{1}{2}l - x\right) m g - m_1 g x + m_2 g(l - x) = 0$

$$-(m + m_1 + m_2) x = -\frac{1}{2}l m - l m_2 \Rightarrow x = \frac{(m + 2m_2)l}{2(m + m_1 + m_2)} = 1,05 \text{ m}$$

EXERCICE 5

Tu te rends le week-end sur le chantier où travaille ton grand frère. Son travail consiste à transporter du gravier à l'aide d'une brouette. Pour déplacer la charge, chacun de ses bras exerce une force verticale ($\vec{F}_1 = \vec{F}_2$) sur les manches de la brouette. Ces deux forces équivalent à une force unique \vec{F} verticale, représentée en A comme l'indique le schéma ci-dessous



La masse totale de la brouette chargée de centre de gravité G est $m = 150 \text{ kg}$.

Données : $d_1 = 80 \text{ cm}$; $d_2 = 140 \text{ cm}$; $g = 9,8 \text{ N/kg}$

Tu souhaites évaluer l'effort fourni par ton grand frère pour transporter le gravier.

1-Énonce les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

2-Représente les forces exercées sur la brouette et son chargement de gravier.

3-Détermine, à partir des conditions d'équilibre de la brouette :

3-1-la valeur de la force \vec{F} ;

3-2-La valeur de la réaction du sol en O.

4-Déduis- en les valeurs des forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 .

corrigé

1- Système: brouette

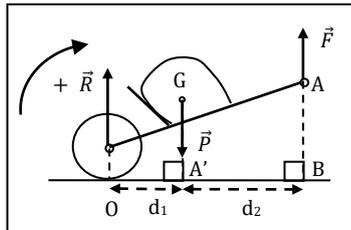
Bilan des forces

\vec{P} : poids de la brouette

\vec{F} : Force exercée par le manœuvre

\vec{R} : Réaction de l'axe

-Condition d'équilibre de La brouette autour de l'axe de rotation :



$$3 - \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) + \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

$$3-1- * \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = -F \cdot OB = -F (d_1 + d_2) ; * \mathcal{M}_\Delta(\vec{P}) = P \cdot d_1 ; * \mathcal{M}_\Delta(\vec{R}) = 0$$

$$-F (d_1 + d_2) + m g \cdot d_1 = 0 \Rightarrow F = \frac{m g \cdot d_1}{d_1 + d_2} ; \underline{\text{AN}}: F = 534,54 \text{ N}$$

$$3-2- \text{A l'équilibre} : \vec{F} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

$$\vec{F} \text{ et } \vec{R} \text{ sont de sens opposé à } \vec{P} \text{ d'où } R + F - P = 0$$

$$R = P - F = 935,46 \text{ N}$$

$$4 - F_1 = F_2 = \frac{1}{2} F ; \underline{\text{AN}}: F_1 = 267,27 \text{ N}$$

IV. DOCUMENTATION

1. Pourquoi la Tour de Pise est-elle penchée ?



La Tour de Pise est l'un des symboles de l'Italie, elle fait partie des plus belles constructions au monde mais aussi celles des plus étranges... Elle est aujourd'hui célèbre pour son inclinaison de $3,99^\circ$ vers le sud.

a. Elle est restée droite pendant cinq ans

La première pierre de la Tour de Pise est posée en août 1174. Elle reste droite seulement cinq ans. C'est après la finalisation du troisième étage qu'elle commence à s'incliner. Pour compenser, les quatre derniers étages sont construits en diagonale. La construction finit par être compliquée et retardée.

Mais après des années de recherches, les architectes trouvent enfin une solution : faire des piliers plus grands au sud qu'au nord. Cette méthode permet d'achever la construction en 1350.

Composée de sept étages d'arcades voûtées de marbre blanc, elle abrite les cloches de la cathédrale Notre-Dame de l'Assomption de Pise. Afin d'équilibrer, les plus lourdes sont installées du côté nord, mais la tour continuera de pencher. Au milieu du XIV^e siècle, on estime que la tour penche d'environ 1,47° puis en 1993 de 5,63°.

b. L'affaiblissement des fondations

Désormais, on peut dire que c'est l'affaiblissement des fondations qui fait pencher la Tour de Pise. Ces dernières sont inadaptées au sol (plaine alluviale) où elle est construite. Heureusement, grâce à de nombreux travaux, la tour s'est stabilisée, chaque année elle bouge de moins d'un millimètre.

Source : <https://www.pleinevie.fr/vie-quotidienne/mes-petits-enfants/dis-pourquoi-la-tour-de-pise-est-elle-penchee-14988>
mardi 10/11/2020 à 10 h00

Niveau 2nde C

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME : MÉCANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : PRINCIPE DE L'INERTIE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Un élève de 2ndeC suivant les jeux olympiques 'Tokyo 2020' à la télévision avec son grand frère, constate que les patineuses se déplacent pendant longtemps en ligne droite sur la glace, sans effort. Il interroge alors son frère qui lui explique cette situation en parlant du principe de l'inertie. Pour en savoir d'avantage, il décide avec ses camarades de classe, sous la supervision de leur professeur de physique, de déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie d'un isolé ou pseudo isolé solide, d'énoncer et d'appliquer le principe de l'inertie.

II. CONTENU DE LA LEÇON

1. DÉFINITIONS

1.1. Système

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

1.2. Système isolé

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

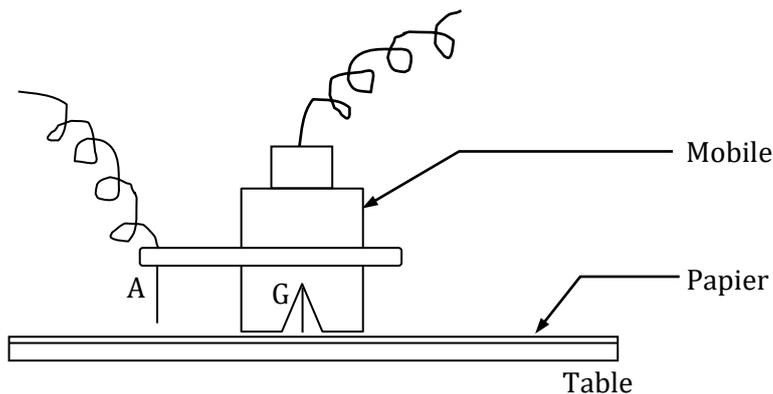
1.3. Système pseudo-isolé

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

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

2. CENTRE D'INERTIE D'UN SYSTÈME

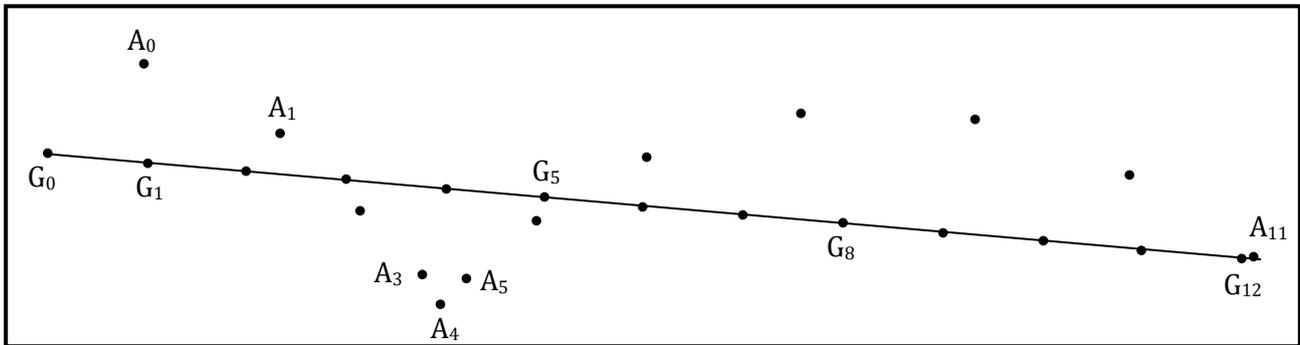
2.1. Expérience



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

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

2.2. Résultats



2.3. Exploitation

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

-Le point A a un mouvement curviligne.

2.4. Conclusion

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

2.5. 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 uniforme s'il est en mouvement.

Activité d'application

3. MOUVEMENT D'ENSEMBLE ET MOUVEMENT PROPRE D'UN SYSTÈME

3.1. Mouvement d'ensemble

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

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

3.2. Mouvement propre d'un système

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

Activité d'application 1

Un mobile autoporteur est lancé sur une table à coussin d'air plane et horizontale en le faisant tourner légèrement.

Pour chacune des propositions ci-dessous, écris V si la proposition est vraie ou F si elle est fausse.

Dans le référentiel terrestre :

- 1) Le centre d'inertie G reste au repos.....
- 2) Le centre d'inertie G est animé d'un mouvement rectiligne uniforme.....
- 3) Un point P de la périphérie du mobile est également animé d'un mouvement rectiligne uniforme.....
- 4) Le mouvement de G s'appelle mouvement propre.....
- 5) Le mouvement de G s'appelle mouvement d'ensemble.....
- 6) Le mouvement de P s'appelle mouvement propre.....

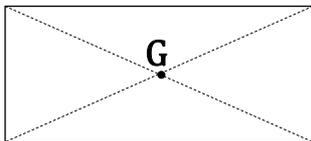
Solution

- 1) Le centre d'inertie G reste au repos. **F**
- 2) Le centre d'inertie G est animé d'un mouvement rectiligne uniforme. **V**
- 3) Un point P de la périphérie du mobile est également animé d'un mouvement rectiligne uniforme. **F**
- 4) Le mouvement de G s'appelle mouvement propre. **F**
- 5) Le mouvement de G s'appelle mouvement d'ensemble. **V**
- 6) Le mouvement de P s'appelle mouvement propre. **V**

4. DÉTERMINATION DU CENTRE D'INERTIE

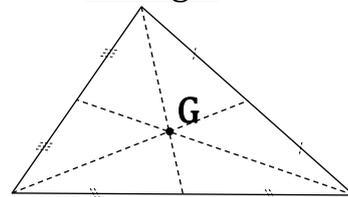
4.1. Cas d'un solide de forme géométrique simple

Carré ou rectangle



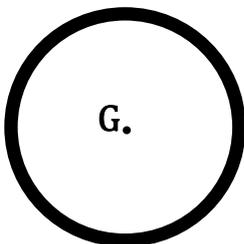
Point de concours des diagonales

Triangle



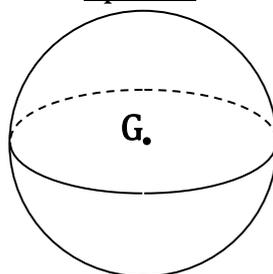
Point de concours des médianes

Cerceau ou cercle



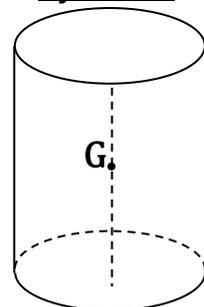
Centre du cerceau ou du cercle

Sphère



Centre de la sphère

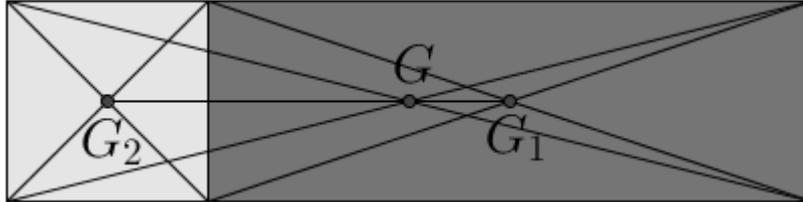
Cylindre



Milieu de la hauteur

4.2. Cas d'un ensemble de solides simples

Considérons un système constitué de deux solides S_1 de masse m_1 et S_2 de masse m_2 tel que : $m_1=3m_2$. S_1, S_2 ont respectivement pour centre d'inertie G_1 et G_2 .



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

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

$$\Rightarrow m_1 GG_1 = m_2 GG_2$$

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

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

Soit un point O quelconque :

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

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

REMARQUE :

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

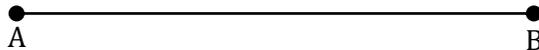
-En remplaçant le point O par le point G_1 on obtient :

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

Activité d'application 2

On considère deux points matériels A et B de masses respectives m_1 et m_2 , séparés par une tige de masse négligeable de longueur $L = 20$ cm. On donne $m_A = 200$ g et $m_B = 400$ g.

Détermine la position du centre d'inertie G du système constitué par les deux points matériels A et B.



Solution

Déterminons la position du centre d'inertie G.

$$m_A \overrightarrow{GG_A} + m_B \overrightarrow{GG_B} = \vec{0} \Leftrightarrow m_A \overrightarrow{GG_A} + m_B (\overrightarrow{GG_A} + \overrightarrow{G_A G_B}) = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{G_A G} = \frac{m_B}{m_A + m_B} \times \overrightarrow{G_A G_B} \text{ Ces vecteurs ayant le même sens et étant colinéaires, alors :}$$

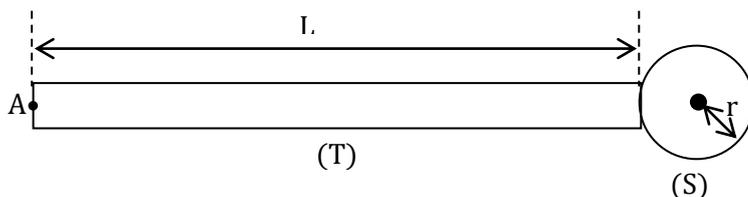
$$\overrightarrow{G_A G} = \frac{m_B}{m_A + m_B} \times \overrightarrow{G_A G_B} \text{ AN: } G_A G = \frac{400}{600} \times 20 \Leftrightarrow G_A G = 13,33 \text{ cm}$$

SITUATION D'ÉVALUATION

Pendant les vacances scolaires, tu séjournes au village avec ton voisin de classe. Celui-ci décide de déterminer le centre d'inertie G de la canne de son grand père. Cette canne est composée :

-d'un pommeau en forme d'une sphère (S) de rayon r , de masse m_1 et de centre d'inertie G_1 ;

-d'une tige (T) de longueur (L), de masse m_2 et de centre d'inertie G_2 (Voir figure ci-dessous)



Données : $m_1 = 100$ g ; $m_2 = 200$ g ; $r = 1,2$ cm ; $L = 60$ cm.

Il te soumet son résultat et tu décides de le vérifier.

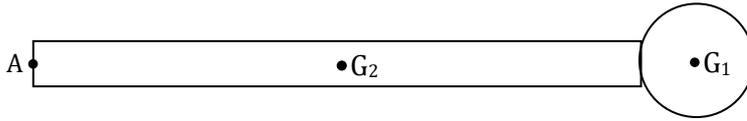
1- Place sur la figure les centres d'inertie G_1 et G_2 respectivement de la sphère et de la tige.

2- Donne la relation barycentrique entre G_1 , G_2 et G (centre d'inertie de l'objet).

3-Détermine la position de G par rapport à l'extrémité A de la tige.

Solution

1) plaçons les centres d'inertie G_1 de la sphère et G_2 de la tige sur la figure.



2) Déterminons de la position du centre d'inertie G de la canne par rapport à G_1

$$m_1 \overrightarrow{GG_1} + m_2 \overrightarrow{GG_2} = \vec{0} \Leftrightarrow m_1 \overrightarrow{GG_1} + m_2 (\overrightarrow{GG_1} + \overrightarrow{G_1G_2}) = \vec{0}$$

$$(m_1 + m_2) \overrightarrow{GG_1} + m_2 \overrightarrow{G_1G_2} = \vec{0} \Leftrightarrow \overrightarrow{G_1G} = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times \overrightarrow{G_1G_2}$$

Les vecteurs $\overrightarrow{G_1G}$ et $\overrightarrow{G_1G_2}$ étant colinéaires et de même sens, on peut écrire :

$$G_1G = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times G_1G_2 \quad \text{avec } G_1G_2 = 1,2 + 30 \Leftrightarrow G_1G_2 = 31,2 \text{ cm}$$

$$\underline{\text{AN}}: G_1G = \frac{200}{300} \times 31,2 \Leftrightarrow G_1G = 20,8 \text{ cm}$$

3) Déterminons la position du centre d'inertie G de l'objet par rapport à un point A situé à l'extrémité de la tige.

$$m_1 \overrightarrow{GG_1} + m_2 \overrightarrow{GG_2} = \vec{0} \Leftrightarrow m_1 (\overrightarrow{GA} + \overrightarrow{AG_1}) + m_2 (\overrightarrow{GA} + \overrightarrow{AG_2}) = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{AG} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times \overrightarrow{AG_1} + \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times \overrightarrow{AG_2}$$

Les vecteurs \overrightarrow{AG} , $\overrightarrow{AG_1}$ et $\overrightarrow{AG_2}$ étant colinéaires et de même sens, on peut écrire :

$$AG = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \times AG_1 + \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times AG_2$$

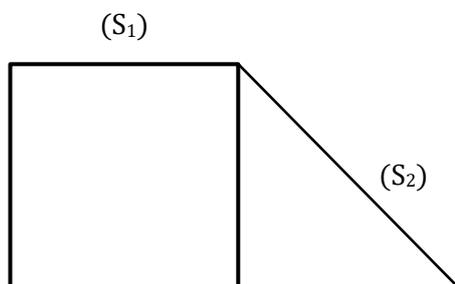
$$\underline{\text{AN}} \quad AG = \frac{100}{300} \times 61,2 + \frac{200}{300} \times 30$$

$$AG = 40,4 \text{ cm}$$

III. EXERCICES

EXERCICE 1

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

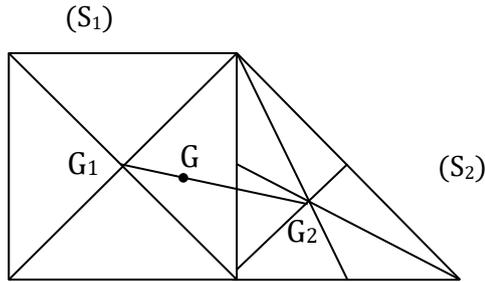


Reproduis-la à l'échelle 1 puis détermine son centre d'inertie.

Solution

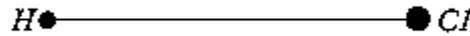
$$m_1 = 2m_2$$

$$G_1G = \frac{1}{3}G_1G_2$$



EXERCICE 2

Une molécule de chlorure d'hydrogène est composée d'un atome d'hydrogène de centre d'inertie G_1 et d'un atome de chlore de centre d'inertie G_2 . La longueur de leur liaison de covalence est 127,4 pm.



1-Indique le nom de l'atome le plus proche du centre d'inertie G de la molécule. Justifie.

2-Détermine le centre d'inertie G de cette molécule.

3-Place le point G sur à l'échelle 1 cm pour 25 pm.

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

Solution

1-l'atome de chlore car il a la plus grande masse molaire

2- Situons G par rapport à G_1

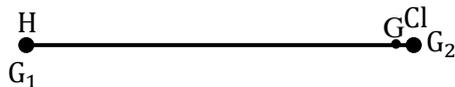
La molécule ne comporte qu'un atome d'hydrogène et un atome de chlore on peut établir la relation barycentrique avec les masses molaires.

$$M_H \overrightarrow{GG_1} + M_{Cl} \overrightarrow{GG_2} = \vec{0} \Leftrightarrow M_H \overrightarrow{GG_1} + M_{Cl} (\overrightarrow{GG_1} + \overrightarrow{G_1G_2}) = \vec{0}$$

$$\overrightarrow{G_1G} = \frac{M_{Cl}}{M_H + M_{Cl}} \times \overrightarrow{G_1G_2} \text{ ces vecteurs sont colinéaires et de même sens d'où :}$$

$$G_1G = \frac{M_{Cl}}{M_H + M_{Cl}} \times G_1G_2 \text{ AN: } G_1G = \frac{35,5}{36,5} \times 127,4 ; G_1G = 123,9 \text{ pm donc } G_1G = 4,9 \text{ cm à échelle donné}$$

3-



EXERCICE 3

Sur une route horizontale, verglacée, l'action du verglas sur les roues compense le poids d'une voiture. Dans ces conditions l'action de l'air est négligée.

Dans les situations décrites ci-dessous, dis en justifiant ta réponse si une voiture peut :

1-avancer à vitesse constante sur une route droite et horizontale.

2-ralentir, en freinant, sur cette même route.

3-prendre un virage.

Solution

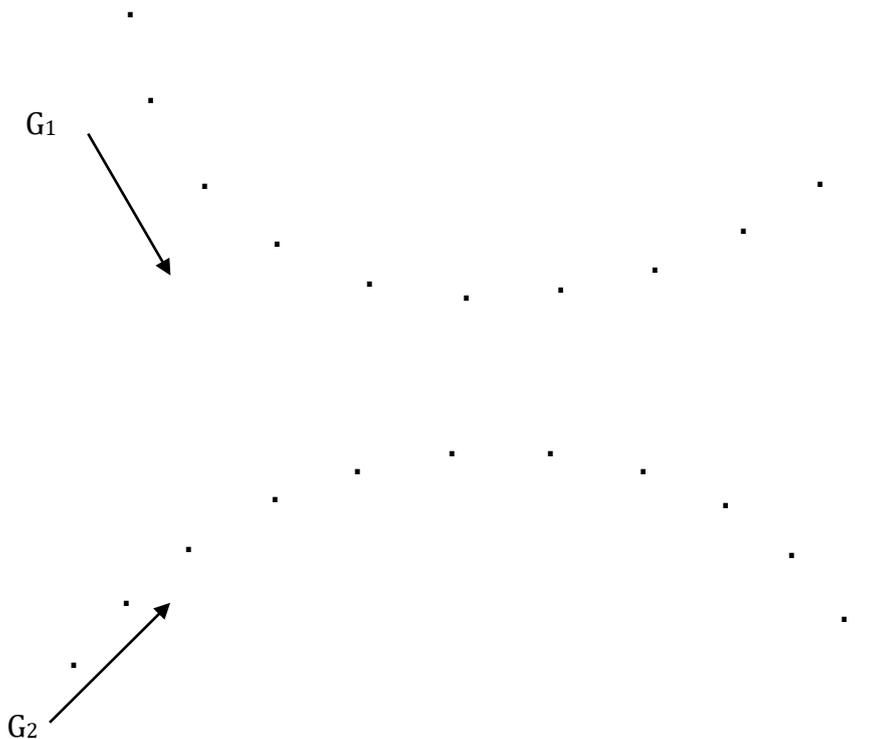
1 Oui, car les forces se compensent.

2. Non, car le verglas supprime les frottements entre la roue qui ralentit et la glace.

3. Non car la voiture suit le principe de l'inertie dans ce cas et son mouvement est rectiligne uniforme donc la voiture ne peut pas virer. Conclusion : il faut être très prudent et ralentir par temps de verglas

EXERCICE 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe de travail est chargé d'étudier les mouvements des centres d'inertie G_1 et G_2 de deux palets autoporteurs, indépendants, de masse m_1 et m_2 , lancés sur une table à cousin d'aire horizontale. Ils se rencontrent au cours d'un choc puis se séparent. Les positions de G_1 et G_2 sont marquées à intervalles de temps égaux τ (voir figure).



Données :

- ✓ $m_1 = 200 \text{ g}$; $m_2 = 600 \text{ g}$ $\tau = 40 \text{ ms}$;
- ✓ L'enregistrement obtenu est reproduit ci-dessous à l'échelle 1/3.

Tu es désigné pour faire le rapport

- 1) Détermine la trajectoire du centre d'inertie G du système constitué des deux palets.
- 2) Calcule la vitesse du point G et représente le vecteur vitesse \vec{v}_G
- 3) Déduis la nature de ce système.

Solution

1) Déterminons la trajectoire du centre d'inertie G du système constitué des deux palets

Soit G le centre d'inertie du système $G_1(m_1)$ et $G_2(m_2)$.

$$m_1 \overrightarrow{GG_1} + m_2 \overrightarrow{GG_2} = \vec{0} \text{ on a: } m_1 \overrightarrow{GG_1} + m_2 (\overrightarrow{GG_1} + \overrightarrow{G_1G_2}) = \vec{0}$$

$$(m_1 + m_2) \overrightarrow{GG_1} + m_2 \overrightarrow{G_1G_2} = \vec{0} \text{ donc } \overrightarrow{G_1G} = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times \overrightarrow{G_1G_2}$$

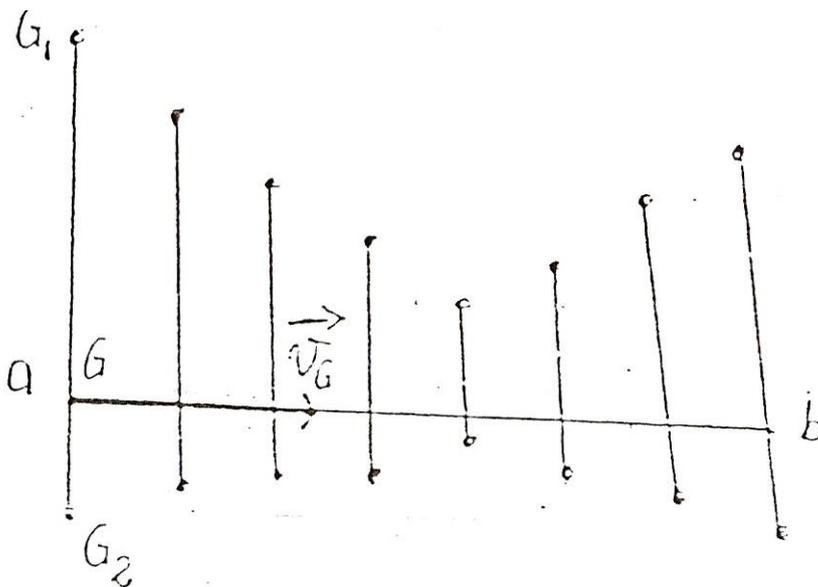
Les vecteurs $\overrightarrow{G_1G}$ et $\overrightarrow{G_1G_2}$ étant colinéaires et de même sens, on peut écrire :

$$G_1G = \frac{m_2}{(m_1 + m_2)} \times G_1G_2$$

AN: $G_1G = \frac{600}{800} \times G_1G_2$

$$G_1G = \frac{3}{4} G_1G_2$$

Pour chaque couple de position de G_1 et de G_2 , on place G au $\frac{3}{4}$ du vecteur $\overrightarrow{G_1G_2}$



La trajectoire de G est une droite. Les positions successives de G sont équidistantes.

Le mouvement de G est donc rectiligne uniforme.

2) Calculons la vitesse du point G et représentons le vecteur vitesse \vec{v}_G .

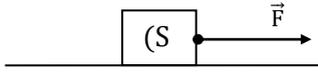
On peut calculer la vitesse de G en choisissant deux positions quelconques par exemple A et B.

$$V_G = \frac{AB}{\tau} \text{ AN: } V_G = ; V_G = 64,28 \text{ cm/s ou } V_G = 0,64 \text{ m/s}$$

3) Le système constitué par l'ensemble des deux palets est pseudo isolé puisque son centre d'inertie a un mouvement rectiligne uniforme (principe de l'inertie).

EXERCICE 5

Au cours d'une séance de travaux dirigés, votre professeur de Physique – Chimie propose à ton groupe le schéma ci-dessous .



Le solide (S) de masse $m = 300 \text{ g}$ se déplace à la vitesse constante sous l'action d'une force \vec{F} constante, horizontale d'intensité $F = 4 \text{ N}$.

Il vous est demandé de déterminer l'intensité de la réaction de la piste sur le solide.

Donnée : $g = 10 \text{ N/kg}$.

1-Énonce le principe de l'inertie.

2-Indique les 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.

corrigé

1. Le centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé :

- reste au repos s'il est au repos
- est animé d'un mouvement rectiligne uniforme s'il est en mouvement.

2. Système : solide de masse m

Bilan des forces : \vec{P} : poids du solide ; \vec{R} : réaction de la piste ; \vec{F} : force horizontale.

$$\vec{v} = \text{cste} \Rightarrow \sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

$$\text{soit } \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow \vec{R} = -(\vec{P} + \vec{F}).$$

Construisons \vec{P} et \vec{F} à l'échelle $1 \text{ cm} \rightarrow 2 \text{ N}$

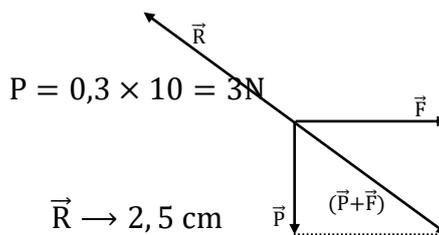
$$\vec{P} \rightarrow 1,5 \text{ cm et } \vec{F} \rightarrow 2 \text{ cm}$$

Mesurons \vec{R}

$$P = 0,3 \times 10 = 3 \text{ N}$$

$$\vec{R} \rightarrow 2,5 \text{ cm}$$

$$R = 2,5 \times 2 = 5 \text{ N}$$



IV. DOCUMENTATION

En physique, l'**inertie** d'un corps, dans un référentiel galiléen (dit *inertiel*), est sa tendance à conserver sa vitesse : en l'absence d'influence extérieure, tout corps ponctuel perdure dans un mouvement rectiligne uniforme. L'inertie est aussi appelée **principe d'inertie**, ou **loi d'inertie**, et, depuis Newton, première loi de Newton.

La notion d'inertie est encore considérée comme la norme en physique classique. La quantification de l'inertie est faite par la *deuxième loi de Newton*, ou principe fondamental de la dynamique : l'inertie étant fonction de la masse inerte du corps, plus celle-ci est grande, plus la force requise pour modifier son mouvement sera importante.

Si le corps est observé à partir d'un référentiel non inertiel, une force d'inertie a tendance à faire passer le corps de l'immobilité au mouvement et à éloigner le mouvement d'un trajet rectiligne uniforme. C'est une *force apparente*, ou *pseudo-force*, qui résulte directement de l'inertie du corps dans un référentiel inertiel par rapport auquel le référentiel non inertiel a un mouvement non linéaire ; elle se déduit des lois de Newton.

Le moment d'inertie est l'équivalent rotationnel de la masse inertielle, son existence et ses propriétés de physique classique se déduisent de l'application des lois de Newton. Le moment d'inertie permet d'expliquer la stabilité du vélo et de la toupie.

Avant Galilée, la théorie du mouvement est dans la philosophie occidentale dictée par la physique aristotélicienne qui ne connaît pas l'inertie, et n'est pas compatible avec celle-ci. Entre autres, l'état naturel d'un corps est l'immobilité en son « lieu naturel », et son « mouvement naturel » est d'y retourner (corps lourds ou « graves » vers le bas tels la terre et l'eau, corps légers vers le haut pour l'air et le feu) par une propriété interne de finalité ; tout autre mouvement est « violent » et nécessite un « moteur » continuellement appliqué pour être entretenu.

Cette conception aristotélicienne est présente également chez les théoriciens de l'*impetus*, inventé pour pallier les manquements des explications d'Aristote au sujet du comportement de projectiles divers: Jean Buridan reprend les idées anciennes de Jean Philopon, commentateur d'Aristote au VI^e siècle, et explique le mouvement, non plus par le contact entre un moteur et un mobile, mais par la possibilité pour le mouvement de conserver en lui un certain élan que le moteur assure au corps mû, et qu'il qualifie d'*impetus*. C'est la diminution de la force de l'*impetus* qui expliquerait la chute des corps. Cette théorie du mouvement est encore présente dans la première forme de pensée de Galilée (notamment dans son *De motu*); elle constitue un premier pas vers l'instauration du principe d'inertie. Mais Buridan va plus loin et précise cette thèse en expliquant que le corps dense, parce qu'il contient plus de matière relativement à son faible volume, peut expliquer pourquoi tel corps peut être lancé plus loin qu'un autre corps, premiers éléments de la théorie de la quantité de mouvement que défendra plus tard Descartes. Un disciple de Buridan, Albert de Saxe appliqua la théorie de l'*impetus* aux orbites célestes et proposa une nouvelle théorie de la « gravité » qui distingue entre la gravité d'un corps et celle de la Terre, provoquant un long débat auquel prendront part encore Léonard de Vinci, Girolamo Cardano et Bernard Palissy.

Le nom d'*inertie* est donné par Kepler à la tendance des corps à rester au repos, à s'opposer au mouvement, ce qui reste une conception aristotélicienne.

Le principe d'inertie est décrit dans les deux œuvres de Galilée, respectivement, en 1632 et en 1638 : *Le Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* et le *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica e i movimenti locali*.

Galilée abandonne la conception qualitative aristotélicienne et médiévale du cosmos, et préfère une conception platonicienne : pour lui, le langage de la nature est « géométrique ». Étudiant les travaux de ses prédécesseurs, dont Archimède, il abandonne l'*impetus* et décrit le *mouvement inertiel* (ainsi que la relativité du mouvement) sans jamais nommer ce phénomène. « [...] Galilée n'a pas formulé de *principe d'inertie*. Sur la route qui, du Cosmos bien ordonné de la science médiévale et antique, mène à l'Univers infini de la science classique, il n'est pas allé jusqu'au bout ».

Si la physique de Galilée est « implicitement » basée sur l'inertie, il est reconnu que c'est René Descartes qui aurait formulé le mieux l'inertie, dans ses « *Principes de la philosophie*, 2^e partie, §37 », et qui « pour la première fois, en a entièrement compris la portée et le sens ». Toutefois d'origine non précisée – mais il fut, selon toute vraisemblance, conçu sous l'influence de Isaac Beeckman, le principe cartésien, bien que formellement plus correct, a davantage le statut d'une affirmation philosophique générale que d'une proposition scientifique, intrinsèquement liée aux conditions qu'exige une théorie géométrisée du mouvement. Face au principe galiléen qui nous introduit dans la science moderne, son vrai domaine d'application reste la cosmologie philosophique. Par son association avec le concept d'une matière en soi indifférente au repos et au mouvement, Galilée est le précurseur direct du principe classique d'inertie, ouvrant la voie à une première théorie mathématisée du mouvement dont les résultats passeront intégralement dans la synthèse newtonienne. Quand Newton, dans le Scholium qui suit l'énoncé des définitions et des lois du mouvement, dans la première partie de ses *Principia Mathematica*, attribue à Galilée la découverte de la première loi (le principe d'inertie), sans mentionner Descartes, il prend acte à sa manière de cette situation qu'en lecteur attentif des Principes il a dû parfaitement percevoir.

C'est Jean-Baptiste Baliani, disciple de Galilée qui généralise et énonce le principe d'inertie comme loi fondamentale du mouvement, formulé comme suit:

« Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite, à moins qu'il ne soit contraint, par des forces s'imprimant sur lui, à changer cet état. »

Isaac Newton s'inspire des écrits de Galilée et Descartes pour l'énoncé de la *première loi* de ses *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* publiés en 1686. Sa formulation de l'inertie, bien que volontairement distincte de celle de Kepler, reste attachée aux anciennes conceptions par l'utilisation d'une « force inhérente à la

matière » pour expliquer le mouvement inertiel ; près d'un siècle supplémentaire sera nécessaire pour qu'une formulation soit exempte d'une telle « force inertielle », sous la plume de Léonard Euler.

« La force inhérente à la matière (*vis insita*) est le pouvoir qu'elle a de résister. C'est par cette force que tout corps persévère de lui-même dans son état actuel de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite. »

— Isaac Newton, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*

Christian Huygens définit les notions de force centrifuge (force d'inertie d'un objet en rotation dans des référentiels non inertiels) et de moment d'inertie.

En 1835, Gaspard-Gustave Coriolis décrit mathématiquement dans son article *Sur les équations du mouvement relatif des systèmes de corps* une autre force inertielle, la force de Coriolis.

Niveau 2nde C

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME 1 : MÉCANIQUE

TITRE DE LA LEÇON : QUANTITÉ DE MOUVEMENT

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

II. CONTENU DE LA LEÇON

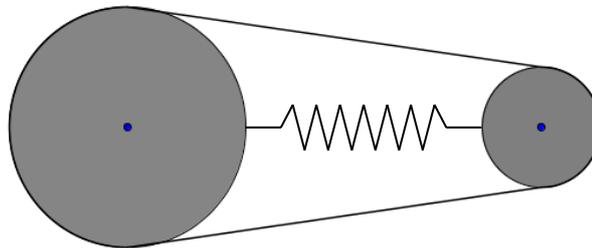
1-LE VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT

1.1-Expérience et observations

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

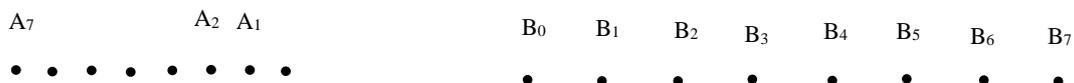
S_1 et S_2 de centres d'inertie respectifs A et B, reliés par 2 fils et un ressort (voir figure).

$$m_2 = 2 m_1$$



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

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



1.2- Exploitation du document 1

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

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

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

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

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

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

1.3- Définition

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

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

➤ Caractéristiques de \vec{p}

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

Sa norme est :

$$p = m V_G$$

$m \cdot s^{-1}$

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

Remarque

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

Activité d'application

Calcule la quantité de mouvement.

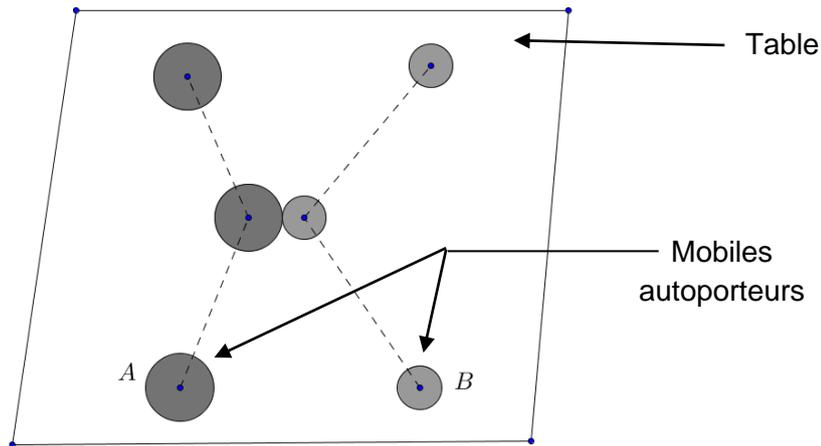
- d'une automobile de masse $m = 900 \text{ kg}$ lancée à la vitesse $V = 108 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
- d'un proton de masse $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ se déplaçant à la vitesse $v = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$

Solution :

- $P = m \cdot v = 900 \times 108000/3600 = 27 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- $P = m \cdot v = 1,67 \cdot 10^{-27} \times 2 \cdot 10^6 = 3,34 \cdot 10^{-21} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

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

2.1- Expérience et observations



Etude d'un choc

On obtient l'enregistrement du document 2

2.2- Exploitation du document 2

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

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

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

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

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

Système	Avant le choc (t ₃)			Après le choc (t ₉)		
	v	p	L(p)	v'	p'	L(p')
A (100g)	0,312m/s	0,0312 SI	3,12 cm	0,212m/s	0,0212 SI	2,12 cm
B (50g)	0,362m/s	0,0181 SI	1,81 cm	0,275m/s	0,0137 SI	1,37 cm
A+B(150g)	0,237m/s	0,0355 SI	3,55 cm	0,237m/s	0,0355 SI	3,55 cm

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

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

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

2.3- Conclusion

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

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

3- CONSERVATION DU VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT

3.1- Exploitation du document 3

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

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

3.2- Conclusion

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

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

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

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

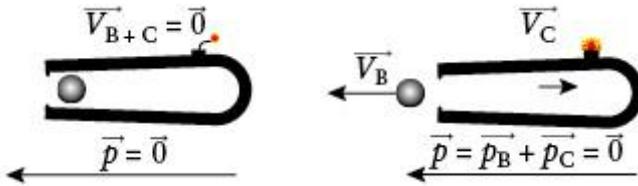
$$V = 1\,000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

- 1- Dis ce que l'on observe.
- 2- Calcule la vitesse de recul du canon.

Corrigé

1 On observe que le canon recule dans le sens opposé à celui de l'éjection du boulet.

2 On peut faire un schéma, avant le tir et après le tir.



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

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

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

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

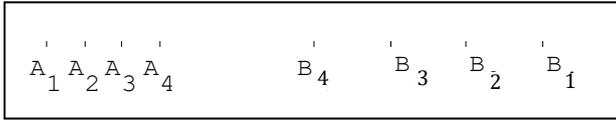
$$(m + M) \times 0 = 0 = mv_B - Mv_C.$$

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

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

SITUATION D'ÉVALUATION

A l'occasion du cinquantenaire d'un Lycée, le conseil d'enseignement de physique-chimie organise un concours afin de primer les trois meilleurs élèves. L'enregistrement ci-dessous du mouvement de deux mobiles autoporteurs identiques A et B est à cet effet soumis aux candidats.



Les différentes positions des mobiles sont enregistrées sur une table à coussin d'air, à intervalles de temps réguliers $\tau = 40$ ms.

Il est demandé aux candidats de représenter les vecteurs quantités de mouvement des mobiles après le choc. Le choc étant mou.

Tu es candidat et tu veux être primé.

1-Définis le vecteur – quantité de mouvement d'un solide.

2-Détermine avant la collision:

2-1-la nature du mouvement de chaque mobile;

2-2-la vitesse de chaque mobile aux points A₂ et B₂;

2-3-la valeur du vecteur - quantité de mouvement de chaque mobile ;

2-4-la quantité de mouvement du système formé par les deux mobiles.

3-Détermine la vitesse du centre d'inertie de l'ensemble après le choc.

4-Représente à une échelle convenable :

4-1-le vecteur - quantité de mouvement de A avant la collision ;

4-2-le vecteur-vitesse du système formé par les deux mobiles après la collision.

Corrigé

1. 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.

2

2.1 Nature du mouvement

- Solide A : distance entre les points $A_1A_2 = A_2A_3 = 0,5$ cm : mouvement rectiligne et uniforme

- Solide B : distance entre les points $B_1B_2 = B_2B_3 = 1$ cm : mouvement rectiligne et uniforme.

2.2 Calcul de vitesses

$$v_A = \frac{A_1A_3}{2\tau} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{2 \times 40^{-3}} = 0,125 \text{ m/s}$$
$$v_B = \frac{B_1B_3}{2\tau} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \times 40^{-3}} = 0,25 \text{ m/s}$$

2.3 Valeur de \vec{P}_A et \vec{P}_B

$$P_A = mv_A = 0,61 \times 0,125$$
$$P_A = 0,076 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$P_B = mv_B = 0,61 \times 0,25$$
$$P_B = 0,1525 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2.4 Avant le choc

$$\vec{P} = \vec{P}_A + \vec{P}_B = m(\vec{v}_A + \vec{v}_B)$$

$$P = m(v_B - v_A)$$

$$P = 0,61(0,25 - 0,125)$$

$$P = 0,076 \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

3. Après le choc

$$\vec{P}' = 2m\vec{v}_G$$

Conservation

$$\vec{P} = \vec{P}'$$

$$2mv_G = 0,076$$

$$v_G = \frac{0,076}{2m} = \frac{0,076}{2 \times 0,61}$$

$$v_G = 0,06 \text{ m/s} \quad L_{\vec{P}} = 2 \text{ cm}$$

4.

4.1 et 4.2 : représentation

$$1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,03 \text{ kg.m.s}^{-1}$$

$$L_{\vec{P}_A} = 2,53 \text{ cm}$$



III. EXERCICES

EXERCICE 1

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

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

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

Solution

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

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

EXERCICE 2

Pour chacune des propositions suivantes :

Une locomotive de 40.000 kg roulant à 36 km/h heurte un wagon immobile de 20.000 kg

1-La quantité de mouvement de la locomotive avant le choc est :

a- 4.10^5 kg.m/s

b- $1,44.10^6 \text{ kg.m/s}$

c- $7,2.10^4 \text{ kg.m/s}$

2-La quantité de mouvement du wagon avant le choc est :

a- $2 \cdot 10^5 \text{ kg.m/s}$

b- $4 \cdot 10^5 \text{ kg.m/s}$

c- 0 kg.m/s

3-La quantité de mouvement de la locomotive et du wagon avant le choc est :

a- $1,44 \cdot 10^6 \text{ kg.m/s}$

b- $4 \cdot 10^5 \text{ kg.m/s}$

c- 0 kg.m/s

4-La vitesse du centre d'inertie de l'ensemble locomotive + wagon après le choc est :

a- 24 m/s

b- 36 m/s

c- $6,67 \text{ m/s}$

Ecris le numéro suivi de la lettre correspondant à la bonne réponse.

Corrigé

1-a ; 2-c ; 3-b ; 4-c

EXERCICE 3

Au cours de la kermesse organisée par le conseil scolaire de ton établissement, tu observes avec ton ami, deux patineurs de masses $m_1 = 50 \text{ kg}$ et $m_2 = 20 \text{ kg}$. Initialement au repos, sur un sol lisse et horizontal, les deux patineurs se poussent mutuellement et se séparent. Après s'être séparés, les vitesses de leur centre d'inertie sont $v_1 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ et v_2 .

Ton ami te propose de t'associer à lui pour calculer la vitesse v_2 .

1-Énonce la loi de conservation du vecteur - quantité de mouvement.

2-Etablis la relation entre v_1 et v_2 .

3-Calcule v_2 .

4-Détermine, en considérant que les vitesses des patineurs sont constantes, la distance parcourue par chacun d'eux après

CORRIGE

deux patineurs $\boxed{1} \left\{ \begin{matrix} m_1 \\ v_1 = 2 \text{ m/s} \end{matrix} \right. \boxed{2} \left\{ \begin{matrix} m_2 \\ v_2 \end{matrix} \right.$

1. $\vec{P} = \vec{P}'$

2. $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = \vec{0}$

soit $\vec{v}_2 = -\frac{m_1}{m_2} \vec{v}_1$

3. $v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1$

$$v_2 = \frac{5}{2} \times 2$$

$$v_2 = 5 \text{ m/s}$$

4. distance

$$d_1 = v_1 \Delta t = 2 \times 10$$

$$d_1 = 20 \text{ m}$$

$$d_2 = v_2 \Delta t = 5 \times 10$$

$$d_2 = 50 \text{ m}$$

EXERCICE 4

Au cours de la kermesse organisée par le conseil scolaire de ton établissement, tu observes avec ton ami, deux patineurs de masses $m_1 = 50 \text{ kg}$ et $m_2 = 20 \text{ kg}$. Initialement au repos, sur un sol lisse et horizontal, les deux patineurs se poussent mutuellement et se séparent. Après s'être séparés, les vitesses de leur centre d'inertie sont $v_1 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ et v_2 .

Ton ami te propose de t'associer à lui pour calculer la vitesse v_2 .

1-Énonce la loi de conservation du vecteur - quantité de mouvement.

2-Etablis la relation entre v_1 et v_2 .

3-Calculer v_2 .

4-Déterminer, en considérant que les vitesses des patineurs sont constantes, la distance parcourue par chacun d'eux après

CORRIGE

deux patineurs $\boxed{1} \left\{ \begin{matrix} m_1 \\ v_1 = 2m/s \end{matrix} \right. \boxed{2} \left\{ \begin{matrix} m_2 \\ v_2 \end{matrix} \right.$

1. $\vec{P} = \vec{P}'$

2. $\Rightarrow 0 = m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2$

soit $\vec{v}_2 = -\frac{m_1}{m_2}\vec{v}_1$

3. $v_2 = \frac{m_1}{m_2}v_1$

$$v_2 = \frac{5}{2} \times 2$$

$$v_2 = 5m/s$$

4.Distance

$$d_1 = v_1\Delta t = 2 \times 10$$

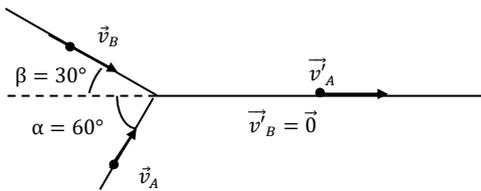
$$d_1 = 20m$$

$$d_2 = v_2\Delta t = 5 \times 10$$

$$d_2 = 50m$$

EXERCICE 5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur lance deux mobiles identiques A et B avec des vitesses respectives $v_A = 0,8 \text{ m.s}^{-1}$ et v_B , dans le plan horizontal, sur une table à coussin d'air. Le mouvement des centres d'inertie des mobiles est rectiligne et uniforme. Ils se heurtent à angle droit. Le mobile B reste immobile après le choc alors que A se déplace avec une vitesse v'_A .



Il vous est demandé de déterminer après le choc les vitesses v_B et v'_A .

1-Énonce la loi de conservation du vecteur - quantité de mouvement.

2-Exprime le vecteur - quantité de mouvement de l'ensemble formé par les deux boules :

2-1-avant le choc ;

2-2-après le choc.

3-Détermine les valeurs des vitesses v_B et v'_A .

Corrigé

2-Avant le choc : $\vec{P} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 = m\vec{v}_A + m\vec{v}_B$

-Après le choc : $\vec{P}' = \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2 = m\vec{v}'_A + m\vec{v}'_B = m\vec{v}'_A$

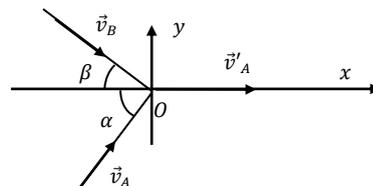
-Conservation de la quantité de mouvement

$$\vec{P} = \vec{P}' \Rightarrow m\vec{v}_A + m\vec{v}_B = m\vec{v}'_A \Rightarrow$$

$$\vec{v}'_A = \vec{v}_A + \vec{v}_B$$

$$\vec{v}'_A \begin{pmatrix} v'_A \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{v}_a \begin{pmatrix} v_A \cos \alpha \\ v_A \sin \alpha \end{pmatrix}$$



$$\vec{v}_B \begin{pmatrix} v_B \cos \beta \\ -v_B \sin \beta \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} v'_A = v_A \cos \alpha + v_B \cos \beta & (1) \\ v_A \sin \alpha = v_B \sin \beta & (2) \end{cases}$$

$$(2) \Rightarrow v_B = \frac{v_A \sin \alpha}{\sin \beta}; \text{AN: } v_B = 1,38 \text{ m/s}$$

$$(1) \Rightarrow v'_A = v_A \cos \alpha + v_B \cos \beta; \text{AN: } v'_A = 1,6 \text{ m/s}$$

IV. DOCUMENTATION

En physique, la **quantité de mouvement** est la grandeur physique associée à la vitesse et la masse d'un objet. La quantité de mouvement d'un système fait partie, avec l'énergie, des valeurs qui se conservent lors des interactions entre éléments du système. Cette loi, d'abord empirique, a été expliquée par le **théorème de Noether** et est liée à la symétrie des équations de la physique par translation dans l'espace. Le terme anglais est *momentum*, et parfois on emploie le terme **moment** (ainsi le *4-moment* en mécanique relativiste).

1.1. Quantité de mouvement en mécanique classique

En mécanique classique, la **quantité de mouvement** d'un point matériel de masse m animé d'une vitesse \vec{v} , est définie comme produit de la masse et de la vitesse :

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

C'est donc, comme la vitesse, une grandeur vectorielle.

L'unité SI de la quantité de mouvement est le $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Impulsion

La quantité de mouvement ne doit pas être confondue avec l'impulsion (faux-ami anglosaxon). Une impulsion \mathbf{I} modifie la quantité de mouvement. Une impulsion est calculée comme étant l'intégrale de la force en fonction de la durée.

Quantité de mouvement d'un système : théorème du centre d'inertie

En mécanique classique, l'application des lois de Newton permet de démontrer le théorème du centre d'inertie qui apparaît comme la généralisation de la seconde loi de Newton pour un système quelconque (solide ou ensemble de points matériels, ensemble de solides) :

Si M désigne la masse totale du système et G son centre d'inertie, alors, la quantité de mouvement du système

$$\text{est : } \vec{P} = M\vec{V}_G$$

\vec{V}_G désignant donc la vitesse du centre d'inertie du système et M la masse totale du système.

Le théorème s'énonce alors ainsi : la variation de la quantité de mouvement du système est égale à la somme des

$$\text{forces extérieures s'exerçant sur le système : } \frac{d\vec{P}}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$$

Cette relation est évidemment fondamentale : c'est elle qui permet d'étudier le mouvement d'un solide sans avoir besoin de connaître les forces de liaison interatomique ! On peut ainsi aussi bien étudier la chute d'une pomme que le mouvement de la lune autour de la Terre...

Un cas particulier important : si l'on imagine le choc de deux objets (ou particules) pour lequel les forces extérieures (au système constitué de ces 2 objets) est nulle (ou négligeable) alors la quantité de mouvement totale se conserve : elle est la même après le choc qu'avant le choc, et ce en dépit des interactions qui ont eu lieu pendant le choc. C'est d'ailleurs l'étude des chocs qui a conduit Descartes à penser qu'une certaine *quantité* du mouvement était nécessairement conservée...

Niveau :2nde C

Discipline : PHYSIQUE- CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME : ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

TITRE DE LA Leçon : INTENSITE D'UN COURANT CON ITINU

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

II. CONTENU DE LA LECON

1- MESURE DE L'INTENSITE DU COURANT

1.1. Quantité d'électricité

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

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

Q et q sont en coulomb (C).

REMARQUE

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

1.1. Définition de l'intensité du courant électrique

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

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

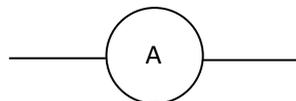
I en ampère (A), Q en coulomb (C) et Δt en seconde (s).

1.2. Instrument de mesure

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

REMARQUE :

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

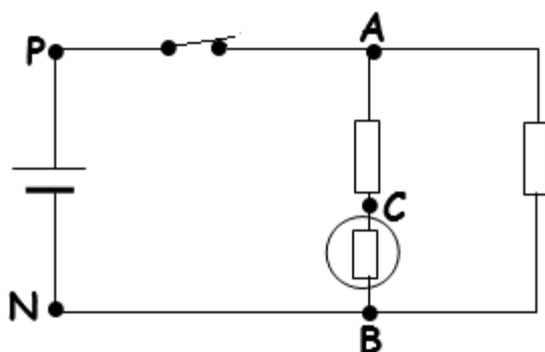


- Calcul de l'intensité I dans le cas d'un ampèremètre à aiguille.

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

2. PROPRIETES DU COURANT ELECTRIQUE

2.1. Définitions



- Nœud d'un circuit

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

EX : A et B sont des nœuds.

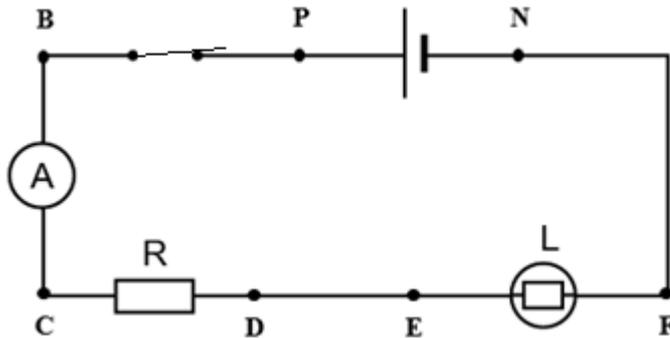
- Branche d'un circuit

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

Exemple : APNB et ACB sont des branches.

2.2. Intensité dans une branche

2.2.1. Montage expérimental



2.2.2. Résultats

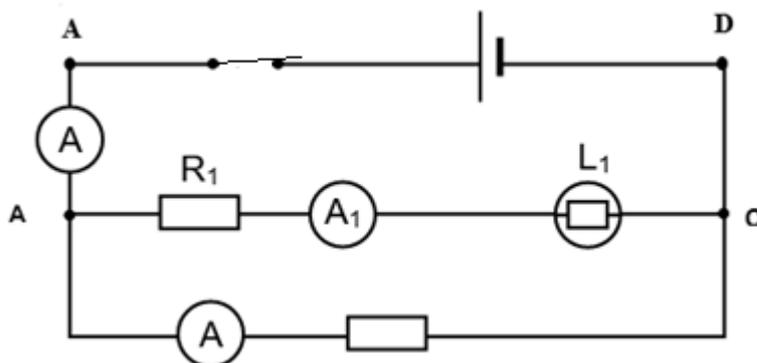
Place de l'ampèremètre	Entre B et C	Entre D et E	Entre F et N
Intensité mesurée	0,12 A	0,12 A	0,12A

2.2.3. Conclusion

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

2.3. Loi des nœuds

2.3.1. Montage expérimental



2.3.2. Résultats et Interprétation

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

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

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

Donc $I = I_1 + I_2$

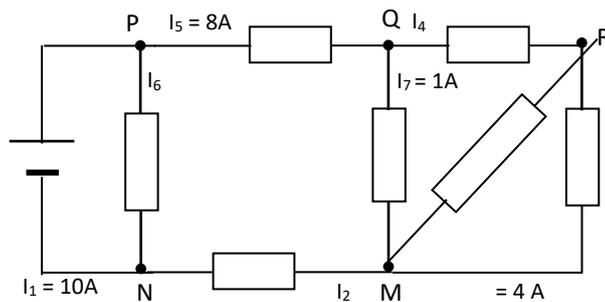
2.3.3. Conclusion

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

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

SITUATION D'EVALUATION

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



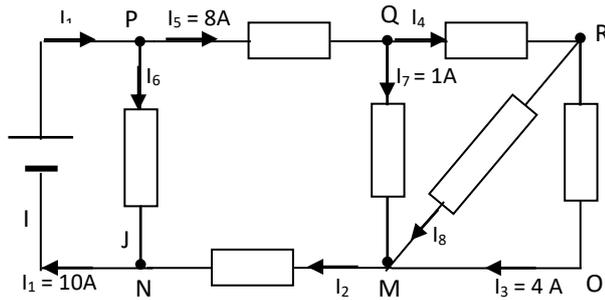
Tu décides alors d'appliquer les lois des intensités du courant continu en vue de retrouver ces valeurs.

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

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

SOLUTION

1. Le nœuds sont : P, N, Q, M et R.
Les branches sont : PIN, PJN, PQ, NM, QM, QR,MR et ROM.
2. Sens du courant dans chaque branche :



K

3. Nombre d'électrons fournis par le générateur en 5s

$$I_1 = \frac{Q}{\Delta t} \quad Q = I_1 \Delta t = ne \quad n = \frac{I_1 \Delta t}{e} \text{ AN : } n = \frac{10 \times 5}{1,6 \cdot 10^{-19}} \quad n = 3,125 \cdot 10^{20}$$

4. Intensités des courants inconnues

$$\text{Au nœud P : } I_6 = I_1 - I_5 \quad \text{AN : } I_6 = 10 - 8 = 2\text{A}$$

$$\text{Au nœud N : } I_2 = I_1 - I_6 \quad \text{AN : } I_2 = 10 - 8 = 2\text{A}$$

$$\text{Au nœud Q : } I_4 = I_5 - I_7 \quad \text{AN : } I_4 = 8 - 1 = 7\text{A}$$

$$\text{Au nœud M : } I_8 = I_2 - I_7 - I_4 \quad \text{AN : } I_8 = 8 - 1 - 4 = 3\text{A}$$

III. EXERCICES

Exercice 1

Détermine la quantité d'électricité transportée par :

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

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

Solution

Pour 1 mol d'électrons : $Q = N_A e$

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

Exercice 2

1- Détermine le nombre d'électrons qui traversent la section d'un conducteur métallique pour que la charge transportée par le courant soit $Q = 10 \mu\text{C}$. ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{C}$)

2- La durée du transfert est $t = 1 \text{ms}$. Calcule l'intensité du courant.

Charge de l'électron : $-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$

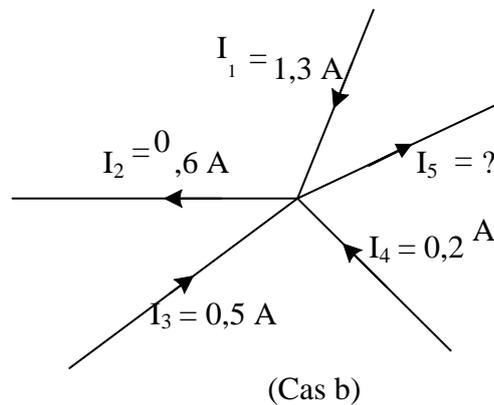
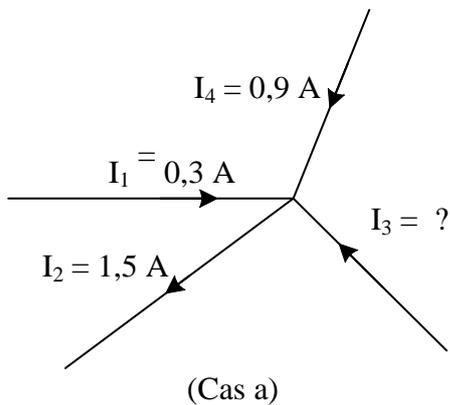
Solution

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

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

Exercice 3

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



Solution

Calcul des intensités

Cas a

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 \quad I_3 = I_2 - I_1 - I_4 \quad \text{AN : } I_3 = 1,5 - 0,3 - 0,9 = 0,3 \text{ A.}$$

Cas b

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5 \quad I_5 = I_1 + I_3 + I_4 - I_2 \quad \text{AN : } I_5 = 1,3 + 0,5 + 0,2 - 0,6 = 1,4 \text{ A.}$$

Exercice 4

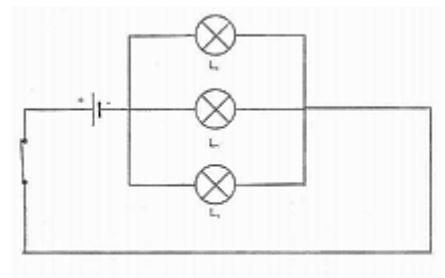
Votre classe de seconde C vient de découvrir avec son professeur de Physique-Chimie les lois du courant électrique. Afin de consolider vos acquis, vous entreprenez de vérifier la loi des nœuds. Chaque groupe d'élèves dispose de 4 ampèremètres identiques ayant les calibres : 5 A ; 1 A ; 0,1 A ; 10 mA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

Votre groupe trouve :

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

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

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



calibre 1 A.

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

Tu es désigné pour exposer le travail de ton groupe.

1.1 Reproduis le schéma du montage en plaçant correctement les quatre ampèremètres.

1.2 Précise les sens du courant dans chaque branche.

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

3.

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

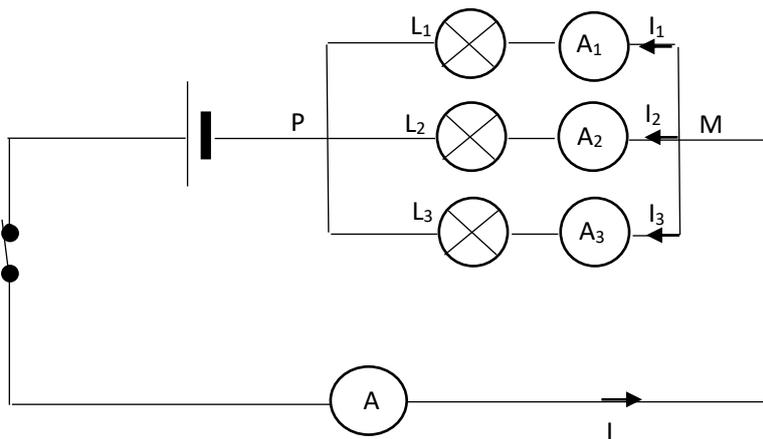
3.2 Précise pour chaque ampèremètre le bon calibre.

4. Montre que la loi des nœuds est vérifiée.

Solution

1.

2. Position des ampèremètres dans le circuit



3. Sens du courant (voir schéma ci-dessus)

2. Calcul de I_3

$$I_3 = \frac{n \times C}{E} I_3 = \frac{65 \times 1}{100} I_3 = 0,65 \text{ A}$$

3.

3.1. Non, le calibre 0,1A n'est pas adapté car sa valeur est inférieure à celle des intensités mesurées.

3.2. le bon calibre pour chaque ampèremètre

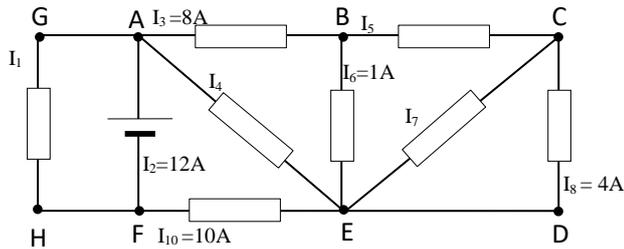
A : 5A ; A_1 : 1A ; A_2 : 1A ; A_3 : 1A

4. Vérification de la loi des nœuds

Au nœud M, $I_1 + I_2 + I_3 = 0,5 + 0,25 + 0,65 = 1,4 \text{ A} = I$; la loi de nœuds est vérifiée.

Exercice 5

Un groupe d'élèves de 2nde C qui prépare son prochain devoir de Physique découvre le montage suivant dans leur livre.



Les élèves souhaitent déterminer les intensités inconnues des courants dans le circuit.

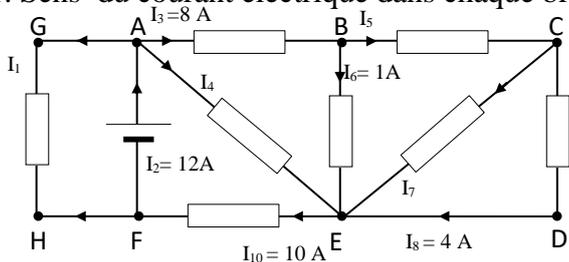
Donnée : La charge élémentaire : $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.

Eprouvant des difficultés, ils sollicitent ton aide

1. Énonce les lois du courant continu :
 - 1.1 dans un circuit série ;
 - 1.2 dans un circuit avec dérivation.
2. Indique le sens du courant électrique dans chaque branche.
3. Détermine les intensités I_1 , I_4 , I_5 et I_7 .
4. Détermine :
 - 1.1. le débit d'électrons fournis par le générateur ;
 - 1.2. la quantité d'électricité débitée pendant une heure de fonctionnement.

Solution

1. Sens du courant électrique dans chaque branche :



2. Détermination des intensités inconnues:

$$\text{Nœud B : } I_3 = I_5 + I_6 \Rightarrow I_5 = I_3 - I_6 = 7 \text{ A}$$

$$\text{Nœud C : } I_5 = I_7 + I_8 \Rightarrow I_7 = I_5 - I_8 = 3 \text{ A}$$

$$\text{Nœud E : } I_{10} = I_4 + I_6 + I_7 + I_8 \Rightarrow I_4 = I_{10} - (I_6 + I_7 + I_8) = 2 \text{ A}$$

$$\text{Nœud A : } I_2 = I_1 + I_3 + I_4 \Rightarrow I_1 = I_2 - (I_3 + I_4) = 2 \text{ A}$$

$$\text{ou nœud F : } I_1 = I_2 - I_{10} = 2 \text{ A}$$

3. Le débit d'électrons fournis par le générateur:

$$I = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{n \cdot e}{\Delta t} = D \cdot e \text{ avec } D = \frac{n}{\Delta t} : \text{débit}$$

$$\Rightarrow D = \frac{I}{e} = 7,5 \cdot 10^{19} \text{ électrons /s.}$$

IV. DOCUMENTS

rdre de grandeur	Dispositif
1 mA	Seuil de perception
10 mA	DEL commune
100 mA	Électrocution.
1 A	Lampe à incandescence
10 A	Radiateur 2 000 W
100 A	Démarreur automobile
1 kA	Moteur de locomotive
10 kA	éclair négatif ⁴
100 kA	éclair positif ⁴

Niveau : 2^{ndes}AC

Discipline :

PHYSIQUE-CHIMIE

CÔTE D'IVOIRE – ÉCOLE NUMÉRIQUE



THÈME : ÉLECTRICITÉ ET ÉLECTRONIQUE

TITRE DE LA LEÇON : TENSION ELECTRIQUE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

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

II. CONTENU DE LA LEÇON

1- NOTION DE TENSION ÉLECTRIQUE

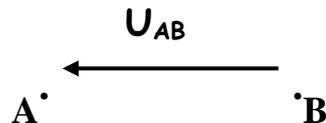
1.1- Mise en évidence de la tension

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

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

1.2- Représentation d'une tension

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



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

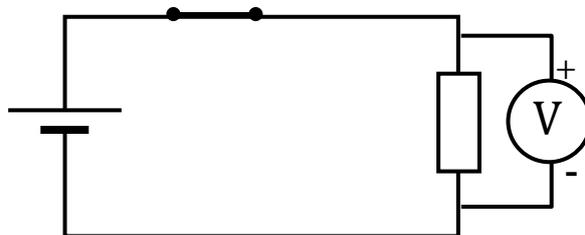
1.3- Mesure des tensions

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

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

Tous ces appareils se branchent en dérivation dans le circuit électrique aux bornes du dipôle dont on mesure la tension à ses bornes.

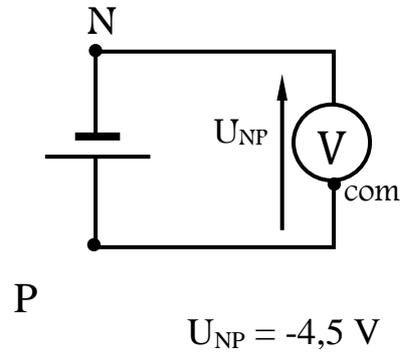
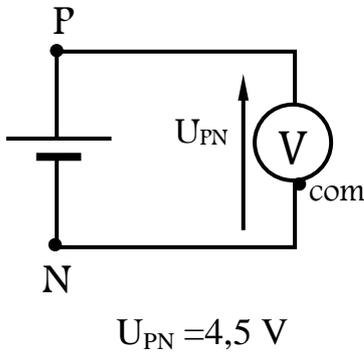
L'unité de la tension est le volt (V).



1.4- Ordre de grandeur de quelques tensions

	Éclair	Batterie de voiture	Pile électrique	Haute tension
Tension	10 ⁸ V	12V ; 24 V	1,5V ; 4,5 V ; 9 V	540 kV

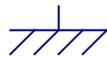
1.5- Caractère algébrique de la tension



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

1.6- La masse d'un circuit

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

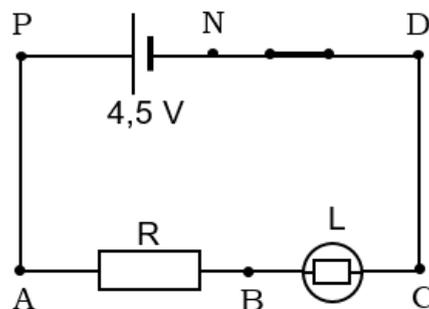


La plupart du temps, la masse est reliée à la carcasse métallique de l'appareil.

2- LOI DES TENSIONS CONTINUES

2.1- Additivité des tensions

2.1.1- Montage expérimental



2.1.2- Tableau de mesure

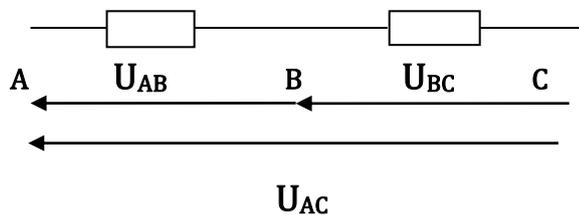
Tension mesurée	U_{PN}	U_{DN}	U_{CD}	U_{AB}	U_{BC}	U_{AC}
Circuit ouvert	4,8 V	4,78 V	0 V	0 V	0 V	0 V
Circuit fermé	4,8 V	0 V	0 V	1,65 V	3,12 V	4,78 V

2.1.3- Exploitation des mesures

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

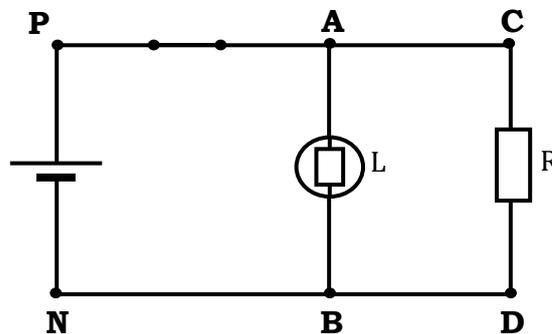
2.1.4- Conclusion

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



2.2- Cas de dipôles montées en dérivation

2.2.1- Montage expérimental



2.2.2- Résultats

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

2.2.3- Exploitation des résultats

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

2.2.4- Conclusion

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

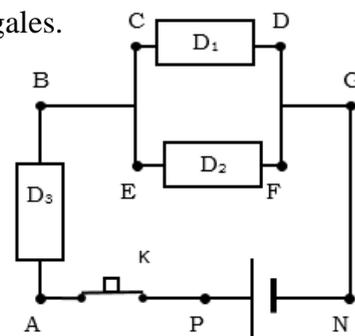
Activité d'application

On considère le montage ci-contre

On a mesuré :

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

Calculer U_{EF} et U_{AB} .



Corrigé

*Calcul de la tension U_{EF} : les dipôles D_1 et D_2 sont en dérivation ; alors $U_{EF} = U_{CD} = 4,3 \text{ V}$

*Calcul de la tension U_{AB} : $U_{AB} = U_{AP} + U_{PN} + U_{NG} + U_{GD} + U_{DC} + U_{CB}$

L'interrupteur étant fermé, $U_{AP} = 0\text{V}$.

Les tensions aux bornes des fils de connexion étant nulles, $U_{NG} = U_{GD} = U_{DC} = U_{CB} = 0\text{V}$

Donc $U_{AB} = U_{PN} + U_{DC}$ avec $U_{DC} = - U_{CD} = -4,3\text{V}$

$$U_{AB} = 9,0 + (-4,3) = 4,7 \text{ V}$$

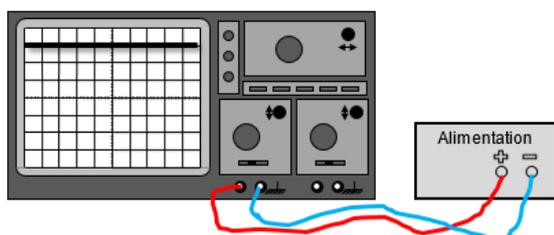
3-VISUALISATION ET MESURE D'UNE TENSION A L'OSCILLOSCOPE

3.1- Description et fonctionnement d'un oscilloscope

(Voir document annexe)

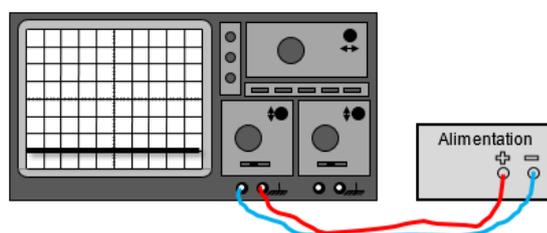
3.2- Mesure d'une tension continue à l'oscilloscope

3.2.1-Expériences et observations



Déviations du spot vers le haut :

Tension positive ($U > 0$)



Déviations du spot vers le bas :

Tension négative ($U < 0$)

3.2.2- Conclusion

La déviation verticale est proportionnelle à la tension mesurée.

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

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

d : déviation verticale du spot mesurée en cm ou en division

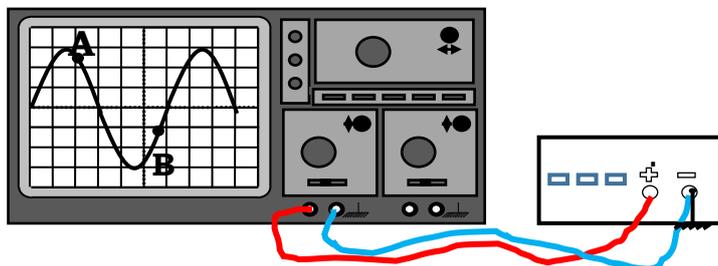
s_v : sensibilité verticale en V/ cm ou en V/division

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

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

3.3- Mesure d'une tension variable

3.3.1- Mise en évidence expérimentale d'une tension variable



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

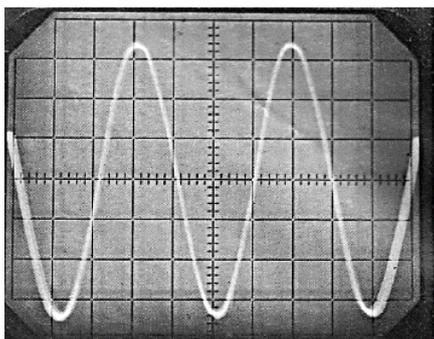
3.3.2- Définition

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

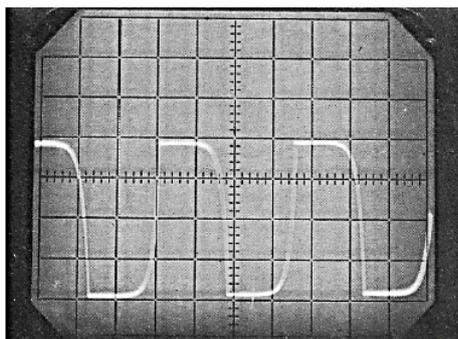
Remarque : Les tensions variables sont fournies par :

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

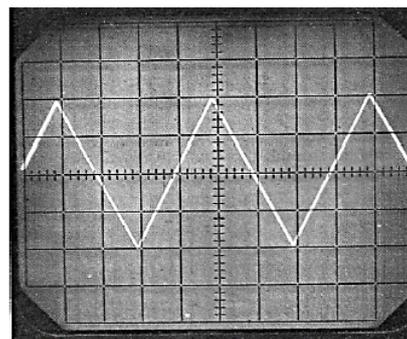
3.3.3- Exemples de tensions variables



Tension sinusoïdale



Tension rectangulaire



Tension triangulaire

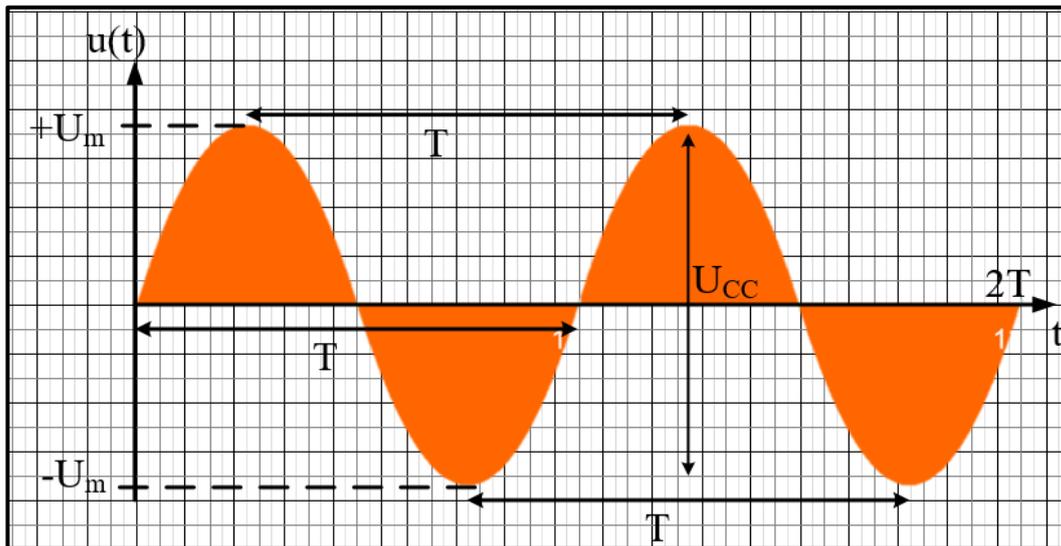
3.4- Caractéristiques d'une tension sinusoïdale

3.4.1- Définition

La tension sinusoïdale est une tension périodique et alternative

3.4.2- Sa période et sa fréquence

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



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

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

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

3.4. 3- Sa valeur maximale et sa valeur efficace

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

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

3.4.4- Relation entre tension maximale et tension efficace

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

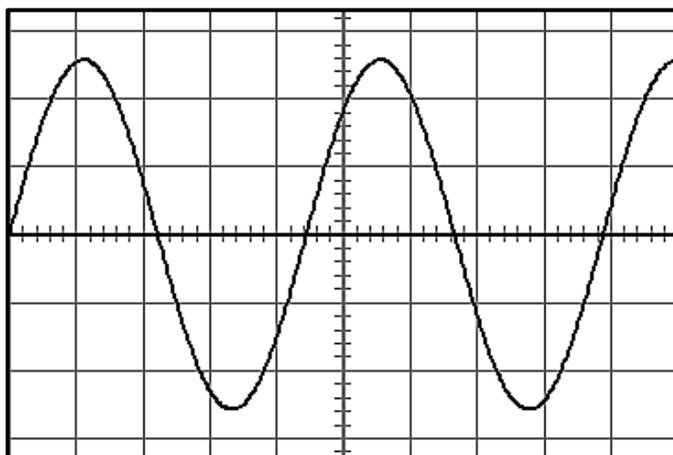
$$U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}}$$

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

Activité d'application

Détermine U_m ; U ; T et N

$$s_v = 2V/div ; b = 1ms/div$$



Corrigé

*Détermination de la tension maximale U_m

La tension crête à crête vaut :

$$U_{cc} = S_v \times d_v = 2V/div \times 5,2div = 10,4V$$

$$\text{On a : } U_m = \frac{U_{cc}}{2} = \frac{10,4}{2} \underline{U_m = 5,2V}$$

*Détermination de la tension efficace U

$$\text{On a : } U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{5,2}{\sqrt{2}} \underline{U = 3,7V}$$

*Détermination de la période T

$$T = b \times d_h = 2 \text{ ms/div} \times 8 \text{ div} = \underline{16 \text{ ms}}$$

*Détermination de la fréquence N

$$\text{On a : } N = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,016} \underline{N = 62,5 \text{ Hz}}$$

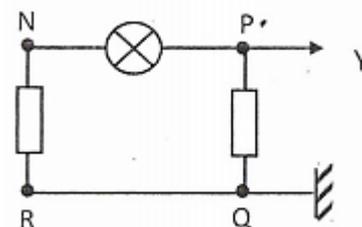
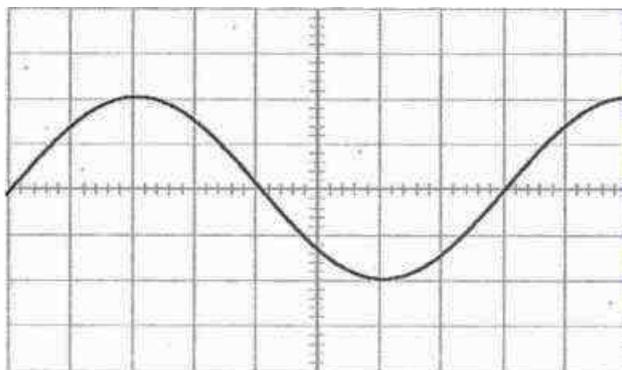
SITUATION D'ÉVALUATION

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

Les réglages de l'oscilloscope sont :

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

L'oscillogramme obtenu est donné par la figure suivante :



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

1. Indique la tension visualisée sur l'oscilloscope.
2. Détermine
 - 2.1 la valeur maximale de la tension
 - 2.2 la valeur efficace de la tension.
3. Calcule

- 3.1 la période de cette tension
- 3.2 la fréquence de cette tension.

4. Représente, en vraie grandeur l'aspect de l'écran de l'oscilloscope quand le balayage est coupé.
- 4.2. Représente les branchements à réaliser pour obtenir sur l'écran les deux tensions suivantes : U_{NP} ; U_{RN} (On fera deux schémas différents)

Corrigé

1) La tension U_{PQ} sinusoïdale

2) Détermination de :

2.1- Tension maximale

$$U_{max} = 5V/div \times 2div = \underline{10 V}$$

2.2- Tension efficace

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = \underline{7,07 V}$$

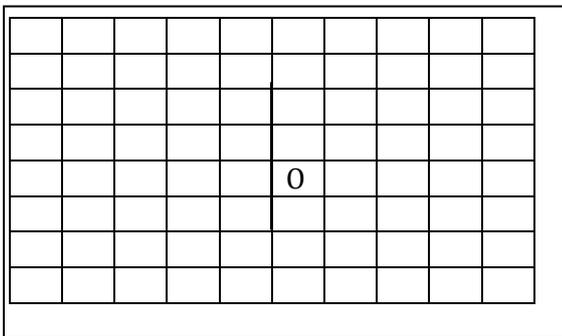
3) Calcul de :

3.1- La période $T = 2ms/div \times 8 div = \underline{16ms}$

3.2- La fréquence $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,016} = \underline{62,5 Hz}$

4)

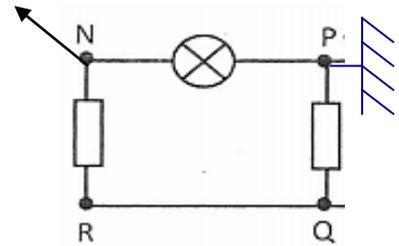
4.1-



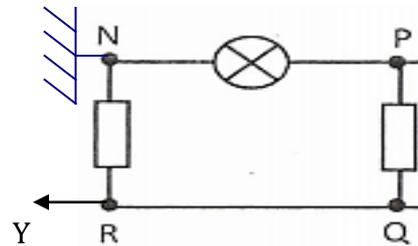
4.2-Branchements de l'oscilloscope

- Pour la tension U_{NP}

Y



-Pour la tension U_{RN}



III. EXERCICES

EXERCICE 1

Entre différents points A, B, C d'un circuit, on a établi les relations suivantes pour les tensions

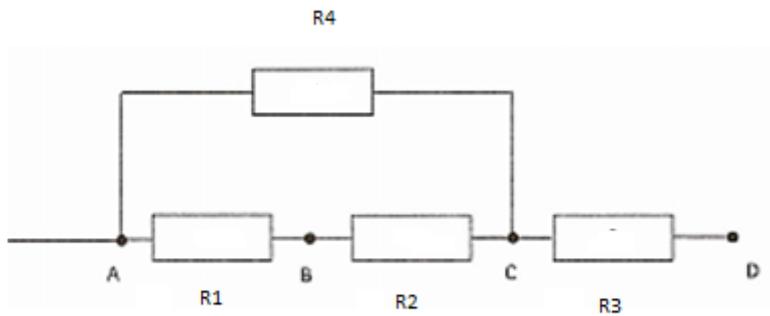
$$3U_{CA} = U_{BD} ; U_{AB} + U_{CD} = 6V ; U_{BC} = 2V.$$

Déterminer U_{CA} ; U_{BD} ; U_{AB} ; U_{DC}

Solution

$$U_{CA} = 5V ; U_{DB} = -15V ; U_{AB} = -7V ; U_{DC} = -13V$$

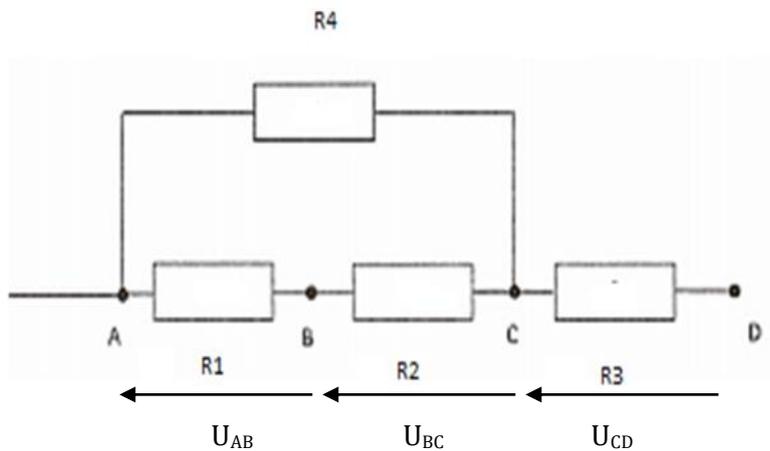
EXERCICE 2



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

Corrigé

1. Représentation de U_{AB} , U_{BC} et U_{CD}



2. Détermination des tensions aux bornes des dipôles R_2 et R_4

-Pour le dipôle R_2 : $U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD}$

Donc $U_{BC} = U_{AD} - U_{AB} - U_{CD} = 7,5 - 2,3 - 2 = \underline{3,2 \text{ V}}$

-Pour le dipôle R_4 : $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 2,3 + 3,2 = 5,5 \text{ V}$

EXERCICE 3

Un GBF délivre une tension alternative et sinusoïdale de fréquence 400 Hz et de tension efficace 5 V

1-Calculer la période de la tension délivrée par le GBF.

2-Calculer la tension maximale délivrée par le GBF.

Corrigé

1-Période de la tension délivrée par le GBF :

$$T = \frac{1}{400} \quad ; \quad T = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ s} \quad ; \quad T = 2,5 \text{ ms}$$

2-Tension maximale délivrée par le GBF : $U_m = 5 \times \sqrt{2}$; $U_m = 7,07 \text{ V}$

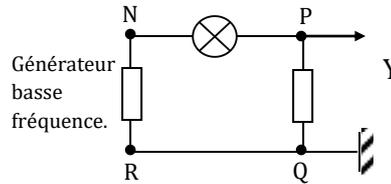
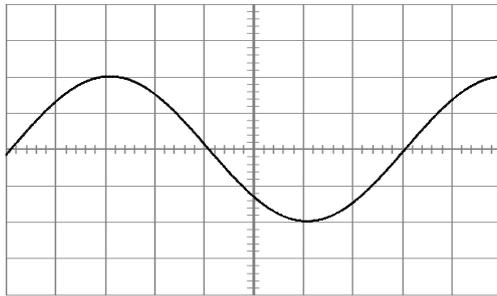
EXERCICE 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, ton groupe réalise le montage schématisé ci-après.

Les réglages de l'oscilloscope que vous utilisez sont :

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

Vous observez l'oscillogramme donné par la figure ci-dessous.



Il vous est demandé de déterminer les caractéristiques de la tension visualisée.

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

corrigé

1. L'oscillogramme visualisé représente la tension U_{PQ} .

2. Valeurs maximale et efficace de la tension :

$$U_{PQ_{\max}} = k_v \cdot d = 5 \times 2 = 10 \text{ V}$$

$$U_{PQ} = \frac{U_{PQ_{\max}}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7,07 \text{ V}$$

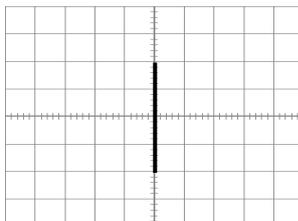
3. Calcul de la période et de la fréquence :

$$T = k_h \cdot d, \quad k_h : \text{sensibilité horizontale}$$

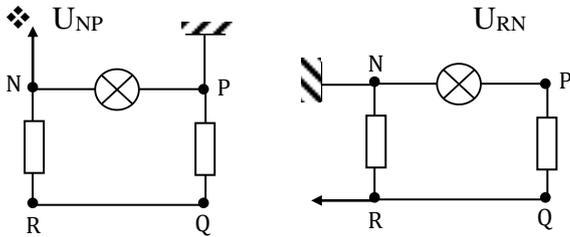
$$T = 2 \cdot 10^{-3} \times 8 = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

$$N = \frac{1}{T} = 62,5 \text{ Hz.}$$

3-



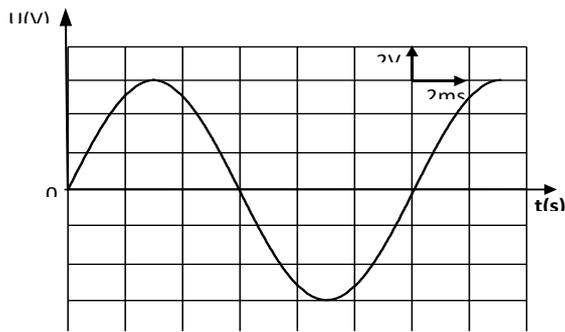
4. Représentation des tensions :



EXERCICE 5

Pendant les congés de Pâques, un élève d'une classe de 2nd dans un Lycée assiste à l'installation de panneaux solaires pour alimenter les installations électriques du campement de son père.

Il observe entre autres appareils installés dans le dispositif, un onduleur qui a pour rôle de convertir la tension continue issue des panneaux solaires en une tension de nature différente, que l'équipe d'installation fait visualiser sur un oscilloscope dont l'oscillogramme est représenté ci-dessous :



Sensibilité verticale de l'oscilloscope : 50 V/div

Sensibilité horizontale de l'oscilloscope : 5 ms / div

Il est émerveillé et intéressé par cette courbe qu'il a déjà vue en classe.

En tant qu'élève de 2nd il te sollicite pour te joindre à lui afin de déterminer les caractéristiques de cette tension.

1-Nomme le type de tension délivrée par l'onduleur convertisseur.

2-Détermine :

2-1-La tension maximale délivrée par l'onduleur.

2-2-La période de la tension délivrée par l'onduleur.

2-3-La tension efficace délivrée par l'onduleur.

2-4-La fréquence de la tension délivrée par l'onduleur.

corrigé

1-Tension alternative sinusoïdale.

2-1-Tension maximale :

$$U_m = 3 \times 50 ; U_m = 150 \text{ V}$$

2-2-Période de la tension délivrée par l'onduleur :

$$T = 6 \times 5 ; T = 30 \text{ ms} = 0,03 \text{ s}$$

2-3-Tension efficace :

$$U = U_m / \sqrt{2} ; U = 150 / \sqrt{2} ; U = 106,06 \text{ V}$$

2-4-Fréquence de la tension délivrée par l'onduleur :

$$N = 1/T ; N = 1/0,03 = 33,33 \text{ Hz}$$

IV. DOCUMENTATION

Utilisation d'un oscilloscope



Un oscilloscope est un appareil qui permet de visualiser une tension électrique répétitive.

1. Description d'un oscilloscope

Les divers boutons et touches de réglages d'un oscilloscope peuvent être regroupés en blocs fonctionnels :

- | | |
|--|---|
| 1 Réglages généraux (confort visuel).
2 Réglage de la position de la trace.
3 Réglages des deux voies.
4 Réglage de la sensibilité horizontale. | Réglages du déclenchement :
5 Source et couplage à utiliser pour le déclenchement
6 Niveau de déclenchement |
|--|---|

2. Les quatre blocs fonctionnels

2.1. Réglages généraux

- Deux potentiomètres « INTENSITY » et « FOCUS » permettent de régler la qualité de la trace.
- Le potentiomètre « position 2 » permet le réglage vertical de la trace correspondante. Le potentiomètre « position 1 » permet le réglage horizontal des traces.

2.2. Réglages des voies 1 et 2

- Le potentiomètre « VOLT/DIV » permet un choix de la sensibilité verticale. Le potentiomètre de réglage fin du gain vertical « VAR » doit être positionné sur « cal » (calibre d) pour que l'indication de la sensibilité verticale soit valide.

- Au-dessus de chaque entrée se trouve un bouton qui change le couplage de l'entrée :

- DC (direct current) : visualisation du signal complet.

- AC (alternative current) : visualisation de la composante alternative du signal (élimination de la composante continue).

- GND (ground) : l'entrée est court-circuitée (mise à la masse) : on observe la position 0 V de la trace.

- La touche « - CH 2 » permet de visualiser l'opposé du signal présent sur la voie 2. La touche « ADD » additionne les signaux des deux voies.

2.3. Sensibilité horizontale

- Le bouton « T/DIV » permet de régler la vitesse de défilement horizontal du spot. Le mode XY permet de tracer le signal de la voie 2 (ordonnées) en fonction du signal de la voie 1 (abscisses).

2.4. Déclenchement

L'oscilloscope ne déclenche le balayage de l'écran par le spot seulement si l'une des voies (à sélectionner) a atteint une tension seuil à définir.

- En dessous du choix de la base de temps, on choisit la « source » (la voie) que l'oscilloscope va analyser pour déclencher le balayage du spot : CH1, CH2, ALT (alternativement l'un puis l'autre), LINE (le courant 50 Hz du réseau EDF) ou EXT (voie extérieure, à brancher en dessous). Le choix du couplage de la voie de déclenchement permet de sélectionner DC, AC, TV et autre... : il correspond au signal qui sera pris en compte pour le déclenchement (composante alternative ou signal total).

- Au-dessus du choix de la base de temps, le bouton « LEVEL » permet de régler la tension à partir de laquelle le déclenchement sera effectué. Un bouton permet de choisir si le déclenchement sera effectué sur front

montant (valeur par défaut) ou descendant.

3. Utiliser un oscilloscope

- Allumer l'oscilloscope.
- Régler la luminosité (intensity) et la finesse de la trace (focus).
- Vérifier que les commandes VAR des deux voies sont sur la position Cal.
- Régler les sensibilités verticales.
- Régler la sensibilité horizontale (base de temps).
- Choisir une voie de déclenchement.
- Choisir le couplage du déclenchement sur cette voie (AC ou DC).
- Régler le niveau du déclenchement. Déclenchement du spot. Écran Attente du seuil de déclenchement

<http://physique.reverdy.free.fr/Premiere S/Cours files/Utilisation%20d%E2%80%99un%20oscilloscope.pdf>



THEME : ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

Titre de la Leçon : ETUDE EXPERIMENTALE DE QUELQUES DIPÔLES PASSIFS

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

II. CONTENU DE LA LECON

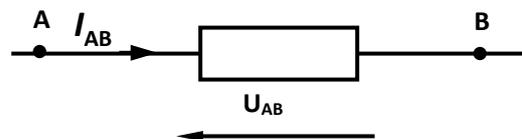
1- GENERALITES

1.1- Définition

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

1.2- Caractéristique d'un dipôle passif

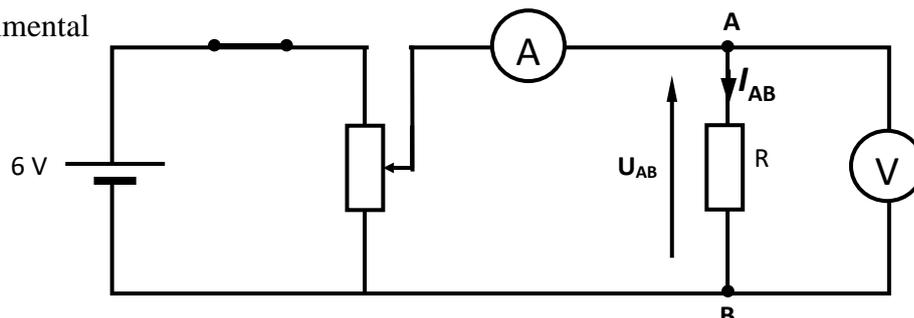
Dans un circuit électrique, la tension U_{AB} aux bornes d'un dipôle passif et l'intensité I_{AB} du courant qui le traverse sont représentées par des flèches de sens contraires.



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

2- ETUDE EXPERIMENTALE D'UN CONDUCTEUR OHMIQUE

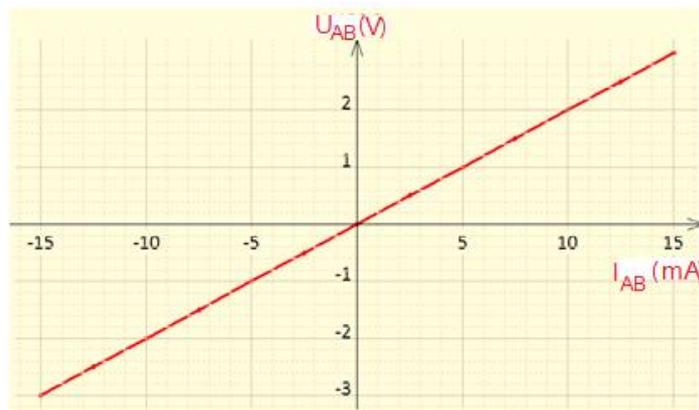
2.1 Montage expérimental



2.2 Résultats

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

2.3 Caractéristique intensité-tension



2.4 Exploitation de la caractéristique

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

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

Déterminons la pente de cette droite :

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

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

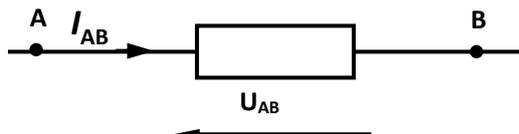
Remarque :

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

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

2.5 Loi d'ohm

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



$$U_{AB} = RI_{AB} \text{ avec } \begin{cases} U_{AB} \text{ en } V \\ R \text{ en } \Omega \\ I_{AB} \text{ en } A \end{cases}$$

Activité d'application 1

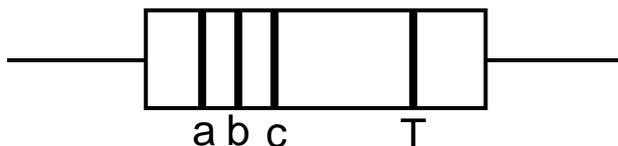
Un conducteur ohmique est traversé par un courant d'intensité 250 mA ; la tension aux bornes de ce dipôle est alors égale à 24 V.

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

Résolution

- 1- La résistance $R = \frac{U}{I} = \frac{24}{0,25} = 96\Omega$
- 2- La tension $U = I \times R = 0,1 \times 96 = 9,6 \text{ V}$

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



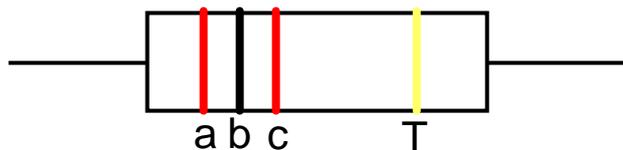
La valeur de la résistance est déterminée en juxtaposant les chiffres correspondant respectivement aux anneaux a et b, le nombre obtenu multiplié par 10 exposant du chiffre correspondant à l'anneau c, plus ou moins la tolérance.

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

Tableau de code de couleur :

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

Exemple :

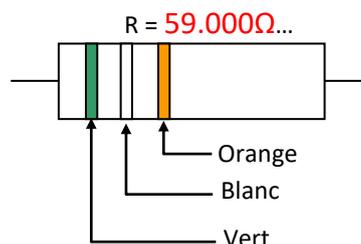
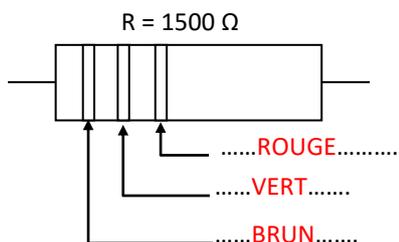


$$R = 20 \cdot 10^2 \pm 5\% \Omega$$

$$R = 200 \pm 10 \Omega \Rightarrow 190 \Omega \leq R \leq 220 \Omega \quad R = 2000 \pm 100 \Omega \Rightarrow 1900 \Omega \leq R \leq 2100 \Omega$$

Activité d'application 2

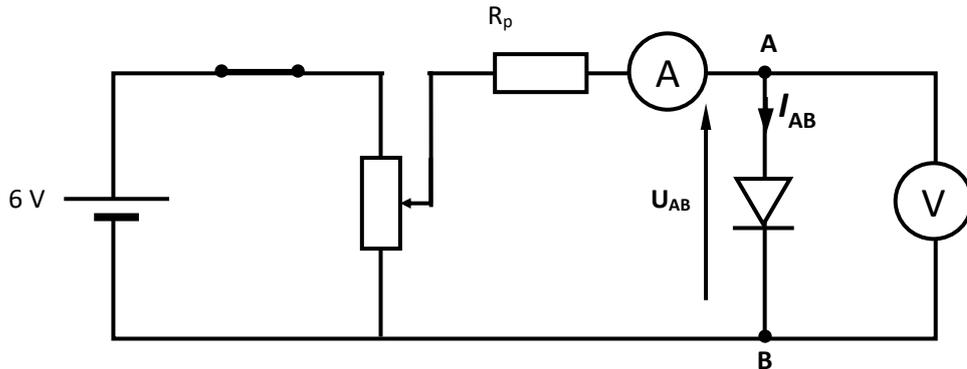
Compléter en indiquant les couleurs des anneaux ou en inscrivant la valeur de la résistance R



3- ETUDE EXPERIMENTALE DES QUELQUES DIPOLES NON LINEAIRES

3.1. La diode à jonction

3.1.1- Montage expérimental



3.1.2- Résultats

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

3.1.2- Caractéristique tension-intensité



3.1.3- Exploitation de la caractéristique

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

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

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

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

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

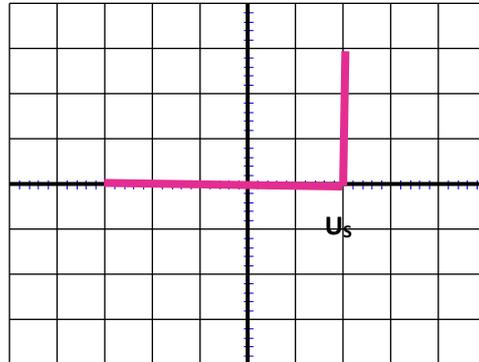
U_S est appelée tension seuil : c'est la valeur minimale de la tension U_{AB} à partir de laquelle la diode devient conductrice : Ici $U_S = 0,6 V$.

Remarque :

Une diode parfaite est une diode telle que :

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

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

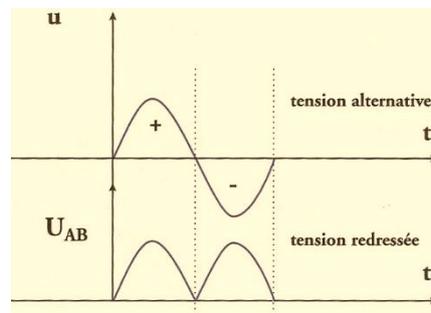
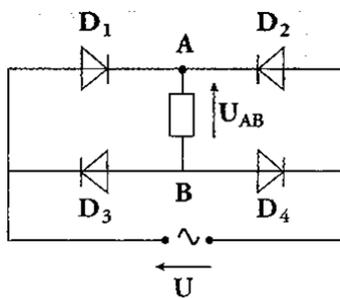


La diode idéale est une diode parfaite sans tension seuil ($U_S = 0$).

3.1.3- Conclusion

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

3.1.4- Application de la diode : redressement du courant alternatif



Quel que soit le signe de U , $U_{AB} > 0$: la tension est donc redressée et on a une double alternance.

Activité d'application 3

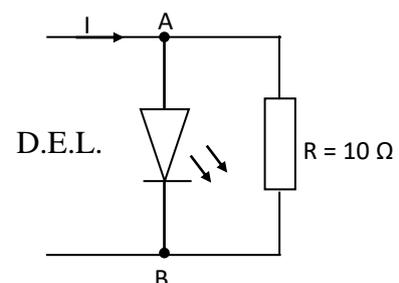
Le montage de la figure ci-contre est réalisé avec une diode électroluminescente (D.E.L.) de tension seuil $U_S = 2$ V. Une DEL émet de la lumière lorsqu'elle est traversée par un courant électrique.

1- On fixe $I = 90$ mA

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

1-2- Dis si l'hypothèse faite à la question précédente est vérifiée.

3- On augmente progressivement l'intensité du courant I .
A partir de quelle



Donnera valeur minimale I_m , de l'intensité du courant, à partir de laquelle la diode commence à émettre de la lumière.

Résolution

1-

1.1- $U_{AB} = RI = 10 \times 0,09 = 0,9 \text{ V}$

1.2- $U_{AB} < U_S$, donc la diode est bloquée ; hypothèse vérifiée.

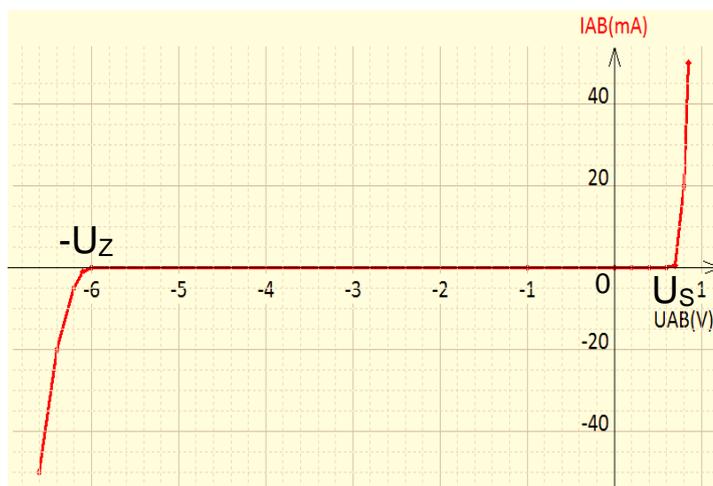
2- Intensité minimale $I_m = \frac{U_S}{R} = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ A} = 200 \text{ mA}$

3.2 La diode Zener

➤ Son symbole est :



➤ Sa caractéristique est :



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

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

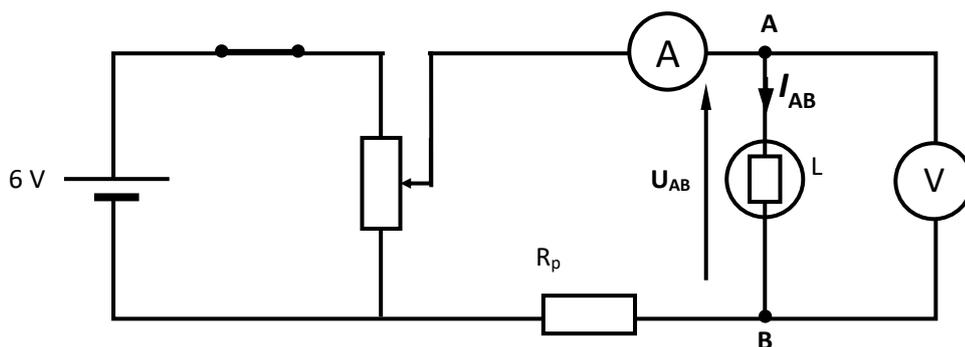
Ici $U_Z = 6 \text{ V}$

Remarque :

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

3.3.La lampe à incandescence

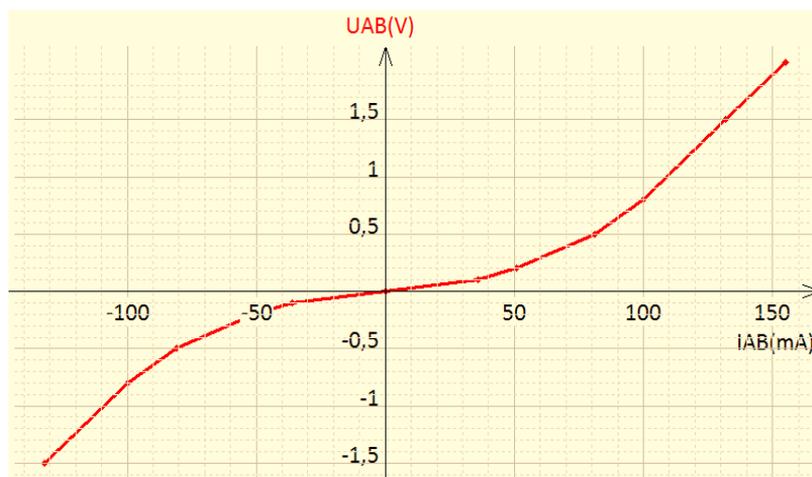
3. 3.1- Montage expérimental



3.3.2- Résultats

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

3.3.2- Caractéristique intensité-tension



3.3.3- Exploitation de la caractéristique

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

Le rapport $\frac{U}{I}$ varie.

la résistance du filament d'une lampe à incandescence varie avec la température-

3.3.4- Conclusion

La lampe à incandescence est un dipôle passif symétrique non linéaire.

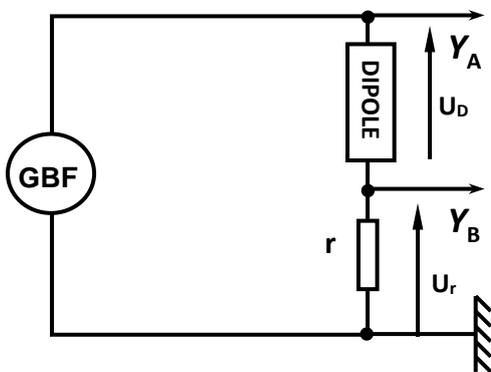
Remarque NB: la résistance d'un conducteur augmente avec la température.

4 - VISUALISATION DE LA CARACTERISTIQUE D'UN DIPÔLE PASSIF

4-1. MONTAGE

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

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



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

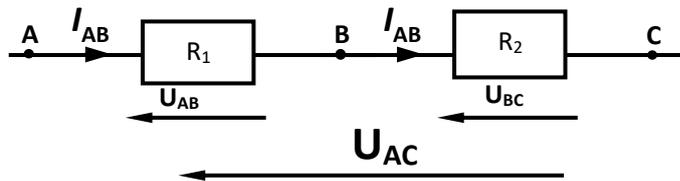
La résistance r doit être faible, de telle sorte que :

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

4.2 - ASSOCIATION DE DIPOLES PASSIFS

4.2.1. Associations de conducteurs ohmiques

- Association en série



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

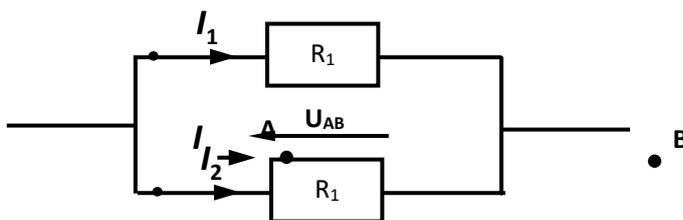
Le dipôle équivalent à l'association en série de deux conducteurs ohmiques de résistances R_1 et R_2 est un conducteur ohmique de résistance R_e telle que :

$$R_e = R_1 + R_2$$

Pour plusieurs conducteurs ohmiques :

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

- Association en parallèle



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

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

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

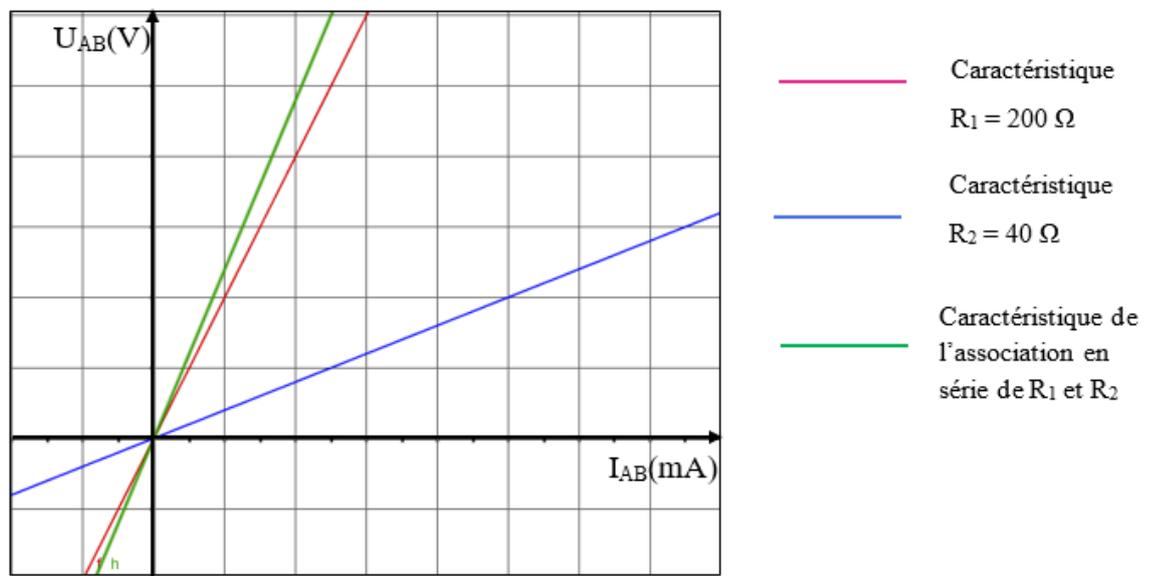
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_e = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Pour plusieurs conducteurs ohmiques :

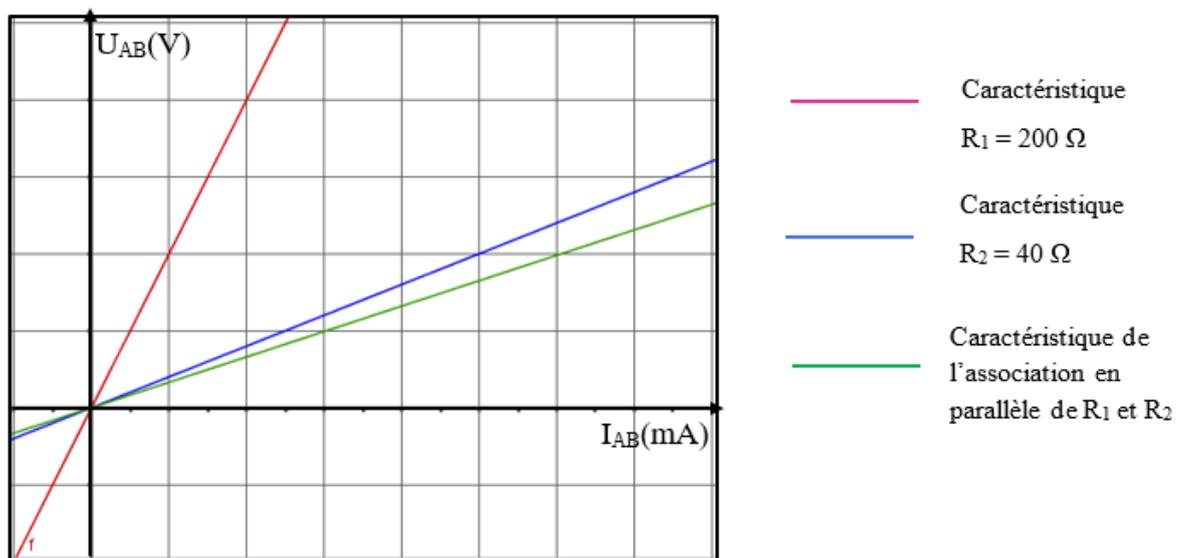
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

4.2.2 - CARACTERISTIQUES DE L'ASSOCIATION DE DEUX CONDUCTEURS OHMIQUES

- Association en série



- Association en parallèle



SITUATION D'ÉVALUATION

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

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

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

Chaque candidat effectue ensuite deux expériences.

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

Dipôle 1

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

Dipôle 2

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

Proposition de tableau des valeurs du dipôle 2

$U_{CD}(V)$	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
$I_{CD}(mA)$	-27,3	-22,8	-18	-13,6	-9	-4,5	0	4,5	9	13,6	18	22,8	27,3

Dipôle 3

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

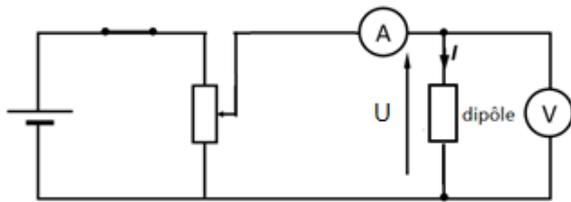
Expérience 2 : les candidats mesurent successivement aux bornes de chaque dipôle en circuit ouvert, la tension électrique.

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

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

Résolution

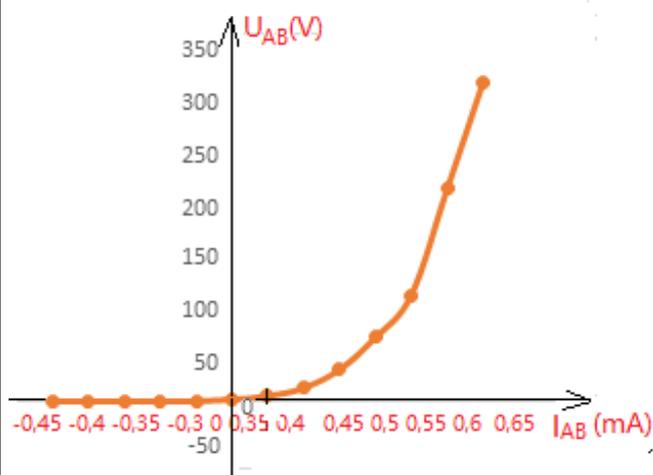
1. Schéma du montage de l'expérience 1



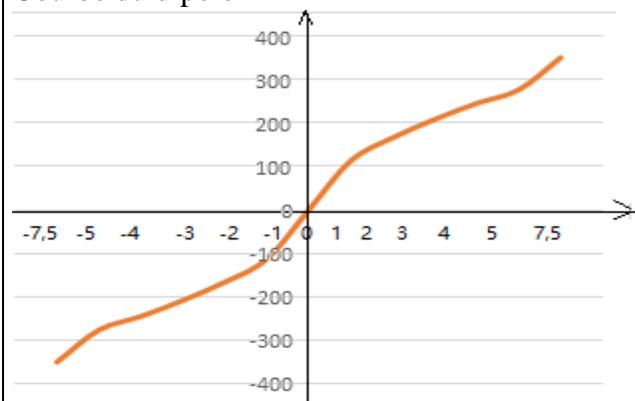
2. L'information de l'expérience 2 : la tension aux bornes de chaque dipôle ; leurs caractéristiques passe par l'origine du repère.

3. Caractéristiques des dipôles

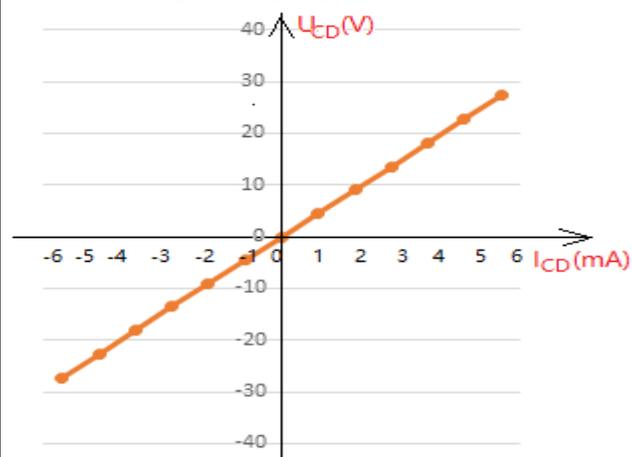
Courbe du dipôle 1



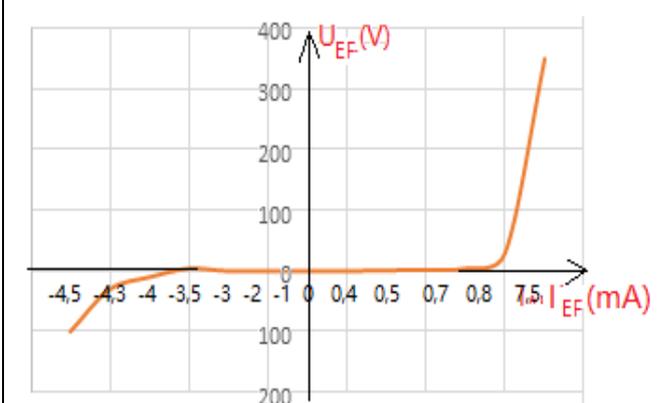
Courbe du dipôle 2



Courbe du dipôle 2 (proposée)



Courbe du dipôle 3



4.

4.1- La nature de chaque dipôle

Dipôle 1 : diode à jonction

Dipôle 2 : conducteur ohmique

Dipôle 3 : diode Zener

4.2- Valeurs des grandeurs caractéristiques :

dipôle 1 : $U_s = 0,3 \text{ V}$

dipôle 3 : $U_s = 0,4 \text{ V}$

III. EXERCICES

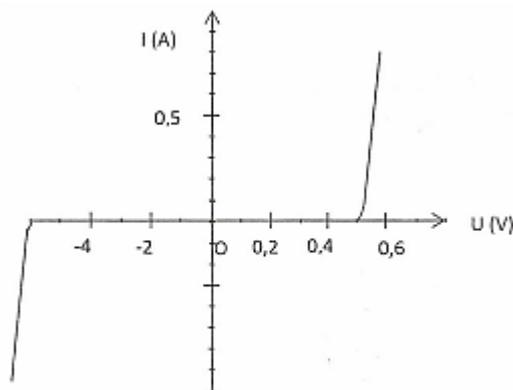
EXERCICE 1

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

1. Détermine :

1.1- la valeur de la tension seuil de cette diode.

1.2- la valeur de sa tension Zener.



Résolution

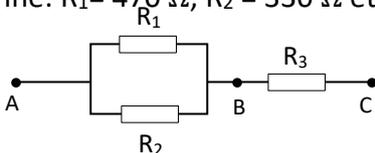
1. La tension seuil est $U_s = 0,5 \text{ V}$

2. La tension Zener est $U_z = 6 \text{ V}$

EXERCICE 2

Entre deux points A et C d'un circuit, sont associés trois conducteurs ohmiques.

On donne: $R_1 = 470 \Omega$, $R_2 = 330 \Omega$ et $R_3 = 820 \Omega$.



Pour chacune des propositions ci-dessous ;

1. L'expression littérale de la résistance équivalente R_{AC} du dipôle (A, C) s'écrit :

a. $R_{AC} = R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

b. $R_{AC} = R_2 + \frac{R_3 R_2}{R_1 + R_2}$

c. $R_{AC} = R_3 + R_1 + \frac{R_1}{R_2}$

2. La valeur de R_{AC} est :

- a. $R_{AC} = 2k\Omega$
- b. $R_{AC} = 1,01k\Omega$.
- c. $R_{AC} = 3k\Omega$.

Recopie le numéro de chacune des propositions et écris à la suite la lettre correspondant à la bonne réponse.

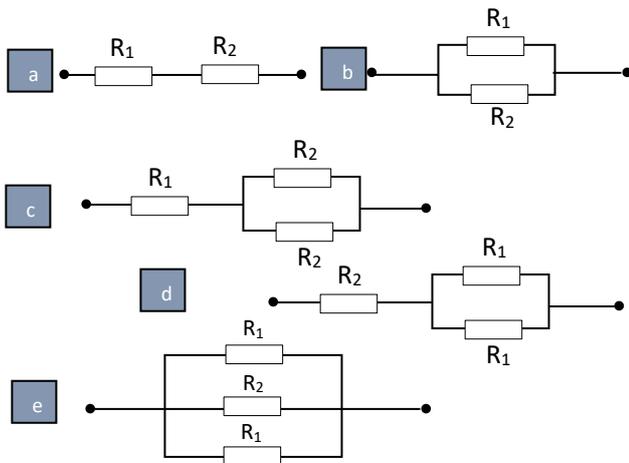
corrigé

: 1-a ; 2-b

EXERCICE 3

Dans les associations suivantes de conducteurs ohmiques,
 $R_1 = 10 \Omega$ et $R_2 = 25 \Omega$.

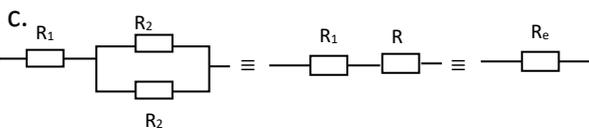
Détermine dans chaque cas, la résistance équivalente.



corrigé

La résistance équivalente :

- a. R_1 et R_2 sont en série : $R_e = R_1 + R_2 = 35 \Omega$
- b. R_1 et R_2 sont en parallèle : $R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 7,14 \Omega$



$$R_e = R_1 + R \text{ où } R = \frac{R_2^2}{2R_2} = \frac{R_2}{2} \implies R_e = R_1 + \frac{R_2}{2} = 22,5 \Omega$$

d. A l'instar de c, on obtient : $R_e = R_2 + \frac{R_1}{2} = 30 \Omega$

e. Les trois conducteurs sont en dérivation :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_2} \implies R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + 2R_2} = 4,17 \Omega$$

EXERCICE 4

Au cours d'une séance de TP, votre groupe de travail réalise une expérience dans laquelle un conducteur ohmique $R_1 = 600 \Omega$ est alimenté par une tension de courant continu de 12 V.

1. Calcule l'intensité du courant qui traverse le conducteur ohmique.
2. Ce conducteur ohmique, alimenté par la même tension, est monté en série avec un autre conducteur ohmique de résistance $R_2 = 500 \Omega$.

Détermine :

2.1- la résistance équivalente de cette association.

2.2- l'intensité du courant qui parcourt cette association.

Résolution

1. l'intensité du courant est $I = \frac{U}{R_1} = \frac{12}{600} = 0,02 \text{ A}$

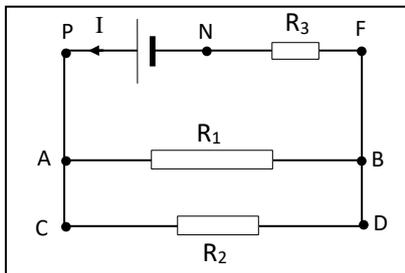
2.1- la résistance équivalent de l'association en série

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 = 1100 \Omega$$

2.2- Intensité dans R_{eq} $I = \frac{U}{R_{\text{eq}}} = \frac{12}{1100} = 0,0109 \text{ A} = 10,9 \text{ mA}$

EXERCICE 5

Après les cours sur la tension électrique et les dipôles passifs, le professeur d'une classe de 2nd dans un Lycée veut faire appliquer la loi des mailles et la loi d'ohm par ses apprenants. Pour cela, il réalise un montage dans lequel il monte trois conducteurs ohmiques R_1 ; R_2 ; R_3 aux bornes d'un générateur idéal de tension U_{PN} comme l'indique le schéma ci-dessous :



On donne : $U_{PN} = 12 \text{ V}$; $R_1 = 12 \Omega$; $R_2 = 47 \Omega$ et $R_3 = 33 \Omega$.

Tu fais partie de cette classe.

1-Énonce la loi d'ohm pour un conducteur ohmique.

2-Détermine

2-1-La résistance équivalente à l'association des conducteurs ohmiques R_1 et R_2 .

2-2-la résistance équivalente à l'association des trois conducteurs ohmiques.

3-Détermine l'intensité I du courant fournie par le générateur.

4-Détermine :

4-1-La tension U_{AB} aux bornes du conducteur ohmique R_1 .

4-2-La tension U_{CD} aux bornes du conducteur ohmique R_2 .

4-3-La tension U_{FN} aux bornes du conducteur ohmique R_3 .

corrigé

1-Loi d'ohm : La tension aux bornes d'un conducteur ohmique est égale au produit de la résistance par l'intensité du courant qui le traverse : $U = RI$

2-1-Détermination de la résistance équivalente R' entre R_1 et R_2 :

Remplaçons R_1 et R_2 en dérivation par leur résistance équivalente R telle que : $R' = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$

2-2-Déterminons la résistance équivalente entre R' et R_1 :

R_3 et R' sont en série, on obtient :

$$R_e = R_3 + R = R_3 + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 42,56 \Omega$$

3- Détermination de l'intensité I :

$$I = \frac{U_{PN}}{R_e} = 0,28 \text{ A}$$

4- Détermination de U_{AB} , U_{CD} et U_{FN} :

R_1 et R_2 sont en dérivation , $U_{AB} = U_{CD} =$

$$U_{FN} = R_3 \cdot I = 9,24 \text{ V}$$

La loi des mailles donne :

$$U_{PN} = U_{AB} + U_{FN}$$

$$\Rightarrow U_{AB} = U_{CD} = U_{PN} - U_{FN} = 2,76 \text{ V}$$

IV .DOCUMENTS(Ressources pour approfondir la compréhension de la leçon)

La **diode** (du grec *di* deux, double ; *odos* voie, chemin) est un composant électronique. C'est un dipôle non linéaire et polarisé (ou non symétrique). Le sens de branchement d'une diode a donc une importance sur le fonctionnement du circuit électronique dans lequel elle est placée.

Sans précision ce mot désigne un dipôle qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens. Ce dipôle est appelé diode de redressement lorsqu'il est utilisé pour réaliser les redresseurs qui permettent de transformer le courant alternatif en courant unidirectionnel.

Le premier dispositif capable de laisser passer le courant électrique dans un sens, tout en le bloquant dans l'autre, fut découvert en 1874 par Karl Ferdinand Braun avec un cristal de galène. Cet appareil est aujourd'hui connu sous le nom de diode à pointe, bien que le terme *diode* n'ait été proposé qu'en 1919 pour la diode à vide. Jagadish Chandra Bose l'utilisa pour la détection des ondes radio, et ce système fut largement diffusé dès les débuts de la radiodiffusion, dans les années 1920, dans le poste à galène.

Au début du xx^e siècle, on utilisait des redresseurs à oxyde de cuivre ou au sélénium pour la conversion du courant alternatif en courant continu. Cette utilisation persista dans la plus grande partie du siècle pour la charge des batteries.

En 1901, Peter Cooper Hewitt inventa le redresseur à vapeur de mercure, utilisé pour les applications de puissance jusqu'aux années 1970.

À la même époque, recherchant à améliorer la détection des ondes radio, John Fleming mettait au point le premier tube électronique, la diode à vide, dont la cathode, chauffée, émet des électrons que l'anode peut capter, tandis que le contraire n'est pas possible. C'est à l'époque du premier essor de l'électronique, autour des industries du téléphone et de la radio, que les ingénieurs adoptent le terme de *diode* pour un tube électronique à deux électrodes, tandis que la *triode*, inventée en 1906, en a trois.

La diode à semi-conducteur au germanium ou au silicium vient remplacer les tubes à vide après la seconde guerre mondiale. Leur chute de tension dans le sens direct (sens passant) est moins élevée à courant égal et elles sont plus pratiques à mettre en œuvre, n'exigeant pas de courant de chauffage. Cependant, les diodes à vide persistent tant que le tube électronique reste l'élément actif des appareils : elles fournissent une tension compatible avec les autres tubes, et l'alimentation des circuits doit de toute façon fournir un courant de chauffage des filaments.

Le développement des semi-conducteurs a entraîné la création de nombreuses variétés de diodes, exploitant les caractéristiques de la jonction P-N, ou, dans le cas des diodes électroluminescentes, des propriétés annexes du matériau.

Les diodes sont fabriquées à partir de semi-conducteurs. Leur principe physique de fonctionnement est utilisé dans de nombreux composants actifs en électronique.

Une diode est créée en accolant un substrat déficitaire en électrons c'est-à-dire riche en trous (semi-conducteur type P) à un substrat riche en électrons libres (semi-conducteur de type N ou métal).

La plupart des diodes sont réalisées par la jonction de deux semi-conducteurs : l'un dopé « P » l'autre dopé « N ».

La diode Schottky quant à elle est constituée d'une jonction semi-conducteur/métal.

La connexion du côté P s'appelle l'anode ; celle du côté N ou métal porte le nom de cathode.

Seule la diode Gunn échappe totalement à ce principe : n'étant constituée que d'un barreau monolithique d'arséniure de gallium, son appellation diode peut être considérée comme un abus de langage.

Pour les diodes cylindriques, le côté de la cathode est généralement repéré par un anneau de couleur. D'autres formes de repérage existent selon la nature de l'encapsulation de ces composants.



THEME : ELECTRICITE ET ELECTRONIQUE

TITRE DE LA LEÇON : ÉTUDE EXPÉRIMENTALE D'UN DIPÔLE ACTIF. POINT DE FONCTIONNEMENT

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

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

II. CONTENU

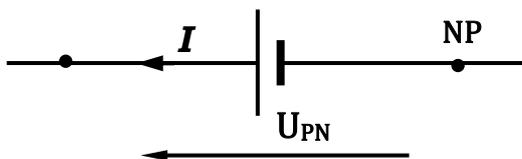
1- CARACTÉRISTIQUE INTENSITÉ-TENSION D'UNE PILE

1.1- Définition d'un dipôle actif

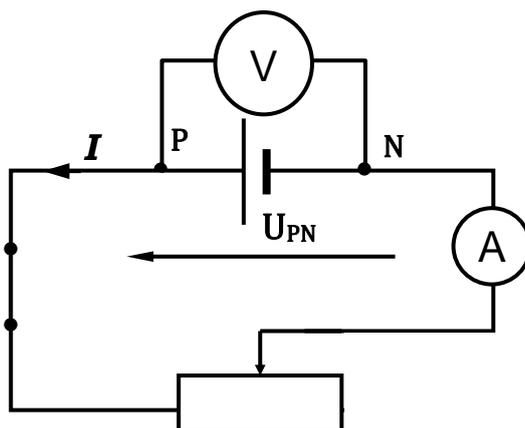
Un dipôle est dit **actif** s'il existe une tension entre ses bornes hors d'un circuit. Les dipôles actifs constituent **les générateurs de tension**.

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

Symbole et convention :



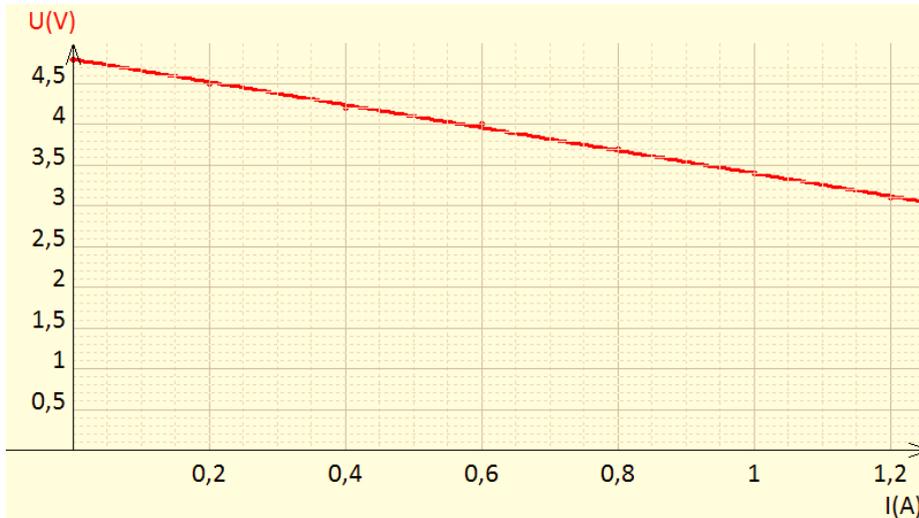
1.2- Montage expérimental



1.3 Tableau de mesure

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

1.4 Tracé de la caractéristique intensité-tension



1.5 Exploitation de la caractéristique

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

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

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

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

Ici $r = 1,4 \Omega$.

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

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

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

1.6 Conclusion

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

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

2- Activité d'application 1

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

$$R = 100 \Omega.$$

1-Détermine l'intensité du courant électrique dans le circuit.

2-Détermine la tension électrique aux bornes de la pile.

Corrigé

1-Intensité du courant électrique :

$$I = \frac{E}{R+r} ; I = \frac{4}{100+5} ; I = 0,038 \text{ A}$$

2-Tension aux bornes de la pile :

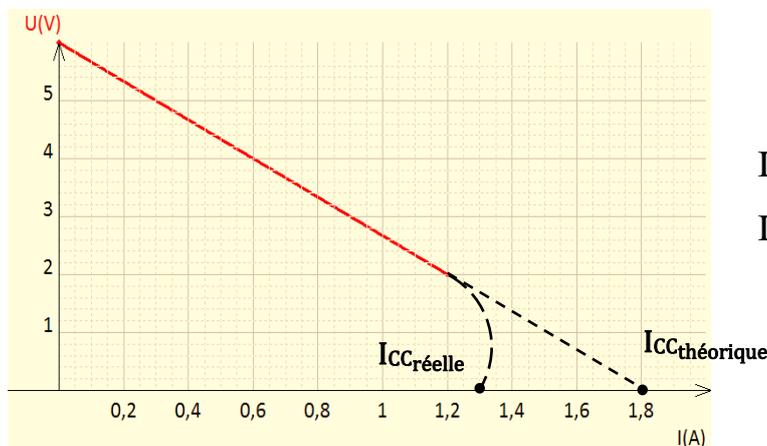
$$U = E - rI ; U = 4 - 5 \times 0,038 ; U = 3,80 \text{ V}$$

1.7 Intensité de court-circuit

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

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

Graphiquement



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

3- ASSOCIATION DIPOLE ACTIF ET DIPOLE PASSIF

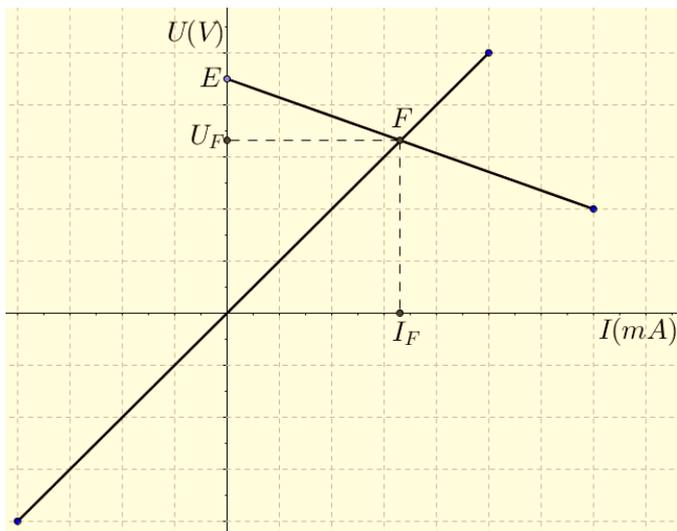
2.1 Point de fonctionnement

2.1.1- Définition

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

2.1.2-Détermination graphique du point de fonctionnement

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



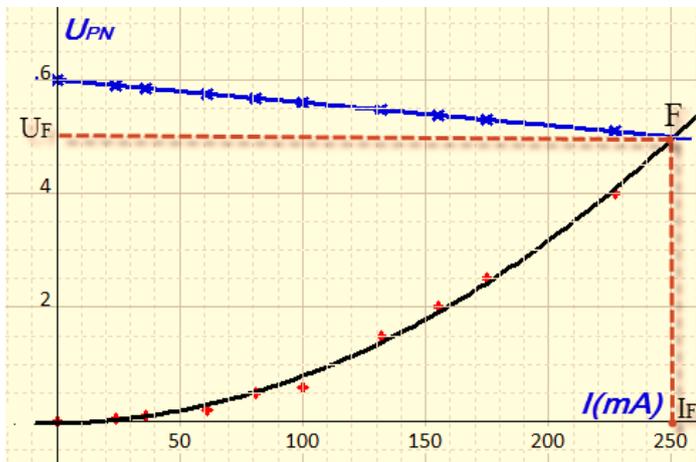
Graphiquement on a :

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

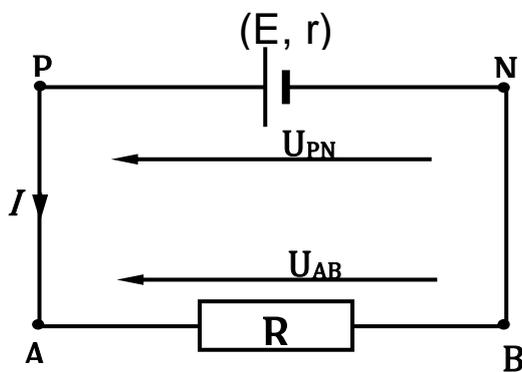
$$U_F = 3,3 \text{ V.}$$

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

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



2.1.3- Détermination algébrique du point de fonctionnement



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

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

Le point de fonctionnement est tel que :

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

Activité d'application 2

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

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

Solution

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

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

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

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

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

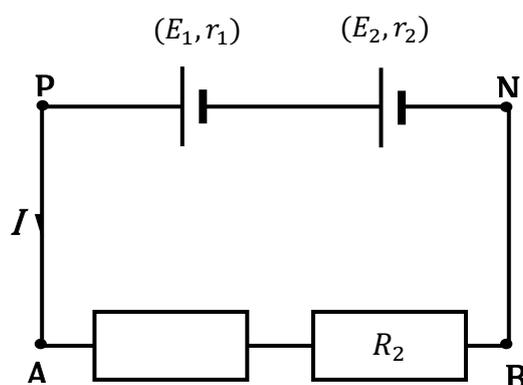
2.2 Loi de Pouillet

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

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

Activité d'application 3

On considère le circuit électrique suivant :



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

Solution

Expression de I et application numérique

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

SITUATION D'ÉVALUATION

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur de Physique - Chimie met à la disposition de chaque groupe d'élèves le matériel suivant : une pile ; un potentiomètre (100Ω) ; une résistance de protection (12Ω ; 2 W) ; deux multimètres ; un interrupteur ; des fils de connexion.

Chaque groupe réalise un montage avec ce matériel pour mesurer la tension aux bornes de la pile et l'intensité I du courant qui traverse le circuit. Les résultats obtenus par ton groupe sont consignés dans le tableau ci-dessous :

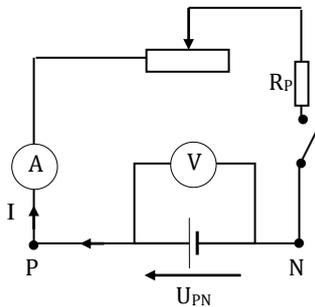
I(mA)	0	40	61	103	191	243	330
U(V)	4,5	4,45	4,4	4,3	4,2	4,1	4

La résistance de protection R_P permet de limiter à 350 mA l'intensité du courant débité par la pile. Etant le chef de ton groupe, tu rédiges le rapport.

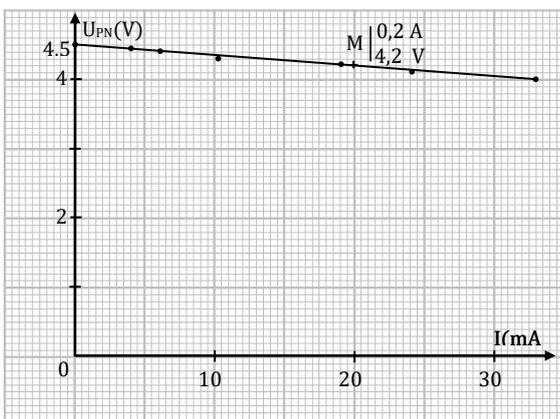
1. Fais le schéma du montage expérimental qui permet de faire ces mesures.
2. Trace la caractéristique intensité – tension de cette pile à l'échelle de $1 \text{ cm} \leftrightarrow 100 \text{ mA}$ en abscisses et $1 \text{ cm} \leftrightarrow 1 \text{ V}$ en ordonnées.
3. Détermine graphiquement, la force électromotrice et la résistance interne de la pile.
4. Justifie le choix d'une puissance limitée à 2 W pour la résistance de protection.

Corrigé

1.



2.



3. La caractéristique est un segment de droite à pente négative d'équation $U_{PN} = E - r I$.

E est l'ordonnée à l'origine. Pour $I = 0$, $U_{PN} = 4,5 \text{ V} = E$.

Pour déterminer r , prenons un point M sur la droite (voir schéma) : r est le coefficient directeur de la droite.

$$r = -\frac{\Delta U_{PN}}{\Delta I} ; \text{AN} : r = \frac{4,5 - 4,2}{0,2} = 1,5 \Omega$$

4. L'intensité du courant est donnée par la relation : $I = \frac{E}{R_h + r + R_P}$

Elle est maximale pour $R_h = 0$ et vaut alors $I = \frac{E}{r + R_P} = 0,33 \text{ A}$, valeur inférieure à 350 mA . La puissance maximale dissipée dans R_P vaut : $P = R_P I^2 = 1,33 \text{ W}$ valeur inférieure à 2 W .

III. EXERCICES

EXERCICE 1

Pour chacune des propositions suivantes :

- 1-Un dipôle passif possède une tension nulle en circuit ouvert.
- 2-la tension électrique aux bornes d'un dipôle actif est nulle en circuit.
- 3-La force électromotrice d'un dipôle actif correspond à la tension à ses bornes en circuit ouvert.
- 4-Une bobine parcourue par un courant électrique se comporte comme un dipôle actif.
- 5-Le point de fonctionnement d'un circuit est le point d'intersection de la caractéristique du générateur et celle du dipôle branché sur ce générateur.

Ecris le numéro suivi de la lettre V si la proposition est vraie ou de la lettre F si elle est fausse.

Corrigé

1-V ; 2-F ; 3-V ; 4-F ; 5-V

EXERCICE 2

Pour chacune des propositions ci-dessous :

La tension aux bornes d'une pile de tension à vide 3 V est égale est à 2,5 V lorsqu'elle débite un courant d'intensité 0,2 A.

1-La force électromotrice de la pile est :

- a-3 V
- b-2,5 V
- c-0,2 V

2-La résistance interne de la pile est :

- a-0,2 Ω
- b- 3 Ω
- c-2,5 Ω

Ecris le numéro suivi de la lettre correspondant à la bonne réponse.

Corrigé

1-a ; 2-c

EXERCICE 3

Pour chacune des propositions ci-dessous :

1. La loi d'Ohm pour une pile (E ; R) s'écrit :

- a. $E = U - RI$;
- b. $U = E - RI$;
- c. $U = RI - E$.

2. Dans la relation $U = E - RI$, 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. $I = \sum R \times \sum E$
- b. $I = \frac{\sum R}{\sum E}$
- c. $I = \frac{\sum E}{\sum R}$

Corrigé

1-b ; 2-a ; 3-c

EXERCICE 4

Lors d'une séance expérimentale, un élève d'une classe de 2nd C dans un Lycée désire vérifier que l'intensité du courant électrique qui traverse une L.D.R à l'obscurité est différente de celle qui la traverse à la lumière dans un même circuit. Pour cela, il associe en série une pile ($E = 9,1 \text{ V}$; $r = 1,8 \Omega$), un conducteur ohmique ($R_1 = 470 \Omega$) et une L.D.R de résistance R_2 égale à $2,2 \text{ M}\Omega$ dans l'obscurité et à 280Ω à la lumière du jour.

Joins-toi à lui pour déterminer l'intensité du courant électrique dans le circuit à l'obscurité comme à la lumière.

1-Fais le schéma du montage.

2-Représente sur le schéma :

2-1-Le sens du courant électrique dans le circuit

2-2-La tension électrique aux bornes de la pile.

3. Ecris la loi de Pouillet du circuit électrique.

4. Détermine l'intensité du courant électrique lorsque la LDR est :

4.1 dans l'obscurité ;

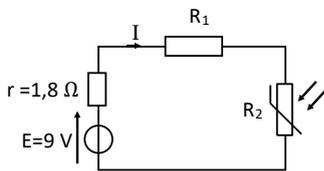
4.2 à la lumière du jour.

Corrigé

3. La loi de Pouillet donne $I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r}$

4.1 Dans l'obscurité $I_0 = 4,1 \mu\text{A}$.

4.2 À la lumière $I_r = 17 \text{ mA}$



EXERCICE 5

Lors d'une séance d'évaluation, il est demandé aux élèves d'une classe de 2nd de déterminer le courant de court-circuit à partir de la caractéristique tension-intensité d'un générateur d'équation $I = 240 - 10 U_{PN}$ (unité S.I).

Tu fais partie de la classe.

1-Détermine :

1-1-la force électromotrice E du générateur.

1-2- la résistance interne r du générateur.

2. Trace, sur deux graphiques différents et en précisant les unités, les caractéristiques intensité-tension et tension-intensité de ce générateur.

3. Détermine l'intensité du courant de court-circuit de ce générateur :

3.1. Graphiquement ;

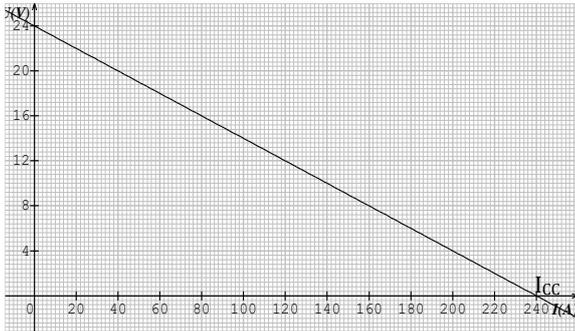
3.2. par calcul.

Corrigé

1. Détermination de E et r :

L'équation générale de la caractéristique d'un générateur est de la forme : $U_{PN} = E - r \cdot I$ soit $U_{PN} = 24 - 0,1I$, on obtient ainsi : $E=24 \text{ V}$ et $r=0,1 \Omega$

2. Tracé de la caractéristique intensité-tension



Pour la caractéristique tension-intensité, on prendra U en abscisse et I en ordonnée.

3. Graphiquement, on obtient $I_{CC} = 240 \text{ mA}$

Par le calcul, $I_{CC} = \frac{E}{r} = \frac{24}{0,1} = 240 \text{ mA}$

IV. DOCUMENTATION

1- Introduction

On appelle dipôle actif tout dipôle pouvant fournir de la puissance électrique ; c'est-à-dire capable de débiter un courant dans une charge branchée à ses bornes.

On appelle dipôle tout système électrique ayant deux bornes (résistances, condensateurs, alimentations stabilisées, générateurs de signaux, ... etc.).

2- Caractéristique d'un dipôle actif

2.a- Définition

On appelle graphe caractéristique d'un dipôle actif le graphe de la fonction qui lie la tension U entre ses bornes au courant I qu'il débite dans une charge.

2.b- Tracé caractéristique

Le montage de la *figure 1* comporte une résistance variable R permettant de régler l'intensité débitée par le dipôle actif.

Cette intensité I est mesurée par l'ampèremètre A . La tension U correspondante est lue sur le voltmètre V .

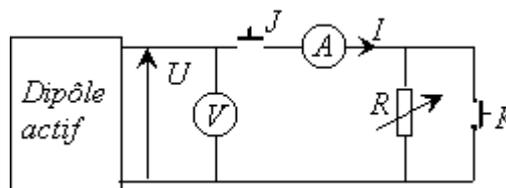


figure 1

En donnant à I plusieurs valeurs successives et en portant chaque fois sur un système d'axes les valeurs du couple $U \leftrightarrow I$ obtenues on aboutit à un graphique du type décrit ci-dessous :

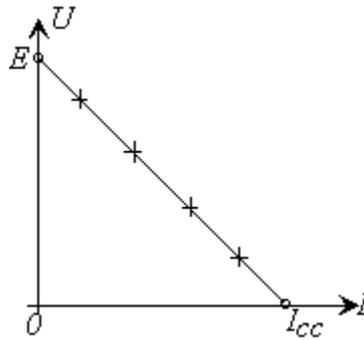


figure 2

Ce graphe est une droite, on dit que le dipôle est linéaire ;

La tension aux bornes d'un dipôle actif diminue quand l'intensité qu'il débite augmente.

3- Tension en sortie ouverte ($i = 0$)

En ouvrant l'interrupteur J de la figure 1, la charge est ainsi débranchée. On constate alors que la tension à ses bornes est maximale. Ceci est dû au fait que le dipôle actif ne débite aucun courant (on suppose que le voltmètre est idéal). On dit qu'il fonctionne à vide ou en sortie ouverte.

Ce maximum s'appelle *force électromotrice* (*f. é. m.*). On la désigne généralement par la lettre E . Le point de la caractéristique correspondant à ce type de fonctionnement est le point ($U = E; I = 0$).

4- Intensité de court-circuit

Si par contre, on ferme l'interrupteur K , le dipôle actif se trouve branché sur une résistance nulle (on suppose que l'ampèremètre est idéal), on dit qu'il est en court-circuit. L'intensité qu'il débite est alors maximale, on l'appelle son *intensité de court-circuit* et on la désigne par la lettre I_{CC} . Le point de la caractéristique correspondant à ce type de fonctionnement est le point ($U = 0; I = I_{CC}$).

Remarque: certains dipôles actifs ne supportent pas sans dommage de débiter une intensité supérieure à un certain maximum I_{max} . comme le montre la figure 3.

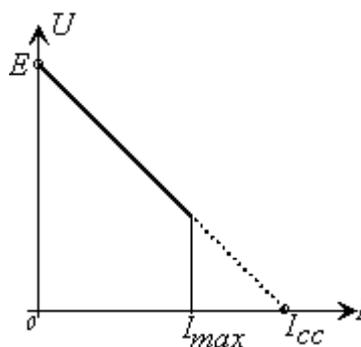
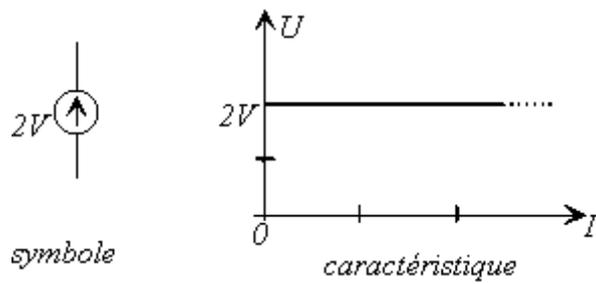


figure 3

5- Générateurs idéaux

5.a- Générateur idéal de tension

C'est, par définition, un dipôle actif qui maintient entre ses bornes *une tension indépendante du courant qu'il débite*. La figure 4 représente son schéma symbolique et sa caractéristique.



De cette caractéristique on déduit que :

Sa *f. é. m.* est égale à la tension à ses bornes quel que soit son débit ;

Son intensité de court-circuit (virtuelle) est infiniment grande.

5.b- Générateur idéal de courant

C'est, par définition un dipôle actif, qui débite une *intensité indépendante de la tension entre ses bornes*.

La *figure 5* représente son schéma symbolique et sa caractéristique.

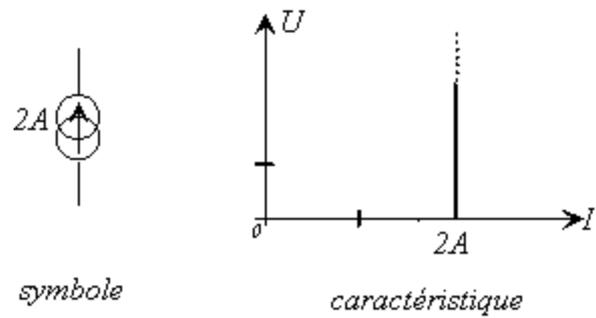


figure 5

On en déduit que :

- son *courant de court-circuit* est égal à l'intensité qu'il débite quelle que soit la charge ;
- sa *f. é. m.* (virtuelle) est grande.