Fomesoutra.com
ça soutra!

Physique-Chimie

ORIGINAL

COMPÉTENCES ET RÉUSSITE

SECONDE C



NEI CEDA

Scanné avec CamScanner

Physique-Chimie

COMPÉTENCES ET RÉUSSITE

SECONDE C

TIAMAOUI Bi Tra,
Inspecteur Général de l'Éducation Nationale

SILUE Zana,
Inspecteur de l'Enseignement Secondaire

OBROU Follou Jérôme,
Inspecteur de l'Enseignement Secondaire

KANGA Amon Anokoua,
Encadreur Pédagogique

AMANI Kouakou,
Coordonnateur National Disciplinaire de Mathématiques

NEI CEDA

Scanné avec CamScanner

Crédits photographiques

Couverture Pixelci/Istock. 4X-image/Istock. **Leçon 1** *Doc 1 et 2 :* monkeybusinessimages/Istock. *Doc 3 :* peepo/Istock. *Ex 4 :* anton5146/Istock. *Doc 4 :* vjanez/istock. *Doc 5 :* adventtr/Istock. **Leçon 2** *Doc 1 :* thaloengsak/Istock. *Doc 2 :* a. anton5146/Istock. b. alphaspirit/Istock. c. anton5146/Istock. d. master1305/Istock. *Doc 3 :* ognianm/Istock. *Doc 5 :* mel-nik/Istock. *Doc 6 :* ivcandy/Istock. *Doc 7 :* ChiccoDodiFC/Istock. *Doc 8 :* Thorsten Spoerlein/Istock. **Leçon 3** *Doc 1 :* Serdarbayraktar/Istock. *Doc 2 :* awayge/Istock. *Ex 5 :* OscarEspinosa/Istock. *Ex 11 :* Romolo Tavani/Istock. *Doc 3 et 4 :* M. Tortay. *Doc 5 :* Gilles-photo/Istock. **Leçon 4** *Doc 1 :* M. Tortay. *Ex 7 :* Wavebreakmedia/Istock. *Ex 9 :* Image source/Istock. *Doc 3 :* VladyslavDanilin/Istock. *Doc 4 :* artursfoto/Istock. **Leçon 5** *Doc 1 :* SDivin09. *Doc 2 et 3 :* DR. *Doc 4 :* AlexeyVS/Istock. *Doc 5 :* HadelProductions/Istock. *Doc 6 :* Elenarts/Istock. *Doc 7 :* stockstudioX/Istock. *Doc 9 :* Matveev_Aleksandr/Istock. **Leçon 6** *Doc 1 :* Media Raw Stock/Istock. *Doc 6 :* ABDESIGN/Istock. *Doc 7 :* Tomaco/Istock. *Bilan5 :* VasjaKoman/Istock. *Ex 3 :* LightFieldStudios/Istock. *Ex 7 :* OceanBodhi/Istock. *Ex 10 :* Charly_Morlock/Istock. *Doc 9 :* Dave Hamilton/Istock. *Doc 10 :* Anagramm/Istock. *Doc 11 :* Prill/Istock. **Leçon 7** *Doc 1 :* KirS-UA/Istock. *Doc 3 et 4 :* DR. *Doc 5 :* panso/Istock. *Doc 6 :* foto-ruhrgebiet/Istock. *Doc 7 :* genkur/Istock. **Leçon 8** *Doc 1 :* oirat/Istock. *Doc 3 :* tifonimages/Istock. *Bilan 2-1 :* unkas_photo/Istock. *Bilan 2-2 :* Philip Openshaw/Istock. **Leçon 9** *Doc 1 :* Andrew Gardner/Istock. *Doc 2 :* ogichobanov/Istock. *Doc 3 :* luchschen/Istock. *Bilan 2-1 :* dubassy/Istock. *Bilan 2-2 :* Lhepod/Istock. *Doc 4 :* LWilk/Istock. *Doc 7 :* Lhepod/Istock. *Doc 8 :* albin/Istock. *Doc 9 :* GordonHeeley/Istock. *Doc 10 :* AlexLMX/Istock. *Doc 11 :* Nickel_Bell/Istock. *Doc 12 :* ilolililoli/Istock. **Leçon 10** *Doc 1 :* Khasuist/Istock. *Doc 2 :* inus12345/Istock. *Doc 4 :* GordonHeeley/Istock. *Doc 8 :* Arsty/Istock. mosufoto/Istock. *Doc 10 :* DR. *Doc 13 :* Cristian Storto Fotografia/Istock. *Doc 16 :* NYS444/Istock. *Doc 17 :* Leonid Eremeychuk/Istock. *Doc 18 :* scanrail/Istock. **Leçon 11** *Doc 1 :* ET-ARTWORKS/Istock. *Doc 2 :* Norgal/Istock. *Doc 8 :* happyphoton/Istock. Petasz/Istock. *Doc 9 :* Chepko/Istock. **Leçon 12** *Doc 1 :* Bet_noire/Istock. *Doc 2 :* Cristian Storto Fotografia/Istock. *Fiche exp :* TimAwe/Istock. *Doc 7 :* skodonnell/Istock. *Doc 8 :* leezsnow/Istock. **Leçon 13** *Doc 1 :* MediaProduction – AleksandarDickov – Anna Valieva/Istock. *Bilan 1 :* M. Tortay. *Doc 5 :* Coldmoon-photo/Istock. *Doc 6 :* lenalir/Istock. *Doc 8 :* Studio-Annika – anyaivanova/Istock. **Leçon 14** *Doc 1 :* Emilija Randjelovic/Istock. **Leçon 15** *Doc 1 :* PeopleImages/Istock. *Doc 4 :* popovaphoto/Istock. **Leçon 16** *Doc 1 :* Richard Villalonundefinef/Istock. *Doc 2 :* Simon undefined THGoffer/Istock. *Doc 3 :* DR. *Doc 4 :* Stephen Barnes/Istock. *Doc 5 :* SDI Productions/Istock. *Ex 12 :* Natt Boonyatecha. *Doc 6 :* fotomem/Istock. *Doc 7 :* Aeya/Istock. *Doc 8 :* photo-world/Istock. **Leçon 17** *Doc 1 :* Maren Winter/Istock. *Doc 2 :* A Stockphoto/Istock. *Doc 4 :* ollaweila/Istock. *Doc 5 :* Ngataringa/Istock. *Doc 6 :* zoom-zoom/Istock. *Doc 7 :* Sinhyu/Istock. *Doc 8 :* Photographer Olympus/Istock. *Doc 9 :* Marcel C/Istock. *Doc 10 :* Artem_Egorov/Istock. *Doc 11 :* Smilja Jovanovic/Istock. *Doc 12 :* johan63/Istock. **Leçon 18** *Doc 1 :* josemoraes/Istock. *Doc 2, 4 et 5 :* DR. **Leçon 19** *Doc 1 :* marius FM77/Istock. *Doc 2 :* DR. *Doc 3 :* fcafotodigital/Istock. *Doc 4 :* Petegar/Istock. **Leçon 20** *Doc 1 :* ReggieLavoie/Istock. *Doc 2 :* DR. *Bilan 4 :* JackOna/Istock. *Bilan 6 :* artas/Istock. *Doc 6 :* nattrass/Istock. **Leçon 21** *Doc 2 :* studiocasper/Istock. *Bilan 1 :* Betka 82-mllevphoto/Istock. *Doc 6 :* yodiyim/Istock. *Doc 7 :* cosmin4000/Istock. *Doc 8 :* Popartic/Istock. **Leçon 22** *Doc 1 :* bymuratdeniz/Istock. *Bilan 7 :* Sudo2/Istock. *Bilan 11 :* DR. *Doc 10 :* Sergei Pivovarov/Istock. *Doc 11 :* picarts.de/Istock. *Doc 12 :* bsmu/Istock. **Leçon 23** *Doc 1 :* Rimma_Bondarenko/Istock. *Doc 5 :* Oxana Medvedeva/Istock. *Doc 6 :* dutourdumonde/Istock.

RENFORCEMENT DE LA LUTTE CONTRE LE PIRATAGE
DES OUVRAGES ÉDUCATIFS ET DES ŒUVRES INTELLECTUELLES

L'hologramme apposé sur la couverture de cet ouvrage est un certificat d'authenticité. Il garantit :
- la validité des contenus et la qualité de l'impression ;
- le respect du travail et de la rémunération des auteurs.

Seuls les exemplaires portant cet hologramme sont certifiés authentiques et vous garantissent que ce livre n'est pas une contrefaçon.

© NEI-CEDA, 2021 ISBN : 978-2-7531-0758-8
Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Création de couverture : Cécil Keriel – **Maquette intérieure :** Anne Krawczyk.
Mise en pages et dessins techniques : Anne Krawczyk – **Illustrations :** Didier Eberlé.

Scanné avec CamScanner

avant-propos

Le préambule des programmes éducatifs affirme avec force que « l'école doit être le cadre privilégié où se cultivent la recherche de la vérité, la rigueur intellectuelle, le respect de soi, d'autrui et de la nation, l'amour pour la nation, l'esprit de solidarité, le sens de l'initiative, de la créativité et de la responsabilité ».

C'est animé par la volonté de participer à cette entreprise que les auteurs du présent manuel ont souhaité mettre à la disposition des élèves comme des enseignant(e)s un outil performant et adapté au niveau de compréhension des différents utilisateurs.

Les auteurs, conformément aux recommandations des « Guides d'exécution » associés au « Programmes éducatifs », ont veillé à ce que l'apprenant(e) soit constamment placé(e) dans des situations qui lui permettent de développer des compétences, en lui offrant la possibilité de construire le sens de ce qu'il apprend.

Ce manuel prolonge la collection ***École, Nation et Développement*** établie pour les différents niveaux du Collège.

Chacun est ainsi en terrain familier et retrouvera les rubriques qui structurent chaque chapitre correspondant à une unité du programme :

- **Habiletés et contenus.** Il s'agit des savoirs, savoir-être et savoir-faire dont l'installation est attendue à l'issue de chaque unité du programme.
- **Découvre le sujet.** Il s'agit d'une situation d'apprentissage qui permettra à l'élève de se poser des questions et d'émettre des hypothèses.
- **Développe le sujet.** Ce sont les différentes étapes de l'apprentissage. Ces activités ciblées font l'objet de bilans permettant à l'apprenant(e) de construire les acquis de façon progressive.
- **Retiens l'essentiel.** C'est un résumé réduit à son strict minimum qui vient compléter les explications déjà fournies dans l'ensemble des bilans de la partie précédente.
- **Exerce-toi :** Ce sont des exercices dont l'objet est de fixer et de consolider les acquis. L'on passe progressivement des questions à réponse rapide à celles pouvant servir de renforcement ou d'approfondissement des compétences installées ou en voie de l'être.
- **Informe-toi davantage.** Il s'agit d'une rubrique documentaire en rapport avec la thématique de la séquence et qui situe les apprentissages dans l'histoire des sciences et de la technologie, de la littérature, des langues, des arts…

Les auteurs ont veillé à ce que les illustrations, les exercices, les expérimentations correspondent le plus possible à des situations familières et réalistes. Les connaissances scientifiques ne doivent pas être coupées de l'environnement des élèves, elles doivent au contraire proposer une lecture de celui-ci.

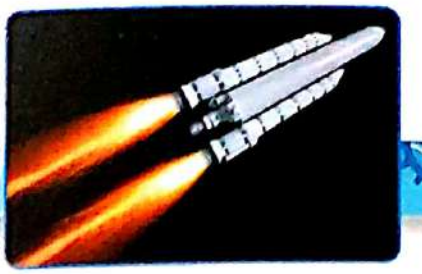
Les auteurs de la collection ***Compétences et réussite*** accueilleront avec respect et reconnaissance les remarques et suggestions des collègues qui permettront à l'avenir d'améliorer ces ouvrages.

Les auteurs

Scanné avec CamScanner

sommaire

Mécanique



1 Le mouvement 6

2 Actions mécaniques ou forces 17

3 Équilibre d'un solide soumis à deux ou trois forces 29

4 Équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe 38

5 Principe de l'inertie 46

6 Quantité de mouvement 57

Électricité et électronique



7 Le courant électrique 67

8 Intensité d'un courant électrique 74

9 Tension électrique 81

10 Étude expérimentale de quelques dipôles passifs 91

11 Étude expérimentale d'un dipôle actif – Point de fonctionnement 106

12 Le transistor : un amplificateur de courant – La chaîne électronique 116

Scanné avec CamScanner

La matière et ses transformations



13 L'élément chimique 125

14 La structure de l'atome 132

15 Classification périodique des éléments chimiques 141

16 Ions et molécules 148

17 Mole et grandeurs molaires 161

18 Équation-bilan d'une réaction chimique 171

19 Le chlorure de sodium solide 180

Ions et solutions aqueuses



20 Solutions aqueuses ioniques 186

21 Tests d'identification de quelques ions 196

22 Solutions acides et basiques – Mesures de pH 205

23 Réaction acido-basique – Dosage 217

Scanné avec CamScanner

1

Le mouvement

Habiletés et contenus

- ✔ Montrer le caractère relatif du mouvement d'un point matériel.
- ✔ Définir :
  - un référentiel ;
  - un repère d'espace ;
  - un repère de temps ;
  - le vecteur-position d'un point matériel.
- ✔ Repérer quelques points dans un repère convenablement choisi.
- ✔ Définir :
  - la trajectoire d'un point matériel ;
  - la vitesse moyenne ;
  - la vitesse instantanée ;
  - le vecteur-vitesse.
- ✔ Déterminer les caractéristiques du vecteur-vitesse.
- ✔ Représenter le vecteur-vitesse.
- ✔ Déterminer la nature d'un :
  - mouvement rectiligne uniforme ;
  - mouvement rectiligne uniformément varié ;
  - mouvement curviligne ;
  - mouvement circulaire uniforme.

Découvre le sujet

En ce jour de rentrée scolaire, les parents d'Abdou et d'Aïcha ont conduit leurs enfants au collège.
Abdou a voyagé depuis chez lui jusqu'au collège.
Échange avec tes camarades de classe et établis la liste des données caractéristiques de son voyage.
Recherche à quelles grandeurs physiques elles correspondent.
Précise leurs unités.



Doc. 1 *En route pour l'école.*

Développe le sujet

Activité 1 Découvre le caractère relatif du mouvement

Abdou est assis dans le véhicule, sa ceinture de sécurité est attachée. Le véhicule roule à vive allure.

1. Indique si Abdou est en mouvement :
   a. par rapport au véhicule ?
   b. par rapport au sol ?
   c. par rapport à sa sœur assise à côté de lui ?
2. Indique ce que tu constates.
3. Propose une conclusion.



Doc. 2 *Les ceintures de sécurité bien attachées.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. a. Abdou est immobile par rapport au véhicule. Il se déplace avec lui.
b. Abdou est en mouvement par rapport au sol, aux arbres, aux maisons.
c. Abdou est immobile par rapport à sa sœur. Ils voyagent côte à côte.

2. On constate qu'Abdou peut être en mouvement par rapport à des corps : le sol, les arbres au bord de la route, etc. et immobile par rapport à d'autres corps : la voiture, la ceinture, le siège, etc.

3. L'état de mouvement ou de repos d'un corps n'est pas une propriété du corps, il est défini par rapport à un autre corps. Il est relatif à un autre corps.
Un corps A est en mouvement par rapport à un corps B si la position de A évolue par rapport à B au cours du temps.
Le mouvement possède un caractère relatif.

Activité 2 Découvre et définis un référentiel

1. « Abdou est en mouvement par rapport au sol, et immobile par rapport à la voiture. »
Dans cette phrase :
- indique le corps dont on étudie le mouvement ;
- indique le corps de référence qui permet d'étudier ce mouvement.

2. Propose une définition d'un référentiel.

3. Recherche des exemples d'objets en mouvement dans ton entourage et propose un référentiel pour les étudier.

Bilan de l'activité

1. Dans cette phrase, on étudie le mouvement d'Abdou. Les corps de référence utilisés sont le sol et la voiture.

2. On appelle référentiel le corps solide par rapport auquel on décrit le mouvement d'un autre corps. Abdou est immobile dans le référentiel « voiture », il est en mouvement dans le référentiel « sol ».

3. Exemples de référentiels
Les mouvements habituels sur Terre sont ceux des personnes, des animaux, des véhicules, des ballons, des objets que l'on déplace.
Pour l'étude de ces mouvements dans notre environnement, on utilise comme solide de référence la Terre elle-même, une partie d'elle-même, ou un corps matériel qui lui est lié (maison, arbre, etc.).
Ainsi, le mouvement d'un véhicule est étudié par rapport à la route, le mouvement d'un ballon de football est étudié par rapport au sol du terrain, etc.
Ce n'est pas toujours le cas. Si l'on veut étudier le mouvement de la Terre elle-même dans l'espace, on ne pourra pas la choisir comme référentiel. On prendra le Soleil comme référentiel pour décrire le mouvement de la Terre autour de lui.

Activité 3 Découvre et définis les grandeurs utilisées

1. Dresse la liste des grandeurs physiques permettant d'étudier le voyage d'Abdou.

2. Précise leurs unités.

3. Indique à quelles conditions on pourra déterminer une distance, une durée.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Pour Abdou, l'important est d'arriver à l'heure au collège. Son papa a donc étudié la durée du voyage. Il a tenu compte de la distance à parcourir, de la vitesse de son véhicule, des différentes routes possibles, etc.
2. Les grandeurs physiques sont donc :
   – des grandeurs d'espace : distance en mètres ou en kilomètres ;
   – des grandeurs temporelles : durée du voyage, instant de départ et d'arrivée, en secondes, ou minutes et heures ;
   – des grandeurs dépendant de la distance et de la durée : la vitesse, en mètre par seconde ou en kilomètre par heure.
3. Pour mesurer une distance, il faut un instrument de mesure, une unité de mesure, mais aussi un point de référence servant d'origine de la mesure.
   Pour mesurer une durée, il faut un instrument de mesure, une unité de mesure, mais aussi un instant de référence servant d'origine de la mesure.

Activité 4 Modélise le mouvement d'un corps, découvre la nécessité des repères

Le mouvement d'Abdou peut être complexe. La route peut monter, descendre, tourner à gauche, à droite. Le papa d'Abdou peut rouler vite, ralentir, s'arrêter dans un embouteillage, etc.
Étudions un cas plus simple, celui d'un coureur de 100 m (***document 3***).
Celui-ci parcourt les 100 m de la piste en 10 secondes.

1. Indique le référentiel à choisir pour étudier le mouvement.
2. Indique deux caractéristiques montrant que ce mouvement est plus simple que celui d'Abdou.
3. Indique comment connaître à chaque instant la position du coureur.
4. Indique comment calculer la vitesse du coureur.
5. Précise les repères utilisés.



Doc. 3 *Coureur au départ.*

Bilan de l'activité

1. Il est naturel d'étudier le mouvement du coureur par rapport au sol de la piste. Le sol est donc pris comme référentiel.
2. Le mouvement du coureur est plus simple que celui d'Abdou car :
   – il est horizontal ;
   – il est rectiligne.
3. Pour étudier le mouvement du coureur, nous allons réduire l'étude à un point particulier de ce corps, son centre de gravité.
   Pour connaître la position du coureur à chaque instant, c'est-à-dire la position de son centre de gravité, on a besoin d'un repère d'espace. On prend ici un axe horizontal, orienté dans le sens de la course et dont l'origine est au point de départ du coureur.
4. On peut calculer la vitesse du coureur en calculant le quotient : distance parcourue divisée par la durée du parcours.

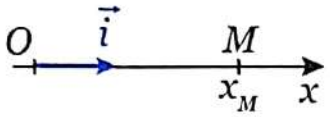
$$V = \frac{d}{\Delta t} ; V = \frac{100}{10} ; V = 10 \text{ m/s}$$

Scanné avec CamScanner

5. Dans ce calcul de vitesse, on a utilisé sans le préciser un repère de temps.
L'instrument de mesure est un chronomètre. L'unité de mesure est la seconde et l'instant de date $t = 0$ seconde est l'instant du départ.
Étudier le mouvement d'un point mobile, c'est connaître à chaque instant sa position et sa vitesse.
Pour cela, nous avons besoin de deux repères :

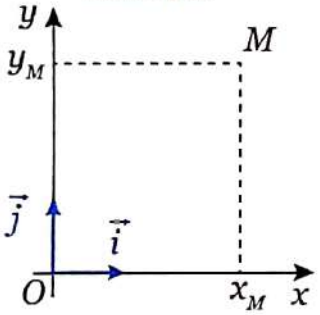
◆ Un repère d'espace

Le repère d'espace est lié à un référentiel. Il permet à chaque instant de déterminer la position du point mobile par ses coordonnées cartésiennes (x, y, z).
Dans le cas du coureur, en modélisant le mouvement comme rectiligne, la position du coureur pourra être représentée par un vecteur position $\overrightarrow{OM} = x_M \vec{i}$ où O est l'origine de l'axe Ox (choisie au point de départ de la course), x_M est l'abscisse du point mobile M (centre de gravité du coureur), et $\vec{i}$ le vecteur unitaire de l'axe Ox.

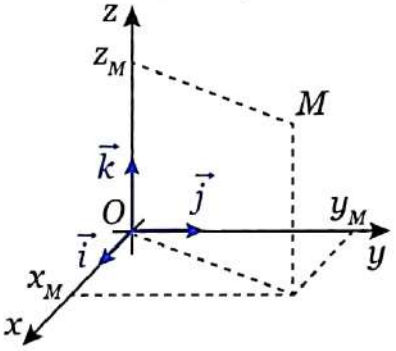


Dans le cas d'un mouvement dans un plan, le repère comporte deux axes Ox et Oy.
Dans le cas d'un mouvement dans l'espace, le repère comporte trois axes : Ox, Oy et Oz.

Dans le plan



Dans l'espace

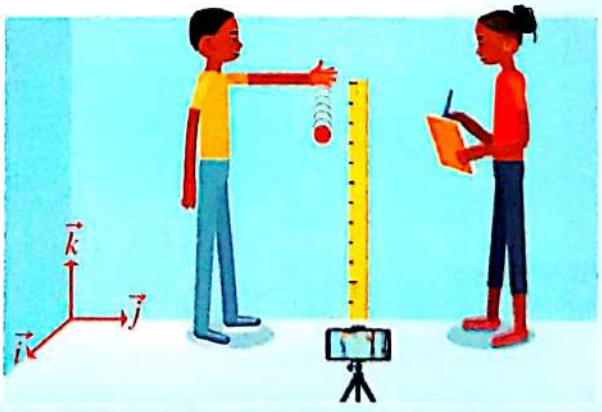


Ainsi, de façon générale, dans l'espace, le vecteur-position d'un mobile M s'écrit :

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

Cette relation se simplifie :
– Si le mouvement a lieu dans un plan : $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$
– Si le mouvement est rectiligne : $\overrightarrow{OM} = x\vec{i}$
On utilise fréquemment deux repères particuliers liés au référentiel Terre :

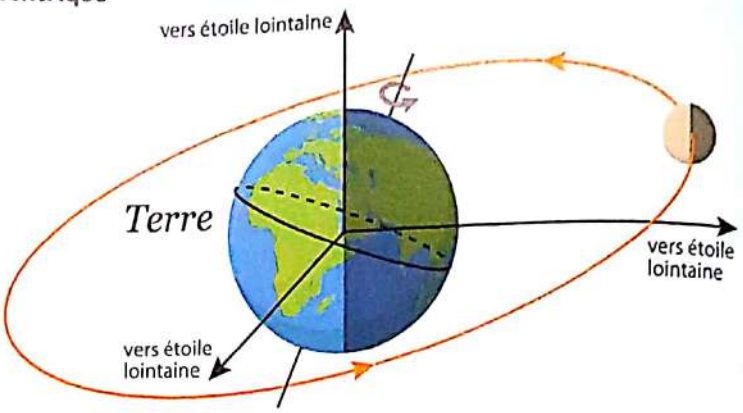
• Le repère (ou référentiel) terrestre
Les axes sont liés au sol ou à un corps lié au sol (salle de classe, maison, arbres, etc.).
Il est approprié pour étudier le mouvement d'un ballon, la chute d'une balle, le mouvement d'un mobile autoporteur, etc.



Scanné avec CamScanner

• Le repère (ou référentiel) géocentrique

Le repère a pour origine le centre de la Terre et ses trois axes sont dirigés vers trois étoiles fixes.
Il est approprié pour étudier le mouvement de la Lune, d'un satellite.

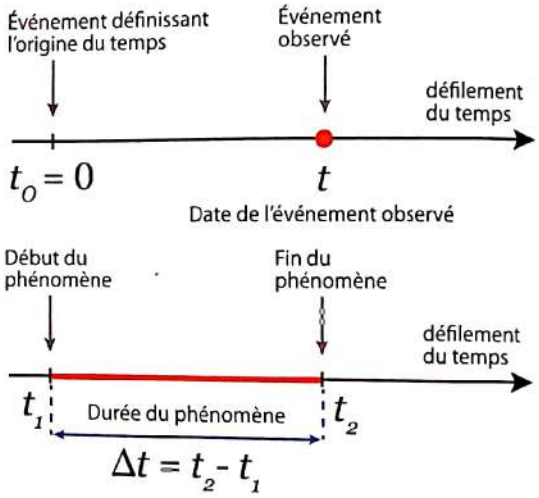


• Le repère (ou référentiel) héliocentrique

Le repère a pour origine le centre du Soleil et ses trois axes sont dirigés vers trois étoiles fixes.
Il est approprié pour étudier le mouvement de la Terre et des planètes.

◆ Un repère de temps

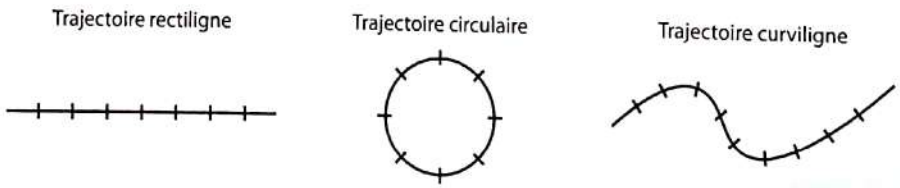
Le temps est une grandeur particulière.
Le temps « passe » sans que l'on puisse l'arrêter ni revenir à une date antérieure au présent.
Pour repérer la date d'un événement, il faut choisir un instant comme origine des dates ($t = 0$) et une unité de durée.
Dès lors, chaque instant possède une date, et l'intervalle entre deux dates est une durée.
L'unité légale de durée (ou de temps) est la seconde (s).



◆ Trajectoire d'un mobile

La trajectoire d'un mobile dans un repère est la courbe constituée de l'ensemble des positions occupées par le mobile au cours de son mouvement.
La trajectoire d'un mobile dépend du référentiel choisi pour l'étude du mouvement.

• Exemples de trajectoires



Activité 5 Précise la vitesse d'un corps en mouvement

« La vitesse du coureur du ***document 3*** de l'activité 4 a pour valeur V = 10 m/s. »

1. Indique si cette affirmation est vraie ou fausse. Précise pourquoi.

2. La vitesse est souvent exprimée en kilomètre par heure. Calcule la vitesse du coureur dans cette unité.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Cette affirmation n'est ni vraie ni fausse. Elle exprime une vitesse moyenne. Le coureur a parcouru une distance de 100 mètres en une durée de 10 secondes. Pendant cette course, sa vitesse a bien été, en moyenne, de 10 m/s. Mais cela ne signifie pas que la vitesse ait été constante tout au long de la course. Il est évident qu'à l'instant du départ, la vitesse du coureur est nulle, qu'elle augmente ensuite sur les premiers mètres pour atteindre une vitesse « de croisière ».
Une connaissance plus précise du mouvement exigerait que l'on connaisse la vitesse à chaque instant. C'est-à-dire qu'il faudrait préciser la valeur de la « vitesse instantanée ».

2. Pour effectuer cette conversion, il faut savoir que 1 km = 10^3 m et que 1 h = 3 600 s.

Donc 1 m = 10^{-3} km et 1 s = $\frac{1}{3\,600}$ h.

Alors V = 10 m/s ; V = 10.10^{-3} km/($\frac{1}{3\,600}$ h) ; V = 36 km/h.

◆ Vitesse moyenne et vitesse instantanée

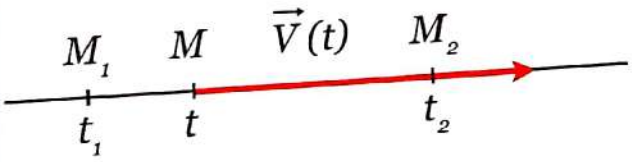
La **vitesse moyenne** est le quotient de la distance parcourue par la durée du parcours :

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

Dans le système international, l'unité légale de la vitesse est le **mètre par seconde (m.s^{-1})**.

La **vitesse instantanée** d'un mobile est sa vitesse à un instant t.
Pour obtenir une vitesse instantanée, on calcule en fait la vitesse moyenne sur la durée la plus brève possible. On détermine la distance parcourue entre deux instants t_1 et t_2 très voisins.

Sens du mouvement

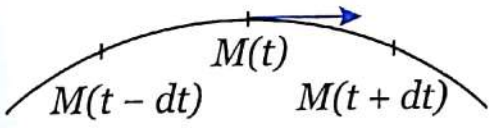


$$V(t) = \frac{M_1M_2}{t_2 - t_1}$$

Cette vitesse peut être considérée comme une grandeur vectorielle en choisissant de définir le déplacement comme un « vecteur-déplacement » orienté de M_1 à M_2 :

$$\vec{V}(t) = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{t_2 - t_1}$$

Dans le cas d'un mouvement curviligne, la définition reste identique mais le vecteur-vitesse est alors porté par la tangente à la trajectoire :



$$\vec{V}(t) = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{t_2 - t_1} = \frac{\overrightarrow{M(t-dt)M(t+dt)}}{(t+dt)-(t-dt)} = \frac{\overrightarrow{M(t-dt)M(t+dt)}}{2\,dt}$$

Dont la norme a pour valeur $V(t) = \frac{M_1M_2}{2dt}$

À un instant t, un vecteur-vitesse $\vec{V}(t)$ est associé à la position M(t) occupée par le mobile.
En un point M, le vecteur-vitesse a pour caractéristiques :
– sa direction : la tangente à la trajectoire au point M ;
– son sens : celui du mouvement ;
– sa norme : la vitesse instantanée au point M : $V(t) = \frac{M_1M_2}{t_2 - t_1} = \frac{M_1M_2}{2dt}$
– son point d'application : le point M.

Scanné avec CamScanner

Cas simples fréquents :

◆ Mouvement rectiligne : la trajectoire est une droite

Mouvement rectiligne uniforme

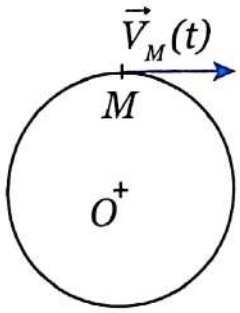
Le vecteur-vitesse est constant.
Sa valeur *V*, sa direction et son sens sont identiques à chaque instant.
Les distances parcourues par le point mobile pendant des durées égales sont égales.

Mouvement rectiligne varié

Le vecteur-vitesse garde la même direction mais son sens et sa valeur peuvent varier.
Les distances parcourues par le point mobile pendant des durées égales sont différentes.
– Si v croît constamment, le mouvement est dit **mouvement rectiligne uniformément accéléré.**
– Si v décroît constamment, le mouvement est dit **mouvement rectiligne uniformément retardé.**

◆ Mouvement circulaire : la trajectoire est un cercle

Si le mouvement est **circulaire et uniforme**, la valeur de la vitesse est constante mais le vecteur-vitesse tangent à la trajectoire voit sa direction tourner en même temps que le point mobile.



Retiens l'essentiel

- ✔ Le mouvement d'un mobile n'est défini que par rapport à un référentiel. Le mouvement a donc un caractère relatif.
- ✔ Un référentiel est le solide par rapport auquel on étudie le mouvement d'un mobile.
- ✔ La position d'un mobile est déterminée par ses coordonnées dans un repère d'espace associé au référentiel.
- ✔ Un repère de temps est défini par une origine des dates (choisie arbitrairement) et une unité de durée.
- ✔ La trajectoire d'un mobile, dans un repère associé à un référentiel, est l'ensemble des positions occupées par le mobile au cours de son mouvement.
- ✔ La forme de la trajectoire d'un mobile dépend du référentiel considéré.
- ✔ La vitesse moyenne est le quotient de la distance parcourue par la durée du parcours : $V_m = \frac{d}{\Delta t}$
- ✔ Dans le système international, l'unité de la vitesse est le mètre par seconde ($m.s^{-1}$).
- ✔ La vitesse instantanée d'un mobile est sa vitesse à un instant t.
  $V(t) = \frac{M_1M_2}{t_2 - t_1} = \frac{M_1M_2}{2dt}$
- ✔ Mouvement rectiligne : la trajectoire est une droite.
- ✔ Mouvement rectiligne uniforme : le vecteur-vitesse est constant.
- ✔ Mouvement rectiligne varié : la trajectoire est une droite, mais la vitesse varie.
- ✔ Mouvement circulaire : la trajectoire est un cercle.
- ✔ Mouvement circulaire uniforme : la trajectoire est un cercle et la valeur de la vitesse est constante. Le vecteur-vitesse n'est pas constant.

Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

- Détermination et représentation d'un vecteur-vitesse.
- Détermination de la nature d'un mouvement.
- Les documents sont obtenus en utilisant des mobiles sur table à coussin d'air.
- Les différentes positions du palet sont relevées à intervalles réguliers de temps $\tau = 60$ ms.

Exploitation du document 1



1. Numérote les points en commençant par M_0 (le mouvement s'effectue de la gauche vers la droite).
2. Mesure les distances entre les points consécutifs $M_i M_{i+1}$.
3. Conclus.
4. Détermine la vitesse instantanée à t_2, $V_2 = \dfrac{M_1M_2}{2\tau}$
5. Détermine la vitesse instantanée aux dates t_5 et t_9.
6. Détermine la nature du mouvement.
7. Représente les vecteurs-vitesses $\vec{v}_2$; $\vec{v}_5$ et $\vec{v}_9$ (2 cm ↔ 0,25 m/s).

Exploitation du document 2



1. Numérote les points en commençant par M_0 (le mouvement s'effectue de la gauche vers la droite).
2. Mesure les distances entre les points consécutifs M_iM_{i+1}. Conclus.
3. Détermine la vitesse instantanée aux dates t_1, t_2 et t_4. Conclus.
4. Représente les vecteurs-vitesses $\vec{v}_1$; $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_4$.
5. Indique la nature du mouvement.

Exploitation du document 3



1. Numérote les points en commençant par M_0.
   (Le mouvement s'effectue dans le sens horaire.)
2. Mesure les distances entre les points consécutifs M_iM_{i+1}.
3. Détermine la vitesse instantanée aux dates t_1, t_4 et t_7. Conclus.
4. Représente les vecteurs-vitesses $\vec{v}_1$; $\vec{v}_4$ et $\vec{v}_7$.
5. Indique la nature du mouvement.

Scanné avec CamScanner

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Les affirmations suivantes sont-elles vraies ou fausses ?

Pour chacune d'elles, place une croix dans la colonne appropriée.

	Vrai	Faux
Dans un repère de temps, l'origine des dates est choisie arbitrairement.		
La connaissance du référentiel suffit pour étudier le mouvement d'un mobile.		
Un repère d'espace est lié à un référentiel.		
Le solide de référence par rapport auquel on étudie un mouvement est appelé référentiel.		
Un objet en mouvement par rapport à un référentiel est en mouvement pour tout autre référentiel.		
La minute est l'unité de temps dans le système international.		
La forme de la trajectoire d'un mobile dépend du référentiel d'étude.		
L'origine des dates d'un repère de temps peut être prise dans le futur.		

Exercice 2

Afin d'emprunter un car de Bouaflé à Korhogo, Namongo se fait accompagner à la gare par son camarade Zamblé. Au moment où le car commence à rouler, Namongo se tient debout, appuyé contre le siège et Zamblé, resté adossé au mur de la gare routière, le prend en photo.

Indique qui de Zamblé ou de Namongo est en mouvement, si on considère :

– la gare comme référentiel ;

– le car comme référentiel.

Exercice 3

Lors de la fête de fin d'année, le match de la finale du tournoi de football a opposé l'équipe de la promotion 2nde à celle de la promotion 1re. Un élève chargé de réaliser un reportage pour le journal du lycée a écrit ce qui suit :

« Dès la troisième minute, l'équipe de la 2nde a marqué le premier but. Mais ce fut une joie de courte durée pour ses supporteurs. Car, une minute après, l'équipe de 1re a égalisé. Ensuite, elle a marqué un deuxième but à la quarantième minute de la première mi-temps pour gagner ainsi le match par 2 à 1. »

1. **Pour l'élève qui a écrit ce commentaire, quelle est :**
   - **l'origine des dates ?**
   - **l'unité de durée choisie ?**
2. **Donne dans ce repère de temps les dates d'inscription des trois buts.**
3. **Détermine la durée entre les deux buts de l'équipe de la promotion 1re.**

Exercice 4

La sprinteuse ivoirienne Ta Lou Marie Josée a remporté la médaille d'or aux Jeux africains de 2019 au Maroc, en parcourant la distance de 100 mètres en 11,48 s.

Calcule sa vitesse moyenne lors de cette course.



Exercice 5

Compte tenu du décalage horaire, l'heure de Paris est en avance de 1 heure par rapport à celle d'Abidjan. Un avion parti d'Abidjan à 21 heures (heure d'Abidjan) arrive à Paris à 05 heures (heure de Paris).

1. **Détermine l'heure à Abidjan lorsque l'avion arrive à Paris.**
2. **Calcule la durée du voyage.**

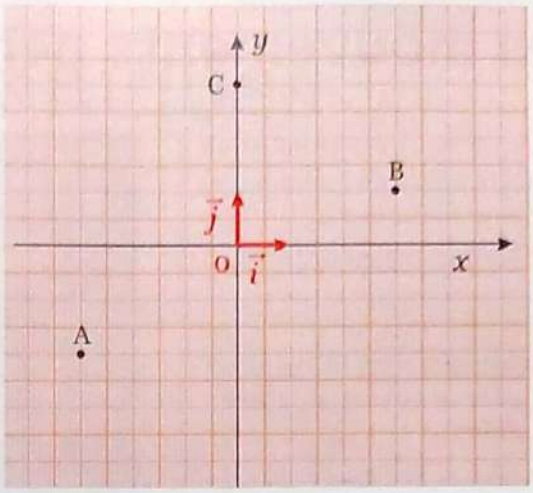
Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 6

On considère les points mobiles dont les positions sont marquées dans le repère ci-contre.

1. Donne les coordonnées des points A, B et C.
2. Exprime les vecteurs-positions $\overrightarrow{OA}$, $\overrightarrow{OB}$ et $\overrightarrow{OC}$.



Exercice 7

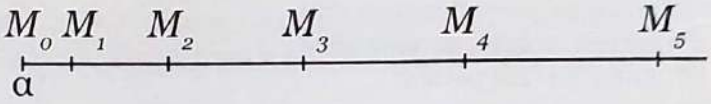
Un automobiliste effectue le trajet Bouaflé-Yamoussoukro, long de 60 km, en 55 min.

Calcule sa vitesse moyenne en $km.h^{-1}$ puis en $m.s^{-1}$.

Réinvestis tes acquis

Exercice 8

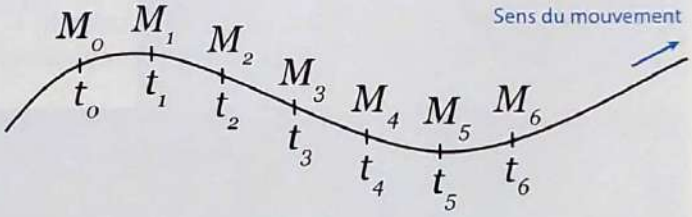
La figure ci-contre reproduit l'enregistrement du mouvement d'un mobile M. Le marquage des positions a été réalisé à intervalles de temps réguliers égaux $\tau = 40$ ms.



1. **Calcule la vitesse de M aux dates t_1 et t_4.**
2. **Représente les vecteurs-vitesses instantanées du mobile aux dates t_1 et t_4.**

Exercice 9

Pour la trajectoire ci-contre, représente les vecteurs-vitesses instantanés du mobile aux dates t_1 et t_5. Le marquage des positions a été réalisé à intervalles de temps réguliers égaux $\tau = 40$ ms.

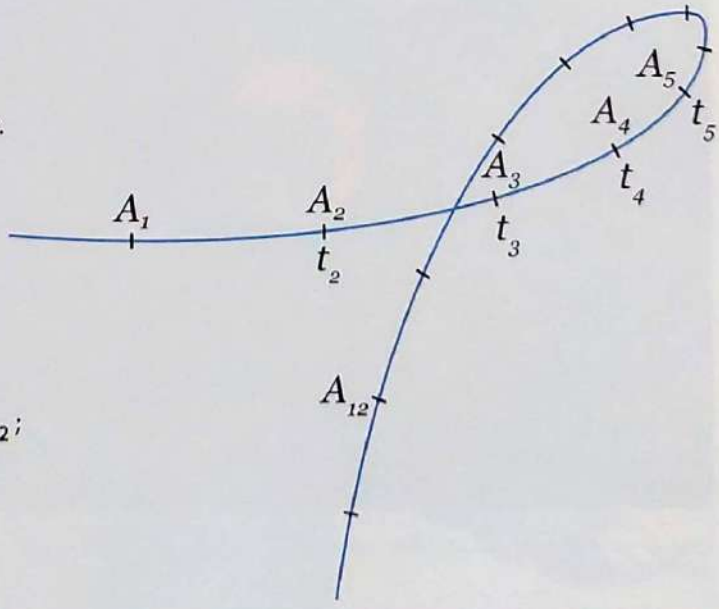


Exercice 10

Une séance de travaux pratiques dans une classe de 2nde C consiste à enregistrer le mouvement d'un point A d'un mobile sur une table à coussin d'air. Ce point A marque sa position sur la table toutes les 20 ms. L'enregistrement obtenu est sur la figure ci-contre.

Tu es sollicité(e) par ton groupe pour l'exploitation du document.

1. **Donne la nature de la trajectoire.**
2. **Détermine :**
   - **le vecteur-vitesse moyenne de A entre t_1 et t_{12} ;**
   - **le vecteur-vitesse instantanée à t_4.**
3. **Représente ces deux vecteurs-vitesses.**
   Échelle : 1 cm ↔ 0,3 m/s



Scanné avec CamScanner

Des mouvements permanents

Chacun de nous est entraîné en permanence dans de nombreux et importants mouvements.

Considère un habitant d'Abidjan.



Doc. 4 *La rotation de la Terre est le mouvement de la Terre sur elle-même autour de l'axe des pôles géographiques.*

- **Mouvement dû à la rotation de la Terre autour de l'axe des pôles**

La latitude de la ville est de 5°21' Nord. Cela signifie que la ville est située à 5 degrés 21 minutes (d'angle) de l'équateur dans l'hémisphère Nord.

Le rayon équatorial de la Terre a pour valeur R = 6 378 km. La ville d'Abidjan et ses habitants décrivent ainsi chaque jour un cercle de rayon 6 354 km autour de l'axe polaire.

Chaque habitant d'Abidjan décrit alors dans l'espace un cercle de circonférence C = 39 923 km en 24 heures. Calcule la vitesse horaire de cet habitant lors de ce mouvement en km/h.

- **Mouvement dû à la rotation de la Terre autour du Soleil**

La Terre tourne autour du Soleil sur un cercle de rayon $R_T = 150.10^6$ km en 365 jours. Calcule la vitesse de l'habitant d'Abidjan dans ce mouvement.



Doc. 5 *La révolution des planètes autour du Soleil. Que de chemin parcouru !*

- **Mouvement dû à la rotation du Soleil autour du centre galactique**

Le Soleil tourne autour du centre de notre galaxie en 220 millions d'années à une vitesse v = 230 km/s. Calcule cette vitesse en km/h.

Et notre galaxie n'est pas immobile… L'homme est donc un très grand voyageur !

Tu dois trouver :
V_1 = 1 663 km/h ;
V_2 = 107 600 km/h ;
V_3 = 828 000 km/h.

Scanné avec CamScanner

2

Actions mécaniques ou forces

Habiletés et contenus

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

Découvre le sujet

Utilise tes connaissances acquises en classe de troisième pour décrire en termes scientifiques les forces qui s'exercent :
– sur le camion blanc ;
– sur le câble (***document 1***).



Doc. 1 *Dépannage d'un camion.*

Développe le sujet

Activité 1 Examine des situations courantes

Examine les situations décrites sur ce ***document 2***.

1. Recherche dans chaque cas les forces qui s'exercent sur le ballon.
2. Précise dans chaque cas l'effet de ces actions mécaniques.



a. Avant le tir



b. Pendant le tir



c. Après le tir



d. Arrêt du gardien

Doc. 2 *Au football.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Avant le tir, le ballon est soumis à son poids et à la réaction du sol.
   Ces deux forces peuvent maintenir le ballon à l'équilibre.
2. Le ballon est toujours soumis à son poids. Il ne touche plus le sol mais il est soumis à l'action de la chaussure du joueur.
   L'action mécanique utile est celle du pied sur le ballon. Elle modifie la trajectoire et la vitesse du ballon. Pendant la durée du contact, elle déforme le ballon.
3. Après le tir, le ballon est soumis à son poids et aux frottements contre l'air.
   Le poids courbe la trajectoire vers le sol.
   Les frottements diminuent la vitesse du ballon.
4. Le ballon est soumis à son poids et à l'action des mains du gardien.
   L'action des mains diminue la vitesse du ballon et modifie sa trajectoire. Puis cette action maintient le ballon à l'équilibre.

Une action mécanique peut :

- ✔ **Mettre en mouvement un corps**
- ✔ **Déformer un corps**
- ✔ **Modifier le mouvement d'un corps**
- ✔ **Maintenir un corps en équilibre**

Activité 2 Détermine des propriétés de ces actions mécaniques

Tu as appris en classe de troisième à distinguer les forces à distance des forces de contact, ainsi qu'à distinguer les forces réparties et les forces localisées.
Établis et complète un tableau correspondant aux quatre cas du ***document 2***.

cas	forces	à distance	de contact	localisée	répartie
a	poids				
	réaction du sol				
b	poids				
	action du pied				
c	poids				
	frottements de l'air				
d	poids				
	action des mains				

Bilan de l'activité

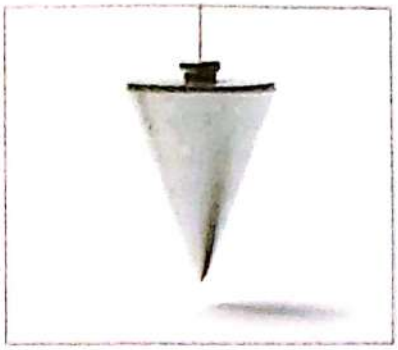
- Le poids : le poids correspond à l'attraction que la Terre exerce sur le ballon. Il s'agit d'une force à distance.
  Cette action est répartie dans toute la matière.
- Les actions du sol, de la chaussure, des gants sur le ballon sont des forces de contact, elles s'annulent dès que le contact cesse.
  Elles sont réparties sur toute la surface de contact.
  Si la surface de contact se réduit à une zone pratiquement ponctuelle, elles deviennent localisées.

Scanné avec CamScanner

Activité 3 Modélise des actions mécaniques

Les fils à plomb sont utilisés pour vérifier la verticalité d'un mur, d'un bâti de porte, d'un meuble, etc.
Le « plomb » est en équilibre.

1. Détermine les forces qui s'exercent sur lui.
2. Précise leurs propriétés.
3. Indique les caractéristiques qui permettent une modélisation par une flèche pour chacune de ces forces.
4. Représente ces modèles sur un schéma.



Doc. 3 Un fil à plomb.

Bilan de l'activité

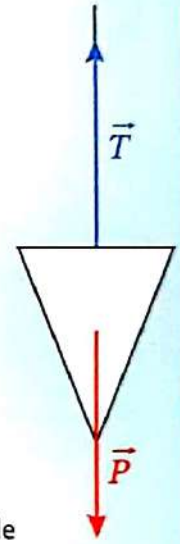
1. Le « plomb » est soumis à deux forces : son poids et la tension du fil qui le soutient.
2. Le poids est une force à distance, répartie dans toute la matière.
   La tension du fil est une force de contact localisée. Elle s'exerce au point d'attache du fil.
3. les caractéristiques sont : la direction, le sens, l'intensité, le point d'application.

Poids :

– direction : verticale
– sens : vers le bas
– intensité : P
– point d'application : le poids est une force répartie dans toute la matière, mais nous avons appris à la modéliser en l'appliquant au centre de gravité de l'objet.

Tension du fil :

– direction : verticale
– sens : vers le haut
– intensité : T
– point d'application : le point d'attache du fil sur le plomb.

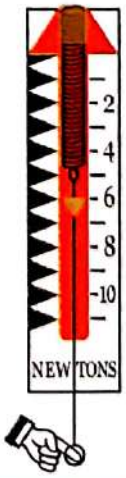


4. On peut alors représenter ces actions mécaniques par des flèches traduisant l'ensemble de ces caractéristiques.
   Remarque : ces caractéristiques permettent de modéliser une force par une grandeur vectorielle.

Activité 4 Détermine l'intensité des actions mécaniques

Observe le ***document 4*** et utilise tes connaissances acquises en classe de troisième.

1. Nomme l'appareil utilisé.
2. Rappelle l'unité de mesure de l'intensité d'une force et son symbole.
3. Détermine la valeur de l'intensité de la force exercée par la main sur le crochet.



Doc. 4 Mesure de l'intensité d'une force.

Bilan de l'activité

1. L'appareil utilisé est un dynamomètre.
2. L'unité de mesure de l'intensité d'une force est le newton, de symbole N.
3. La main exerce sur le crochet une force d'intensité six newtons, F = 6 N.

Scanné avec CamScanner

Activité 5 Identifie et modélise des actions mécaniques

Considère les deux situations décrites par les documents du tableau suivant.
Complète le tableau.





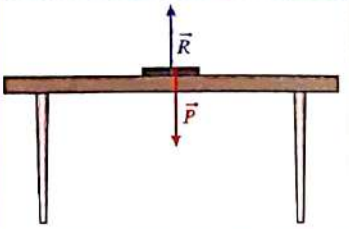
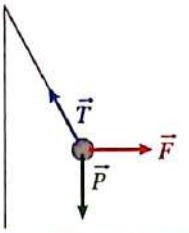
Situation	Téléphone posé sur une table horizontale		Écrou suspendu soumis à l'action d'un aimant		
Objet étudié	Téléphone		L'écrou		
Forces appliquées à l'objet					
À distance/de contact					
Répartie/localisée					
Direction					
Sens					
Point d'application					
Symbole					
Modélisation schématique					

- Détermine la relation entre la tension et l'allongement d'un ressort.

Bilan de l'activité

Situation	Téléphone posé sur une table horizontale		Écrou suspendu soumis à l'action d'un aimant		
Objet étudié	Téléphone		L'écrou		
Forces appliquées à l'objet	Poids	Réaction de la table	Poids	Tension du fil	Force magnétique
À distance/de contact	À distance	De contact	À distance	De contact	À distance
Répartie/localisée	Répartie en volume	Répartie en surface	Répartie en volume	Localisée	Répartie en volume
Direction	Verticale	Verticale	Verticale	Celle du fil	Horizontale
Sens	Vers le bas	Vers le haut	Vers le bas	Vers le haut	Vers l'aimant
Point d'application	Centre de gravité	Sur la surface de contact, à l'aplomb du centre de gravité	Centre de gravité	Point d'attache du fil	Centre magnétique (qu'on peut confondre avec le centre de gravité)
Symbole	$\vec{P}$	$\vec{R}$	$\vec{P}$	$\vec{T}$	$\vec{F}$

Scanné avec CamScanner

Modélisation schématique		
		

Activité 6 Approfondis les caractéristiques du poids

Considère une boule métallique homogène de masse m = 0,200 kg.

1. Définis ce qu'est son poids.

2. Établis les caractéristiques de cette force.

3. Précise les caractéristiques de sa modélisation géométrique et mathématique.

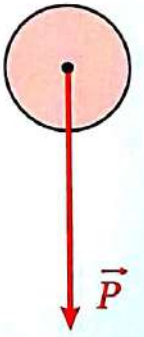
Bilan de l'activité

1. Le poids de la boule est la force d'attraction que la Terre exerce sur cette boule.

2. Il s'agit d'une force à distance répartie dans toute la matière.
Cela signifie que chaque parcelle de matière est attirée par la Terre. On appelle poids de la boule la somme de toutes ces attractions au niveau microscopique.
Le point d'application de la somme de toutes ces attractions microscopiques est modélisé par le centre de gravité. C'est le centre de symétrie pour un objet homogène de forme simple. Ici, c'est le centre de la boule.

3. Le poids est modélisé par un vecteur représenté par une flèche dont les caractéristiques sont les suivantes :
- direction : verticale
- sens : vers le bas
- point d'application : le centre de gravité, noté G
- intensité : P = mg, où g est la valeur de l'intensité de la pesanteur :
  g = 9,8 N/kg
  P = 0,200 x 9,8 ; P = 1,96 N

La longueur de la flèche est fonction de l'échelle de représentation choisie. Par exemple, si on choisit qu'une intensité de 1 N soit représentée par une longueur de 1 cm, la flèche aura une longueur de 1,96 cm.

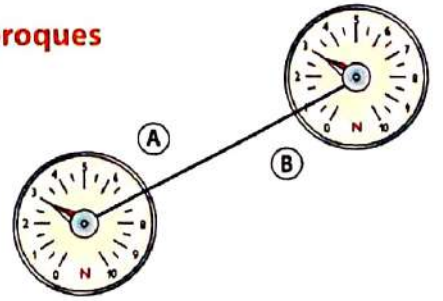


Activité 7 Découvre et énonce le principe des actions réciproques

Tu disposes de deux dynamomètres que tu relies par un fil.
Maintiens fixe l'un ou l'autre des dynamomètres et déplace le second.

1. Indique ce que tu constates.

2. Cette constatation est générale et est reconnue comme principe. Propose une formulation de ce principe.



Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. On constate que lorsque le fil est tendu, les indications des dynamomètres ont même valeur. Les forces exercées mutuellement par l'un des dynamomètres sur l'autre ont donc même direction, sens opposés et intensités identiques.
2. Principe : lorsque deux corps A et B sont en interaction, si le corps A exerce sur le corps B une force F, le corps B exerce sur le corps A une force de même direction, de même intensité et de sens opposé.
Force exercée par le corps A sur le corps B : on la note $\vec{F}_{A/B}$.
Force exercée par le corps B sur le corps A : on la note $\vec{F}_{B/A}$.
Le principe des actions réciproques est traduit par la relation mathématique :

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

Remarque : ce principe est général, il s'applique aux forces de contact comme aux forces à distance.

Activité 8 Utilise le principe des actions réciproques

Observe le document ci-contre.

1. Détermine les caractéristiques de la force que le pied exerce sur le sol.
2. Détermine les caractéristiques de la force que le sol exerce sur le pied.
3. Déduis de ta réflexion quelle est la force responsable du mouvement de l'athlète.



Doc. 5 La force de l'athlète.

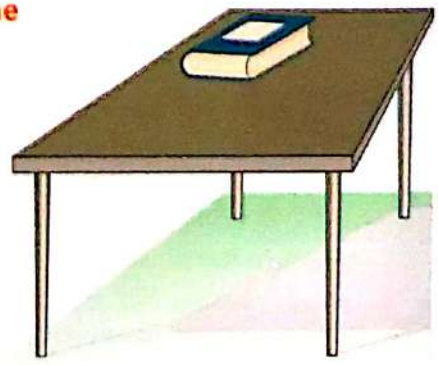
Bilan de l'activité

1. Le pied exerce (par l'intermédiaire de la chaussure) une action sur le sol :
   - de direction globalement parallèle à la jambe d'appui ;
   - de la chaussure vers le sol et vers l'arrière du mouvement (sens) ;
   - avec la zone de contact entre la semelle et le sol (point d'application).
2. D'après le principe des actions réciproques, le sol exerce sur le pied une force opposée :
   - de direction parallèle à la jambe d'appui ;
   - du sol vers la chaussure (sens) ;
   - avec la zone de contact entre le sol et la semelle (point d'application).
3. La force responsable du mouvement de l'athlète vers l'avant est donc la réaction du sol.

Activité 9 Identifie les forces qui s'exercent sur un système

Considère le système suivant : un livre est posé sur une table posée sur un sol horizontal.

1. Détermine les forces qui s'exercent sur le livre.
2. Détermine les forces qui s'exercent sur la table.
3. Détermine les forces qui s'exercent sur le système « table-livre ».
4. Propose une conclusion à tes réflexions.



Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Sur le livre s'appliquent deux forces : son poids et la réaction de la table.

2. Sur la table s'appliquent six forces :
- le poids de la table ;
- les réactions du sol au niveau des quatre pieds ;
- l'action de contact exercée par le livre sur le plateau de la table.

3. Sur le système « table-livre » s'appliquent :
- le poids de la table ;
- le poids du livre ;
- les **réactions** du sol au niveau des quatre pieds.

4. Suivant le système étudié, les forces ne sont pas les mêmes.
- Dans tous les cas, le poids est une force extérieure au système.
- Les actions de contact peuvent être extérieures ou intérieures au système étudié.
- Les actions de contact entre le livre et la table sont extérieures au livre ou à la table, elles sont intérieures au système « table-livre ».

De même, les réactions du sol au niveau des quatre pieds de la table ne concernent pas l'étude du système « livre ».

On doit toujours préciser le système mécanique étudié et distinguer les forces extérieures et intérieures qui s'appliquent à lui.

Ce sont les forces extérieures au système qui sont responsables de son état d'équilibre ou de son mouvement.

Activité 10 Étudie la déformation d'un ressort

Accroche une masse marquée de valeur connue m à un ressort.

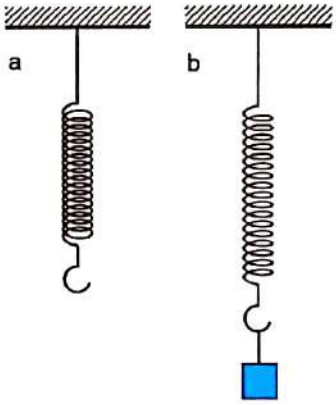
1. Indique tes observations.

2. Représente sur un schéma les forces s'exerçant sur la masse.

3. Précise les caractéristiques de ces forces.

4. Accroche ensuite une masse de valeur $m' = 2\ m$.
Décris tes observations et propose une conclusion.

5. Propose une relation mathématique traduisant ta conclusion.



Bilan de l'activité

1. Lorsqu'on accroche la masse marquée et qu'on l'abandonne, on constate qu'après un certain nombre d'oscillations, la masse s'immobilise. On constate que le ressort subit un allongement Δl.

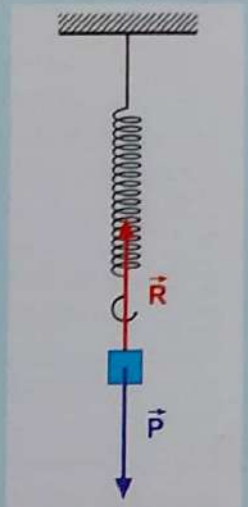
2. Sur la masse marquée s'appliquent deux forces :
- son poids ;
- la réaction du ressort s'exerçant au point d'attache.

3. **Poids**
- direction : verticale
- sens : du haut vers le bas
- point d'application : le centre de gravité du solide
- intensité : $P = mg$

Scanné avec CamScanner

Réaction du ressort

Le principe des actions réciproques nous apprend que cette force est opposée au poids de la masse.
- direction : verticale
- sens : du bas vers le haut
- point d'application : le point d'attache sur la masse marquée
- intensité : R = P



4. En accrochant la masse m' = 2 m, on constate que l'allongement du ressort est double du précédent : $(\Delta\ell)' = 2\,\Delta\ell$
On constate que l'allongement du ressort est proportionnel à la valeur de la masse, c'est-à-dire à la valeur du poids responsable de cet allongement.
Cela signifie aussi que la réaction du ressort est proportionnelle à son allongement.

5. On peut écrire la relation suivante : $R = k.\Delta\ell$
K est la constante de raideur du ressort. Son unité est le newton par mètre, $N.m^{-1}$.

Retiens l'essentiel

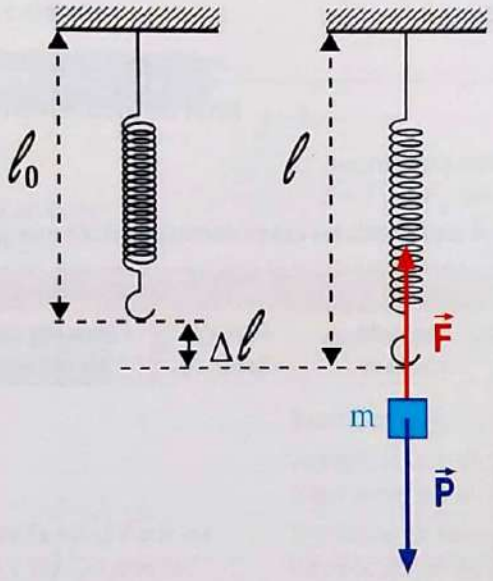
- ✔ **Une action mécanique peut :**
  - **mettre un corps en mouvement ou modifier ce mouvement ;**
  - **déformer un corps ou le maintenir en équilibre.**
- ✔ **Une action mécanique est appelée force.**
- ✔ **La force est une grandeur vectorielle. Ses caractéristiques sont : la direction, le sens, l'intensité ou la norme et le point d'application.**
- ✔ **L'unité de l'intensité des forces est le newton de symbole N.**
- ✔ **Il existe des forces :**
  - **s'exerçant à distance : le poids, les forces magnétiques et électriques, etc.**
  - **de contact : réaction du sol, tension d'un fil, poussée d'Archimède, etc.**
- ✔ **Une force peut être localisée (tension d'un fil), répartie en volume (le poids) ou en surface (réaction d'un plan sur un objet plat).**
- ✔ **La tension (T) d'un ressort est proportionnelle à son allongement.**
  $T = k(\ell - \ell_0)$
- ✔ **Le coefficient de proportionnalité noté k est appelé constante de raideur du ressort.**
- ✔ **Énoncé du principe d'interaction (ou principe des actions réciproques) :**
  Lorsque deux corps A et B sont en interaction (de contact ou à distance), si le corps A exerce sur le corps B une force $\vec{F}_{A/B}$, alors le corps B exerce sur le corps A une force $\vec{F}_{B/A}$ telle que :
  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$
- ✔ **Le corps ou l'ensemble des corps que l'on désire étudier constitue un système mécanique.**
- ✔ **Tout ce qui n'appartient pas au système constitue le milieu extérieur au système.**
- ✔ **Une force est extérieure quand elle est exercée sur le système par un acteur extérieur au système.**
- ✔ **Quand une partie du système interagit avec une autre partie du système, les actions sont modélisées par des forces dites « intérieures » au système.**

Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

Exploitation du document

1. Accroche un ressort de longueur ℓ_0 à un support fixe.
2. Accroche une masse marquée à l'extrémité libre du ressort.
3. La masse étant dans sa position d'équilibre, mesure la longueur l du ressort.
   Calcule la valeur de son allongement : $\Delta\ell = \ell - \ell_0$.
4. Effectue l'opération avec différentes masses marquées et relève les résultats dans un tableau.
5. Complète le tableau avec les valeurs de P, poids de la masse, et F, tension du ressort.
6. Indique ce que tu constates pour la valeur du quotient $F/\Delta\ell$.
7. Ce quotient est appelé constante de raideur du ressort. Propose une unité pour l'exprimer.
8. Établis la relation entre la tension et l'allongement du ressort.
9. Trace la courbe d'équation $T = f(\Delta\ell)$.



Valeur de la masse m	Valeur du poids P = mg	Valeur de la tension F	Longueur du ressort ℓ	Allongement du ressort $\Delta\ell = \ell - \ell_0$	Valeur du quotient $F/\Delta\ell$
0	0	0	ℓ_0	0	

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Complète le texte ci-dessous avec les mots ou groupes de mots suivants :
sens, équilibre, dynamomètre, direction, action mécanique, newton, modifier, vectorielle.

La force est une grandeur physique. Elle se définit comme une ..... capable de mettre en mouvement un corps, de ..... le mouvement d'un corps, de déformer un corps ou de le maintenir en ..... . Toute force est caractérisée par son point d'application, sa ....., son ....., et son intensité. L'intensité d'une force se mesure avec un ..... . L'unité légale de l'intensité d'une force est le ..... dont le symbole est N. On modélise une force comme une grandeur ..... .

Exercice 2

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

Les forces sont invisibles, mais on perçoit les ..... de leurs actions.

Certaines forces ont pour effet de ..... les corps auxquels elles sont appliquées.

D'autres forces ont pour effet de ..... l'état de mouvement ou l'état de repos des corps.

Exercice 3

Dans le tableau ci-dessous, mets une croix dans les cases correspondant aux qualités de chaque force.

Force	Qualificatifs attribués				
	Force de contact	Force à distance	Force répartie en volume	Force répartie en surface	Force localisée
La tension d'un fil					
Le poids d'un corps					
La tension d'un ressort					
La force électrostatique					
La réaction d'un plan					
La force magnétique d'un aimant					

Exercice 4

Dis si chacune des propositions suivantes est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Une force ne peut pas déplacer un objet.		
Une force peut changer la trajectoire d'un objet qui se déplace.		
Une force peut changer la forme d'un objet.		
Le poids est une force de contact.		
L'intensité d'une force s'exprime en newtons.		
Deux forces d'interactions ont même intensité, même direction et même sens.		

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 5

Relie les caractéristiques d'une force aux éléments du vecteur qui la représentent.

Caractéristiques de la force	Éléments du vecteur
Direction •	• Origine du vecteur
Sens •	• Droite support du vecteur
Intensité •	• Pointe du vecteur
Point d'application •	• Longueur du vecteur

Exercice 6

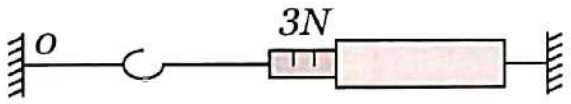
Écris les mots ou groupes de mots suivants dans l'ordre de façon à construire une phrase qui a un sens.

une force $\vec{F}_{A/B}$ | deux corps A et B | telles que $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$ | sont en interaction | une force $\vec{F}_{B/A}$ | exerce | sur le corps B | et le corps B | sur le corps A | lorsque | le corps A exerce.

Réinvestis tes acquis

Exercice 7

Représente la force que le fil exerce en 0 sur le support à l'échelle : 0,5 cm pour 1 N.



Exercice 8

Détermine les projections F_x et F_y de la force $\vec{F}$ sur les deux axes perpendiculaires x'Ox et y'Oy. On donne : F = 4 N ; α = 30°. α est l'angle de F avec l'axe x'Ox.

Exercice 9

La force $\vec{F}$ provoque un allongement du ressort de 4 cm.

Sa constante de raideur est k = 50 N.m^{-1}

Calcule l'intensité F de la force appliquée.



Exercice 10

Le professeur de physique-chimie décrit partiellement deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$.

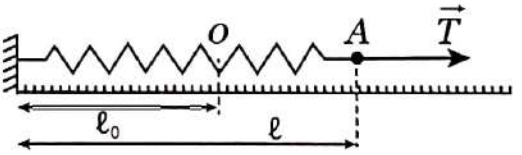
- Les intensités sont respectivement $F_1 = 4$ N et $F_2 = 6$ N.
- $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ ont le même point d'application et la même direction.

1. **Représente ces deux forces et leur somme : $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ dans les cas suivants :**
   - **a.** Les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ ont le même sens.
   - **b.** Les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ sont de sens contraires.
2. **Détermine les caractéristiques de $\vec{F}$ dans chacun des cas précédents.**

Exercice 11

Tu réalises une série d'expériences en vue de déterminer les caractéristiques d'un ressort.

Tu utilises un ressort à spires non jointives, de constante de raideur k et de longueur à vide ℓ_0.



Soumis à une tension $T_1 = 1$ N, la longueur du ressort est $\ell_1 = 22$ cm.

Soumis à une tension $T_2 = 4$ N, la longueur du ressort est $\ell_2 = 28$ cm.

1. **Détermine la longueur à vide ℓ_0 du ressort.**
2. **Détermine la constante de raideur du ressort.**
3. **Trace la courbe T = f ($l - l_0$).**
4. **Détermine graphiquement la valeur de la tension pour un allongement de 5 cm.**
5. **Détermine graphiquement l'allongement du ressort pour une tension de 3,5 N.**

Scanné avec CamScanner

Forces s'exerçant sur les objets volants

Les oiseaux, de nombreux insectes, des mammifères comme les chauves-souris volent.

Il suffit de les observer pour comprendre que la nature a adopté de nombreuses solutions pour satisfaire cet objectif : voler !

L'homme a cherché à imiter cette nature pour satisfaire ce vieux rêve de l'humanité : se déplacer en volant.

Il a fallu attendre le début du vingtième siècle pour que ce rêve devienne peu à peu réalité.

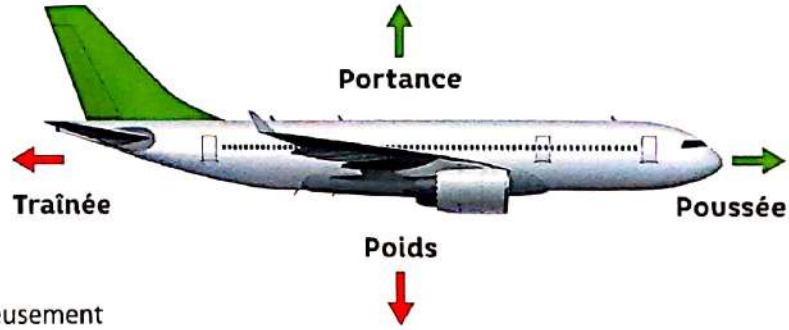
L'obstacle principal est *a priori* le poids, cette force qui nous attire vers la Terre, qui nous maintient au sol. Il fallait donc mettre en œuvre une force verticale, dirigée vers le haut capable de s'opposer au poids.

Ensuite, lors d'un déplacement dans l'air, des forces de frottements opposées au mouvement apparaissent nécessairement.

Il suffit pour s'en convaincre de passer une main par la fenêtre d'une automobile en mouvement pour comprendre que cette force est importante. Mais la même main permettra de sentir que ce mouvement de l'air autour de la main peut avoir tendance à l'élever comme à la rabattre vers le sol.

- **Ainsi, les forces principales qui s'exercent sur un avion en vol peuvent-elles être modélisées par quatre forces :**

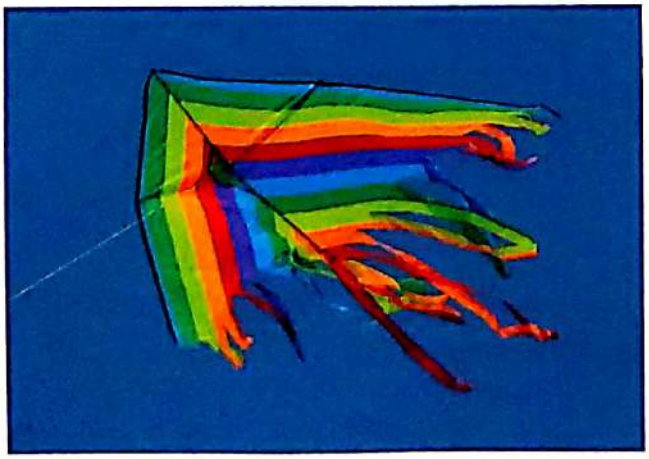
– **le poids de l'avion ;**
– **la portance : qui s'oppose au poids ;**
– **la traînée : ensemble des forces de frottements contre l'air, s'opposant au mouvement ;**
– **la poussée : force exercée par les hélices ou les réacteurs sur l'air.**



Doc. 6 *Les forces sur un avion de ligne.*

La forme des ailes et du fuselage est soigneusement étudiée pour améliorer la portance et diminuer la traînée, mais une simple feuille de papier pliée est capable de présenter une portance favorable au vol.

- **Recherche :** quelles sont les forces qui s'exercent sur ce cerf-volant et sur ce rapace planant élégamment ?



Doc. 7 *Un cerf-volant.*



Doc. 8 *Un aigle en plein vol.*

Scanné avec CamScanner

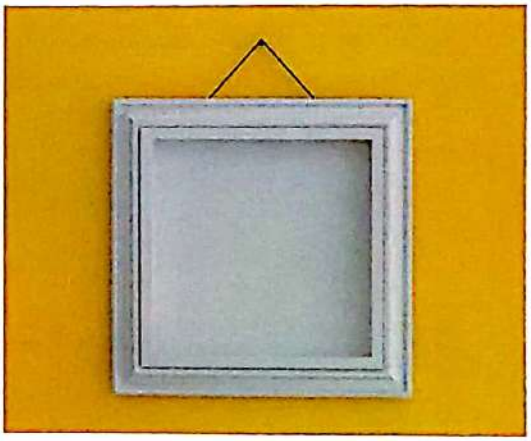
Équilibre d'un solide soumis à deux ou trois forces

Habiletés et contenus

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

Découvre le sujet

Tu souhaites suspendre un cadre au mur à l'aide d'une ficelle et d'un crochet.
Tu peux accrocher la ficelle en un seul point du cadre ou en plusieurs points.
Indique quels sont les avantages de la solution retenue sur le ***document 1***.
Détermine les forces qui s'exerceront sur le crochet mural.
Compare les tensions du fil au niveau du crochet au poids du cadre.



Doc. 1 *Cadre accroché au mur.*

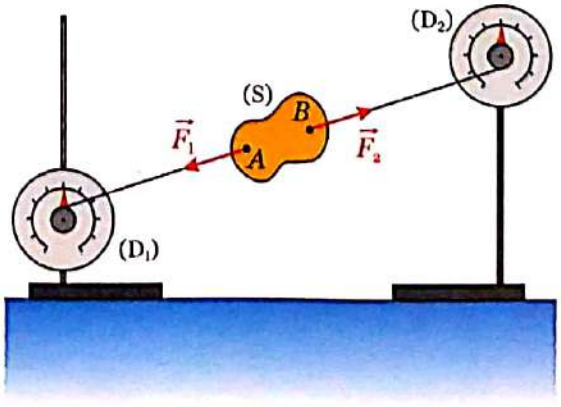
Développe le sujet

Activité 1 Retrouve les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces

Attache deux fils aux points A et B d'une petite plaque d'un matériau léger. Relie ces fils à des dynamomètres et mets-les en tension.

La plaque étant en équilibre (immobile) :

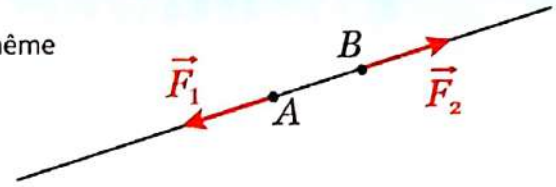
1. Détermine les caractéristiques des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ exercées par les fils sur la plaque respectivement aux points A et B.
2. Représente sur un schéma la plaque et les forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$.
3. Indique sous forme mathématique les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.
4. Explique pourquoi on utilise une plaque de petites dimensions faite d'un matériau peu dense.



Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Lorsque l'objet est en équilibre, on constate que :
  - Les deux fils sont alignés : les forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ ont la même direction.
  - Les forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ sont de sens opposés.
  - Les dynamomètres indiquent la même valeur : $F_1 = F_2$.
  - Ces propriétés peuvent s'exprimer par la relation : $\vec{F_1} = -\vec{F_2}$
    Équivalente à : $\vec{F_1} + \vec{F_2} = \vec{0}$



- En fait, la plaque possède une masse, donc il existe une troisième force : le poids. Le poids doit être négligeable devant les forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$.

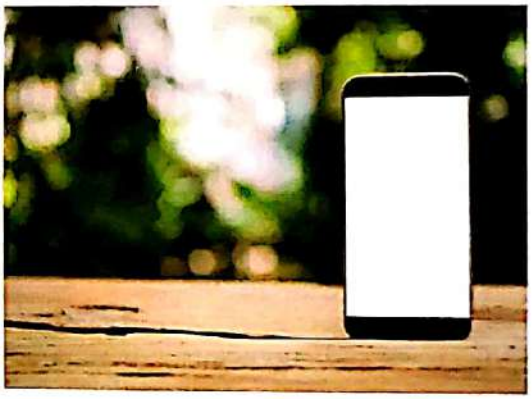
Activité 2 Étudie le cas d'un solide posé sur un support plan horizontal

L'inventaire des forces a été étudié dans l'activité 5 du chapitre précédent dans le cas d'un téléphone posé sur une table.

1. Écris la relation entre ces forces qui traduit la situation d'équilibre.

2. Schématise cette situation d'équilibre.

3. Le téléphone est maintenant posé comme sur le ***document 2***. Indique pourquoi cette position d'équilibre est moins stable que la précédente.

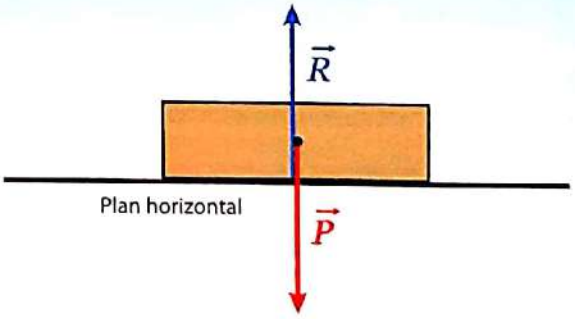


Doc. 2 *Équilibre instable.*

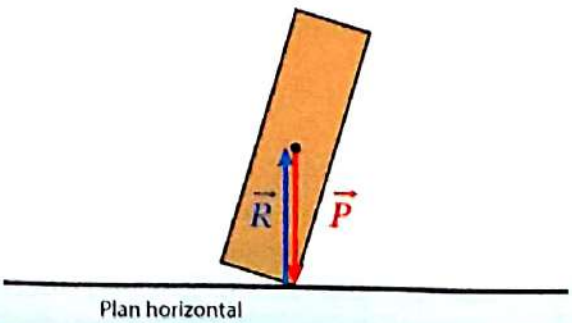
Bilan de l'activité

Système étudié : le solide

- Il est en équilibre sous l'action de son poids $\vec{P}$ et de la réaction $\vec{R}$ du plan horizontal, alors :
  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$
- Lors de la représentation, il faut veiller à ce que $\vec{P}$ et $\vec{R}$ aient la même droite d'action et qu'ils soient représentés par des vecteurs de même longueur.



- Pour que l'équilibre existe, il est nécessaire que les forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ aient la même droite d'action. Cela n'est possible que si la verticale du centre de gravité passe par la surface de contact. Au-delà, le solide bascule.



Scanné avec CamScanner

Activité 3 Étudie le cas d'un solide posé sur un support plan incliné

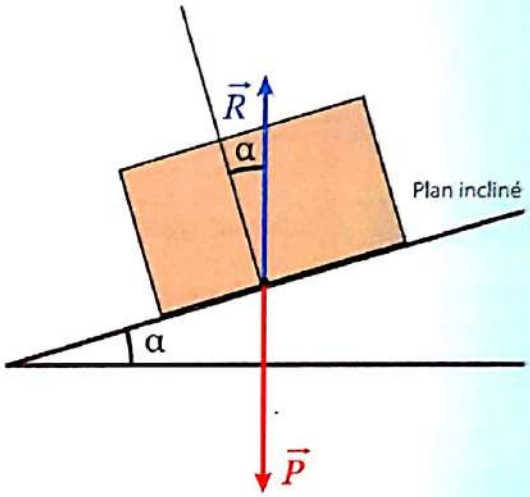
Le solide est en équilibre.

1. Écris la relation entre les forces en présence.
2. Déduis de cela la nécessité des forces de frottement pour le maintien à l'équilibre.
3. Propose une schématisation vectorielle mettant en évidence cette force de frottement.

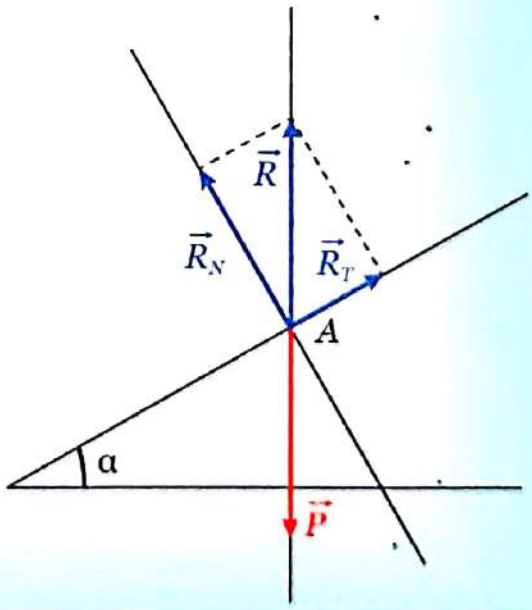
Bilan de l'activité

Système étudié : le solide

- Il est en équilibre sous l'action de son poids $\vec{P}$ et de la réaction $\vec{R}$ du plan incliné, alors :
  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$
- Lors de la représentation, il faut veiller à ce que $\vec{P}$ et $\vec{R}$ aient la même droite d'action et qu'ils soient représentés par des vecteurs de même longueur.
- Cela signifie que la réaction du plan n'est pas orthogonale au plan, elle est verticale.
  Elle fait un angle α avec la normale au plan incliné.
- Sur un support parfaitement glissant, l'équilibre serait impossible, la réaction serait normale au plan et la somme des deux forces $\vec{P}$ et $\vec{R}$ ne pourrait pas être nulle.



- La réaction du support, opposée au poids, peut être considérée comme la somme de deux forces composantes :
  – une composante normale au plan incliné $\vec{R}_N$ qui interdit au solide de s'enfoncer dans le support ;
  – une composante tangentielle au plan incliné qui interdit au solide de glisser, $\vec{R}_T$.
- Cette composante $\vec{R}_T$ est égale à la force de frottement entre le solide et le support. Elle est dirigée vers le haut du plan incliné.
- La valeur de cette composante, $\vec{R}_T$, dépend de l'angle α. À partir d'une certaine valeur de l'angle, elle devient insuffisante pour empêcher le solide de glisser.
- La condition d'équilibre peut s'écrire :
  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$
  Avec $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{R}_T$
  $\vec{P} + \vec{R}_N + \vec{R}_T = \vec{0}$



Activité 4 Étudie le cas d'un solide suspendu à un fil

L'inventaire des forces a été étudié dans l'activité 3 du chapitre précédent.

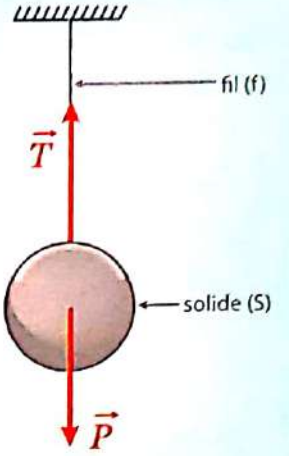
1. Écris la relation entre ces forces qui traduit la situation d'équilibre.
2. Schématise cette situation d'équilibre.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

Système étudié : la bille

- Elle est en équilibre sous l'action de son poids $\vec{P}$ et de la tension $\vec{T}$ du fil, alors :
  $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$
- Lors de la représentation, il faut veiller à ce que $\vec{P}$ et $\vec{T}$ aient la même droite d'action et soient représentés par des vecteurs de même longueur.



Activité 5 Étudie les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces non parallèles

Attache trois fils aux points A, B et C d'une petite plaque d'un matériau léger.
Relie ces fils à des dynamomètres et mets-les en tension.
La plaque étant en équilibre :

1. Détermine les caractéristiques des forces $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ exercées par les fils sur la plaque respectivement aux points A, B et C.
2. Représente sur un schéma la plaque et les forces $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$.
3. Indique sous forme mathématique les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces.

Bilan de l'activité

- Les forces ont la direction des fils et leurs intensités sont indiquées par les dynamomètres.
- Lorsque le solide soumis à trois forces non parallèles $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ est en équilibre, on constate que :
  – les droites d'action des trois forces sont coplanaires ;
  – les droites d'action des trois forces sont concourantes ;
  – la somme vectorielle des forces est nulle : $\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0}$.

Retiens l'essentiel

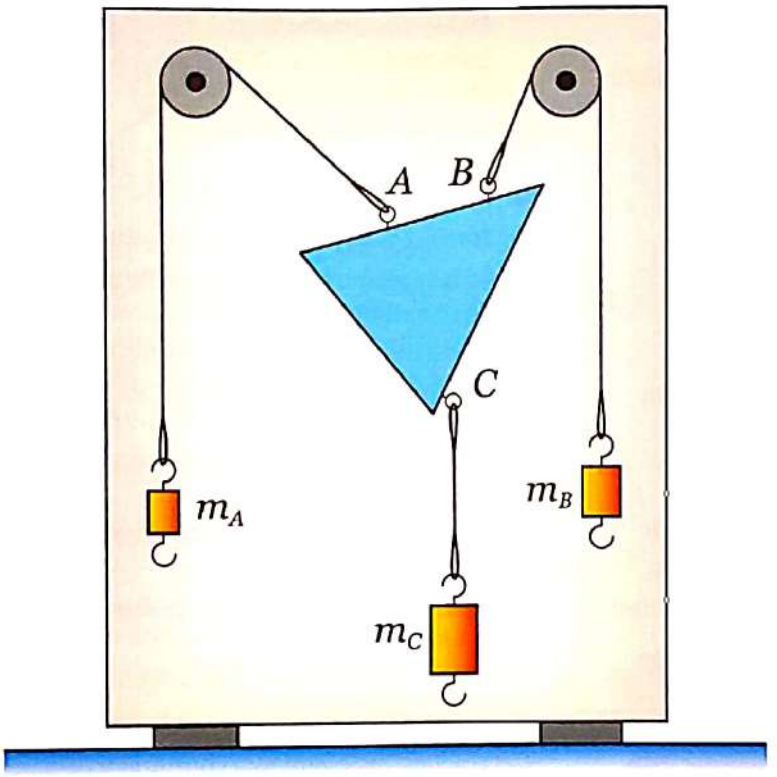
- ✔ **Lorsqu'un solide soumis à l'action de deux forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ est en équilibre, alors nécessairement :**
  – les deux forces ont la même droite d'action ;
  – la somme vectorielle de ces forces est nulle : $\vec{F_1} + \vec{F_2} = \vec{0}$.
- ✔ **Lorsqu'un solide soumis à trois forces non parallèles $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ est en équilibre, alors nécessairement :**
  – les trois forces sont coplanaires et concourantes ;
  – la somme vectorielle des forces est nulle : $\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{F_3} = \vec{0}$.
- ✔ **Cette condition d'équilibre, « *la somme des forces est nulle* », est une condition nécessaire mais non suffisante. L'étude sera complétée dans les chapitres suivants.**

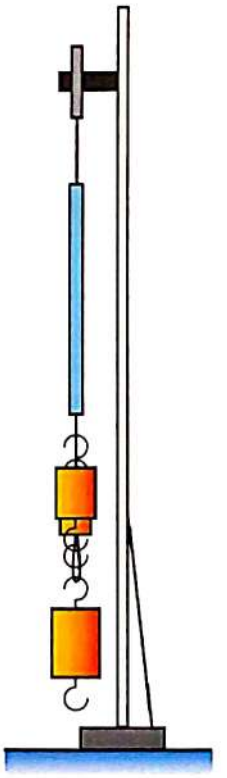
Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

- Attache trois fils aux points A, B et C d'une petite plaque d'un matériau léger.
- Relie ces fils à des masses marquées par l'intermédiaire de poulies.
- La plaque étant en équilibre, place une feuille de papier sur le panneau de façon à pouvoir repérer les directions des fils.

Montage expérimental





Les fils sont coplanaires.

1. Indique pourquoi la plaque doit être petite et constituée d'un matériau léger.
2. Vérifie que les trois fils sont coplanaires.
3. Repère la direction des fils par deux points pour chaque fil sur la feuille de papier.
4. À partir de la position d'équilibre, déplace doucement la plaque et abandonne-la. Indique ton observation.
5. Détermine les caractéristiques des forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ exercées par les fils sur la plaque respectivement aux points A, B et C.
6. Décolle la feuille de papier du tableau et reporte les forces $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ et $\vec{F}_3$ en respectant les directions et les intensités.
7. Construis le vecteur-somme des trois forces.
8. Indique sous forme mathématique les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

1. Rappelle les conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces.
2. Définis ce que sont :
   a. des forces coplanaires.
   b. des forces concourantes.
3. Énonce les conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces.
4. Définis les notions suivantes :
   a. Équilibre stable.
   b. Équilibre instable.

Exercice 2

Complète le texte ci-dessous avec les mots suivants : *colinéaires ; forces ; valeur ; équilibre ; sens ; les forces de frottement ; réaction tangentielle ; réaction normale.*

Un solide est immobile sur un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale. Ce solide est en ..... lorsque les deux ..... auxquelles il est soumis sont ..... de ..... opposés et de même ..... .
La réaction du plan peut être décomposée en une ..... qui est perpendiculaire au plan incliné et une ..... qui représente ..... .

Exercice 3

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

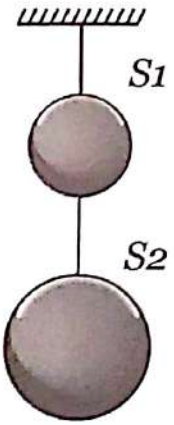
Si dans un repère terrestre un solide, soumis à l'action de trois forces non parallèles $\vec{F_1}$, $\vec{F_2}$ et $\vec{F_3}$ est en équilibre, ces trois forces satisfont aux conditions suivantes :

– Leurs droites d'action sont ..... .
– Les trois forces sont ..... .
– Leur somme vectorielle est :

$\vec{F_1}$ + ... + ... = ...

Ces propriétés sont des conditions ..... à l'équilibre du solide dans le repère d'étude.

Exercice 4



Un solide S_1 de poids $P_1 = 15$ N est suspendu à un fil (fil 1). Au solide S_1 on accroche un autre solide S_2 de masse $m_2 = 2{,}5$ kg, par l'intermédiaire d'un fil (fil 2) inextensible.

1. **On considère le système S_1.**
   Établis l'inventaire des forces qui s'appliquent à S_1.
   Écris la relation vectorielle qui traduit l'équilibre de ce système.
2. On considère le système S_2.
   Établis l'inventaire des forces qui s'appliquent à S_2.
   Écris la relation vectorielle qui traduit l'équilibre de ce système.
3. On considère le système $(S_1 + S_2)$.
   Établis l'inventaire des forces qui s'appliquent sur le système $(S_1 + S_2)$.
   Écris la relation vectorielle qui traduit l'équilibre de ce système.
4. **Représente les forces appliquées à chaque solide à la même échelle.**
5. **Détermine à l'équilibre les valeurs des tensions des fils 1 et 2.**

Exercice 5

Ces colonnes de pierre sont constituées de blocs ajustés les uns au-dessus des autres. Considérons une colonne comportant six blocs de masses égales à 1 000 kg.

1. **Représente les forces s'exerçant sur la pierre du sommet de la colonne.**
2. **Représente les forces s'exerçant sur la pierre de base de la colonne.**

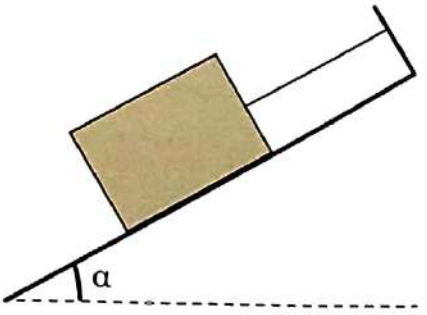


Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

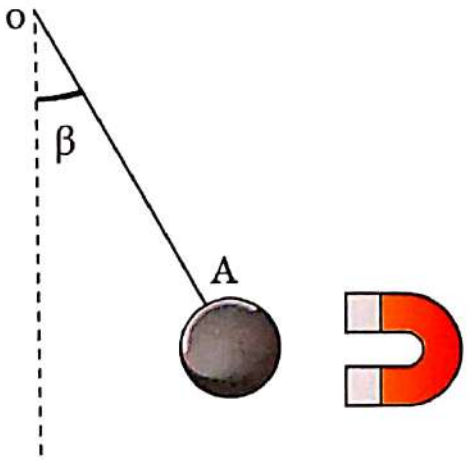


Un solide de masse m = 3 kg peut glisser sans frottement le long d'un plan incliné d'un angle α = 30° par rapport à l'horizontale. Le solide est retenu par un fil inextensible de masse négligeable et fixé à une potence tel qu'indiqué sur le schéma ci-dessus.

Le solide étant en équilibre :

1. **Établis l'inventaire des forces qui s'appliquent au solide.**
2. **Écris la relation vectorielle qui traduit l'équilibre de ce système.**
3. **Représente ces forces sur un schéma en respectant la condition d'équilibre.**
4. **Détermine la valeur de la tension du fil.**

Exercice 7

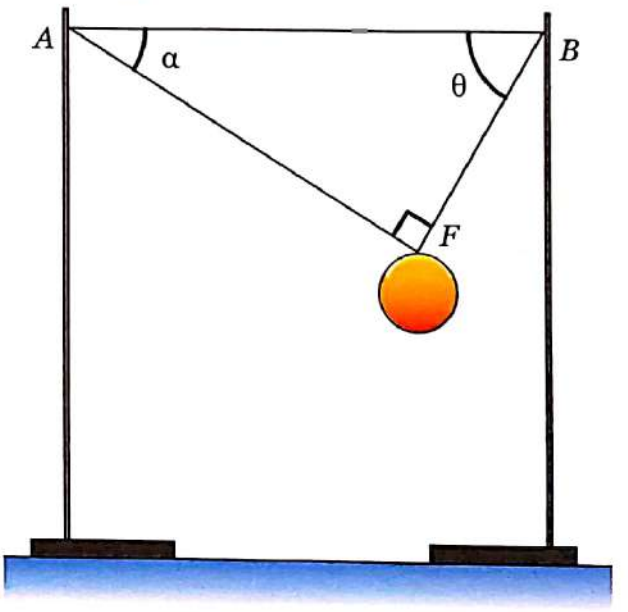


Une bille en acier de masse m = 0,4 kg est suspendue par un fil fixé en un point O. Le fil est attaché à la bille en un point A. À l'aide d'un aimant, on exerce sur cette bille une force horizontale $\vec{F}$ de valeur F = 2 N.

La bille s'écarte de la verticale d'un angle β avant de rester en équilibre.

1. **Établis l'inventaire des forces qui s'appliquent à la bille.**
2. **Écris la relation vectorielle qui traduit l'équilibre de cette bille.**
3. **Représente ces forces sur un schéma en respectant la condition d'équilibre.**
4. **Détermine la valeur de la tension du fil.**
5. **Détermine la valeur de l'angle β.**

Exercice 8



Lors des festivités « Abidjan Perle de Lumières », une boule lumineuse de masse m est suspendue au-dessus d'une rue, par deux câbles AF et BF comme l'indique le schéma ci-dessus.

Soucieux de la sécurité des visiteurs, tu décides avec les camarades de ta classe de seconde de déterminer la tension des câbles qui soutiennent la boule.

Vos mesures vous apprennent :

Masse de la boule m = 30 kg

Largeur de la rue AB = 10 m

α = 30° ; θ = 60° ; g = 10 N/kg

Avec tes camarades, tu désignes par $\vec{T}_1$: la tension du câble AF et par $\vec{T}_2$: la tension du câble FB.

1. **Établis le bilan des forces qui s'exercent sur la boule.**
2. **Énonce les conditions d'équilibre de la boule.**
3. **Choisis une échelle et représente sur un schéma les forces qui s'exercent sur la boule.**
4. **Déduis-en graphiquement les valeurs de $\vec{T}_1$ et $\vec{T}_2$.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 9

Au cours d'une séance de travaux pratiques, votre professeur de physique-chimie vous demande d'étudier l'équilibre d'un solide.

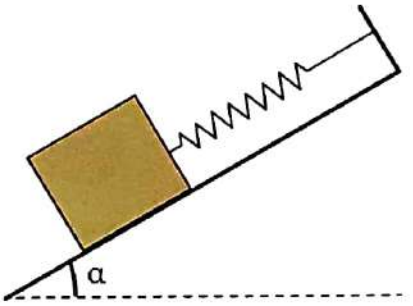
Il met à votre disposition un plan incliné, un solide de masse m et un ressort à spires non jointives.

La longueur à vide du ressort est $\ell_0 = 15$ cm.
Sa constante de raideur est $k = 20$ N/m.

Le solide de masse $m = 150$ g est fixé à l'une des extrémités libres du ressort, l'autre extrémité étant fixée au sommet du plan incliné, faisant un angle $\alpha = 30°$ avec le plan horizontal.

Le solide peut se déplacer sans frottement sur le plan.

On donne $g = 10$ N/kg.



1. **Établis le bilan des forces qui s'exercent sur le solide.**
2. **Énonce les conditions d'équilibre du solide.**
3. **Choisis une échelle et représente les forces s'exerçant sur le solide.**
4. **Détermine la valeur de la tension $\vec{T}$ du ressort.**
5. **Déduis-en la longueur ℓ du ressort.**
   Calcule la valeur de la réaction $\vec{R}$ du plan incliné sur le solide.

Exercice 10

Tu suspends une boule à un dynamomètre. Celui-ci indique 5 N.

Toujours accrochée au dynamomètre, tu immerges complètement la boule dans l'eau. Le dynamomètre indique alors 3 N.

On donne : $a_e = 1\,000$ kg/m^3 et $g = 10$ N/kg.

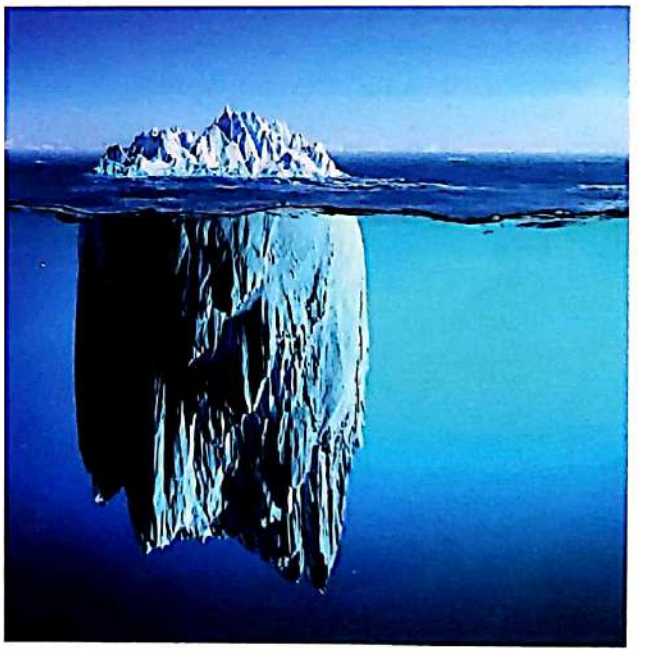
1. **Représente les forces qui s'exercent sur la boule dans les deux cas.**
2. **Détermine la valeur de la poussée d'Archimède.**
3. **Déduis-en le volume de la boule.**

Exercice 11

Un iceberg présente un volume émergé V_e, et un volume total V_t.

La masse volumique de la glace est a_g et celle de l'eau de mer a.

1. **Établis l'inventaire des forces s'exerçant sur l'iceberg.**
2. **Écris la relation donnant le poids de l'iceberg.**
3. **Écris la relation donnant la poussée d'Archimède sur l'iceberg.**
4. **À partir de la condition d'équilibre, établis une relation entre le volume émergé, le volume total et les masses volumiques.**
5. La masse volumique de la glace est $a_g = 910$ kg/m^3 et celle de l'eau de mer $a = 1\,024$ kg/m^3.
   $g = 10$ N/kg.
   Détermine la masse et le volume total d'un iceberg dont la partie émergée vaut 1 000 m^3.



Scanné avec CamScanner

Équilibre ou stabilité ?

Il ne faut pas confondre équilibre et stabilité.

On a attribué au mot « équilibre » la valeur « immobilité ».

Un solide est en équilibre dans un référentiel s'il est immobile dans ce référentiel.

Mais cette position d'équilibre peut être précaire.

Prenons l'exemple d'une boule placée sur une surface concave.

Si l'on perturbe l'équilibre de la bille en la déplaçant légèrement, elle revient à sa position initiale au fond de la surface : l'équilibre est stable.

Plaçons la même bille sur une surface convexe.

Si l'on perturbe l'équilibre en la déplaçant légèrement, elle ne revient pas à sa position initiale, elle roule sur la surface vers le bas : l'équilibre est instable.

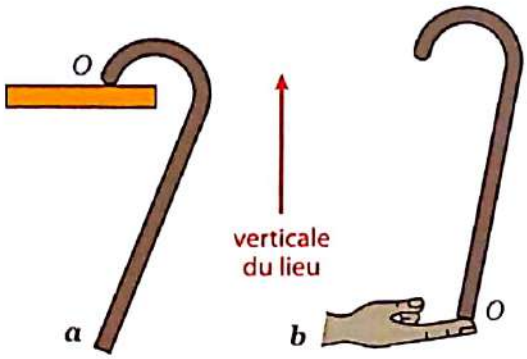


Doc. 3 *Bille sur un support concave.*



Doc. 4 *Bille sur un support convexe.*

- **Considérons cet autre exemple.**



Dans les deux cas, la canne est en équilibre. Son poids et la réaction de la main ou du bord de table sont opposés. Mais un état est stable et l'autre ne l'est pas.



Doc. 5 *Contrepoids sur jambes de force au pied d'une grue.*

Un solide est en situation d'équilibre lorsque toutes les forces qui agissent sur lui placent ce corps dans un état de repos.

La stabilité est ce qui permet au solide de récupérer son état d'équilibre, après avoir subi une perturbation tendant à le déplacer.

La position du centre de gravité est importante dans la stabilité d'un équilibre.

Celui-ci doit se trouver au-dessus de la base de sustentation du solide (base d'appui).

Pour cela, plus une structure a une base large, plus son centre de gravité est bas et plus elle est stable.

C'est pour cela que l'on place de lourdes charges à la base des grues et que l'on élargit leur base.

Scanné avec CamScanner

4

Équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

Habiletés et contenus

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

Découvre le sujet

Observe la balance du ***document 1***.
Documente-toi : recherche pourquoi on la qualifie de « romaine ».
Schématise cette balance en précisant où se trouve son axe de rotation.
Explique son principe de fonctionnement.
Recherche dans ton environnement d'autres objets possédant un axe de rotation.



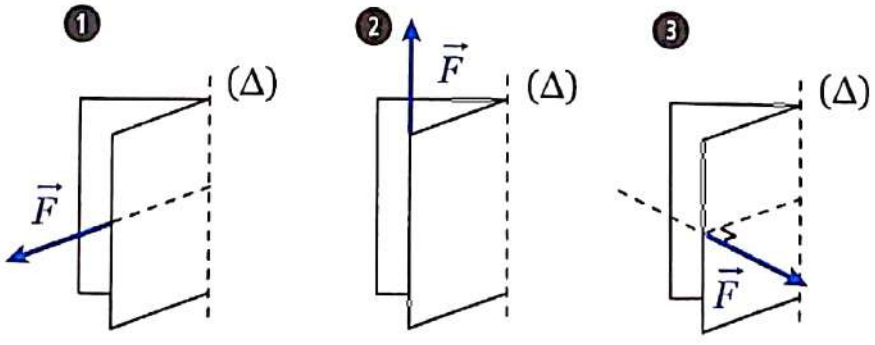
Doc. 1 *Une balance romaine.*

Développe le sujet

Activité 1 Découvre la rotation d'un solide autour d'un axe fixe

1. Applique une action mécanique sur une porte mobile autour de l'axe de ses gonds, de différentes manières.

2. Étudie particulièrement celles indiquées sur les schémas ci-dessous.



3. Indique si toutes ces forces entraînent un effet de rotation de la porte autour de l'axe des gonds.

4. Donne une conclusion à tes observations.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Cas 1 : si l'on exerce une force dirigée vers l'axe, poussée ou traction, la porte ne tourne pas.
- Cas 2 : si l'on exerce une force parallèle à l'axe de rotation, la porte ne tourne pas.
  Une force parallèle à l'axe dirigée vers le haut peut soulever la porte et la dégonder.
  Il s'agit alors d'un mouvement de translation verticale et non de rotation.
- Cas 3 : la force a un effet de rotation sur la porte.
- Conclusion : une force de direction parallèle à l'axe de rotation ou de direction coupant l'axe de rotation est sans effet sur la rotation.

Activité 2 Découvre la notion de moment d'une force

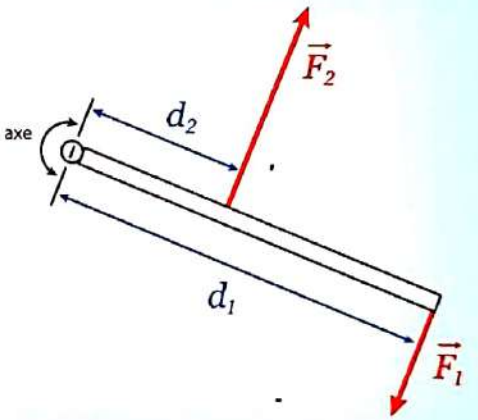
1. Place un enfant et un adulte de part et d'autre d'une porte et demande-leur de pousser bien perpendiculairement à la porte, dans la situation du dessin.
2. Indique ce que tu constates et si l'enfant parvient à équilibrer la poussée de l'adulte.



Doc. 2 *L'ouverture d'une porte.*

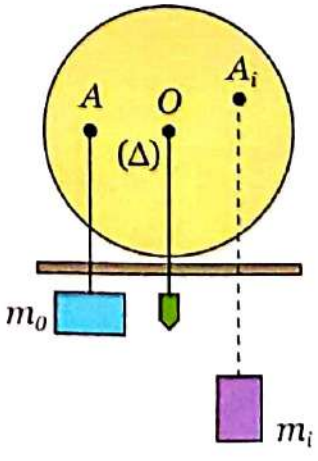
Bilan de l'activité

- Si l'adulte se place près de l'axe des gonds et l'enfant à l'extrémité de la porte, l'enfant équilibre sans peine la poussée de l'adulte.
- Dans un mouvement de rotation d'un solide mobile autour d'un axe, l'intensité de la force appliquée n'est pas le seul critère à retenir. La distance de la force à l'axe de rotation est une donnée du phénomène. Plus cette force s'applique loin de l'axe, plus elle est efficace.
- On exprime cette efficacité par la notion de moment.
- Ainsi, schématisons la porte vue de dessus et les forces appliquées.
- La relation qui traduit l'équilibre est $F_1 d_1 = F_2 d_2$



Activité 3 Précise et définis le moment d'une force par rapport à un axe fixe

Tu disposes un disque mobile sans frottement autour d'un axe fixe horizontal passant par son centre O.
Sous ce disque, tu disposes une règle graduée permettant de mesurer des distances par rapport à la verticale de l'axe.
Tu suspends au point A une masse m_0 constante qui agit sur le disque par son poids P_0.
À l'aide de masses marquées, de valeurs m_i, suspendues en des points A_i, tu amènes le disque à l'équilibre.

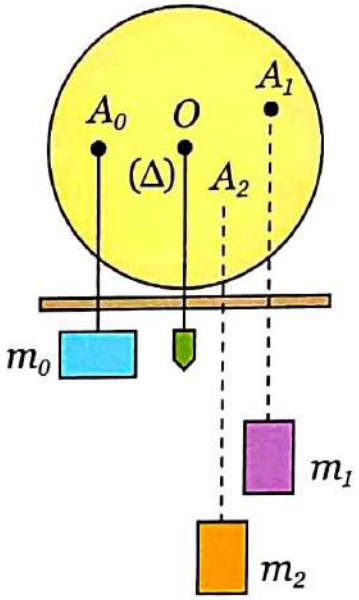


Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

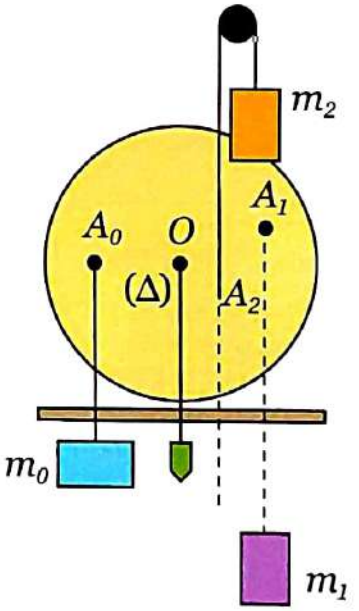
Exploitation du document

Tu disposes du disque mobile de l'activité 3. La rotation se fait sans frottement autour d'un axe fixe horizontal passant par son centre O.
Sous ce disque, la règle graduée permet de mesurer des distances par rapport à la verticale de l'axe.
Tu suspends aux points A_i des masses m_i qui agissent sur le disque par leurs poids P_i
Tu fais en sorte que les masses marquées soient judicieusement choisies et disposées pour que le disque soit à l'équilibre.
Tu peux opérer avec trois, quatre masses ou plus, créer des forces vers le haut en utilisant des poulies.



1. Tu notes les valeurs m_i et d_i dans le tableau suivant que tu recopies et complètes.
Les distances d_i sont celles entre la verticale de O et la droite d'action des forces.
Elles sont lisibles directement sur la règle.

m (kg)	$m_0 =$	$m_1 =$	$m_2 =$
F (N) = m g	$F_0 =$	$F_1 =$	$F_2 =$
d (m)	$d_0 =$	$d_1 =$	$d_2 =$
F.d (N.m)			



2. Choisis un sens positif de rotation et exprime la valeur algébrique des moments des forces.

3. Effectue la somme des moments des forces $\sum M_{\Delta}(\vec{F}_{ext})$ et vérifie que celle-ci est nulle.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

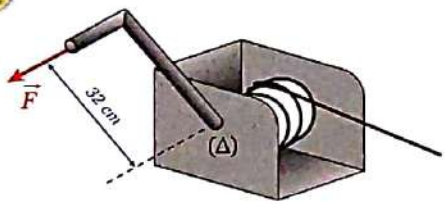
Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis si chacune des propositions suivantes est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Une force parallèle à l'axe de rotation peut faire tourner un solide.		
Le moment est une grandeur algébrique.		
Le moment d'une force peut être nul.		
Une force dont le support coupe l'axe de rotation peut mettre en mouvement un solide mobile autour de cet axe.		
Lorsqu'un solide mobile autour d'un axe fixe est en équilibre, $\sum M_{\Delta}(\vec{F}) = 0$.		
Une force qui est orthogonale à l'axe de rotation et qui rencontre l'axe a un effet de rotation sur le solide.		

Exercice 2



Un agent de la CIE commis pour des installations électriques exerce une force d'intensité F = 150 N sur le manche de la manivelle du treuil représenté ci-dessus, en vue d'enrouler un câble électrique. Cette force équilibre juste l'effet de rotation dû à la tension du câble.

La distance entre l'axe de la poignée et l'axe de rotation est d = 32 cm.

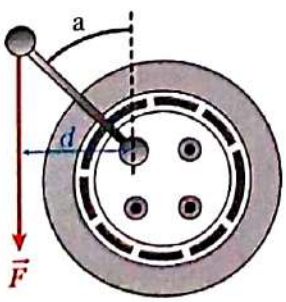
1. **Calcule le moment de la force par rapport à l'axe de rotation (Δ).**

Le diamètre du cylindre sur lequel s'enroule le câble est D = 20 cm.

2. **Détermine la tension du câble.**

Exercice 3

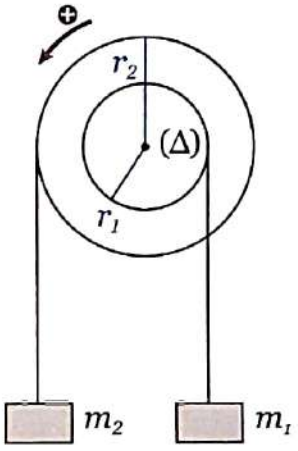
Pour débloquer l'un des écrous qui fixent la roue de sa voiture, ton papa exerce sur une manivelle une force $\vec{F}$ verticale d'intensité F = 400 N.



La manivelle fait un angle a = 45° avec la verticale. La longueur de la manivelle est L = 20 cm.

1. **Calcule le moment de la force $\vec{F}$.**
2. **Indique comment positionner la manivelle pour que le moment ait sa valeur maximale.**
3. **Calcule alors ce moment.**

Exercice 4



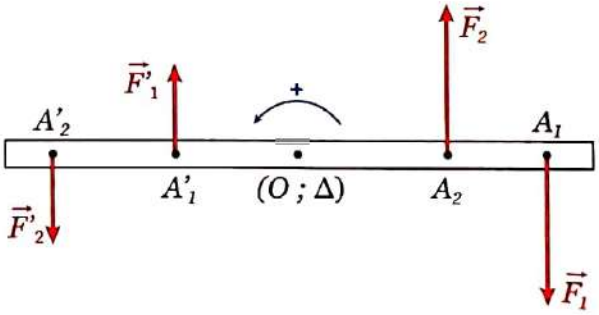
La figure représente une poulie à deux gorges solidaires de rayons r_1 et r_2.

Celle-ci tourne sans frottement autour de l'axe fixe Δ.

Les fils sont de masses négligeables et soutiennent des masses m_1 et m_2.

1. **Établis l'inventaire des forces s'exerçant sur la poulie.**
2. **Détermine le moment de chacune d'elles.**
3. **Établis la relation qui existe entre les différentes grandeurs m_1, m_2, r_1 et r_2 pour que la poulie soit en équilibre.**

Exercice 5



Cette règle peut tourner autour de l'axe Δ passant par O et orthogonal au plan de la figure. O est le centre de gravité de la règle.

Les mesures donnent :

$F_1 = F_2 = 6$ N ; $F'_1 = F'_2 = 4$ N

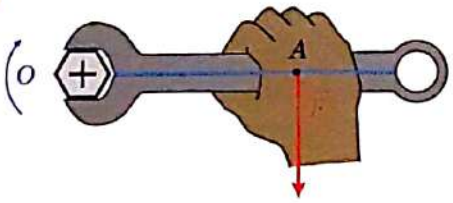
$OA_1 = 50$ cm ; $OA_2 = 0{,}30$ m ; $OA'_1 = 25$ cm ; $OA'_2 = 0{,}50$ m

1. **Calcule le moment de chacune des forces par rapport à l'axe Δ.**
2. **Calcule la somme des moments des forces.**
3. **Indique si la règle est en équilibre ou non.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 6



Tu visses un tire-fond à l'aide d'une clé plate.

1. **Indique les solides en rotation.**
2. **Indique où se trouve l'axe de rotation.**
3. **Détermine le moment de la force exercée par la main lorsque OA = 20 cm et F = 100 N.**

À un moment donné, cette force n'arrive plus à faire tourner le tire-fond. Le système clé-vis est à l'équilibre.

4. **Indique la ou les autres forces responsables de l'équilibre.**
   Que peux-tu dire de leur intensité ?

Réinvestis tes acquis

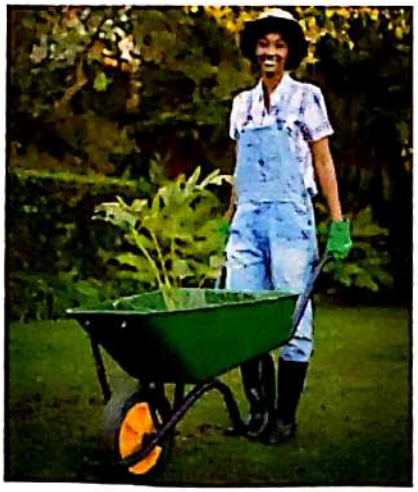
Exercice 7

La personne sur la photographie soulève les bras de la brouette sans la faire rouler.

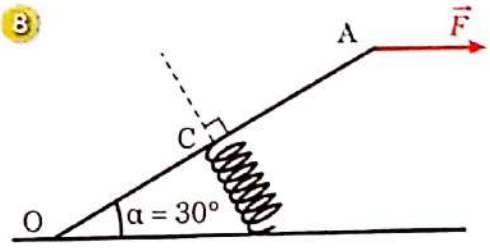
1. **Indique si la brouette est un solide mobile autour d'un axe. Précise la position de cet axe.**
2. **Indique à quelle condition cet axe peut être considéré comme fixe.**
3. **Établis l'inventaire des forces s'exerçant sur la brouette.**
4. **Réalise un schéma de la brouette vue de côté avec l'ensemble de ces forces appliquées.**
5. **Écris le moment de chacune d'elles.**

La brouette est levée, prête au départ, mais immobile.

6. **Écris la ou les relations qui caractérisent l'équilibre.**
7. **Indique dans quelle région de la benne il est préférable de placer la charge.**



Exercice 8



Avec un groupe d'élèves de seconde C qui préparent un concours d'excellence, tu découvres le schéma ci-dessus.

OA schématise une pédale, de poids négligeable, de longueur L = 30 cm, mobile autour d'un axe horizontal passant par O.

Une force $\vec{F}$ horizontale d'intensité F = 50 N est exercée en A.

À l'équilibre, le ressort, fixé en son milieu C, prend une direction perpendiculaire à OA ; OA fait alors un angle de α = 30° avec l'horizontale. Le socle de la pédale est fixé au sol, l'axe de rotation est fixe.

Tu entreprends alors l'étude avec méthode.

1. **Effectue le bilan des forces qui s'exercent sur la pédale.**
2. **Écris les conditions d'équilibre de la pédale.**
3. **Détermine à l'équilibre :**
   - **la force exercée par le ressort sur la pédale ;**
   - **la raideur k du ressort, le raccourcissement de ce dernier étant de 4 cm.**

Exercice 9

Ce type de chariot s'appelle un « diable ».

1. **Indique où se trouve l'axe de rotation.**
2. **Établis l'inventaire des forces s'exerçant sur ce diable.**
3. **Réalise un schéma du diable vu de côté avec l'ensemble de ces forces appliquées.**
4. **Écris le moment de chacune d'elles.**

Le diable porte ses charges, prêt au départ, mais reste immobile.

5. **Écris la ou les relations qui caractérisent l'équilibre.**
6. **Indique quel est l'intérêt d'un tel outil.**



Scanné avec CamScanner

Des rotations autour d'un axe dans la vie courante

Un bouchon à vis de bouteille est un solide mobile autour d'un axe.

Sa mécanique est en même temps simple et complexe.

Simple, car le mouvement est simple, il s'agit d'une rotation. Si la bouteille est maintenue immobile, la rotation se fait autour d'un axe fixe.

Complexe, car les zones de contact des doigts sont mal définies et les forces que ces doigts exercent sont multiples et réparties.

L'axe mathématique de rotation est l'axe de symétrie du goulot qui traverse le bouchon en son centre. L'axe matériel, celui en interaction avec le bouchon, est la vis du goulot. C'est à ce niveau que la bouteille « réagit » avec le bouchon.

Habituellement, un doigt pousse dans un sens pendant que l'autre pousse dans l'autre sens.

On peut alors modéliser les actions par deux forces parallèles et de sens contraires. Elles ne sont pas nécessairement de même intensité. Quand elles ont cette propriété, elles forment un « couple de forces ». La somme de ces deux forces est alors nulle mais la somme de leurs moments ne l'est pas.

Dans la pratique, l'axe de rotation ne pourra rester fixe que si la bouteille est maintenue fixe.



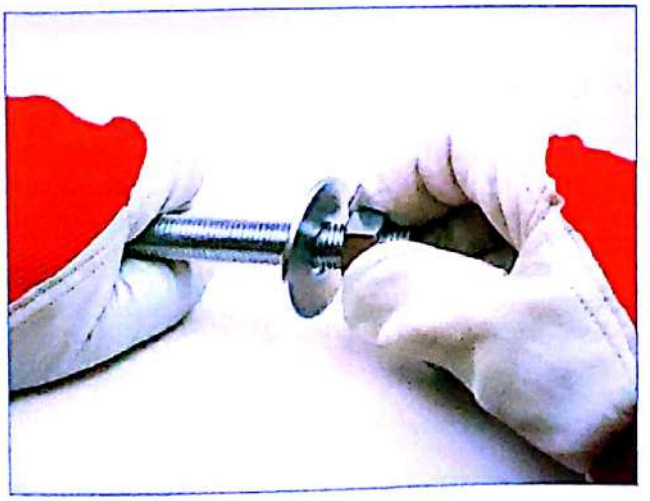
Doc. 3 *Bouchon à vis sur une bouteille d'eau.*

• Observons

– Si la bouteille est maintenue fermement d'une main, il est possible de dévisser le bouchon avec une seule force exercée par un seul doigt.

– Si la bouteille est non maintenue, cela n'est plus possible. La force unique exercée sur le bouchon a tendance à entraîner la bouteille dans un mouvement de déplacement ou de basculement. (Attention aux bouteilles lourdes qui peuvent masquer partiellement cet effet par leur poids important.)

– Si la bouteille est non maintenue et qu'on applique un couple de forces sur le bouchon, celui-ci peut entraîner en même temps le bouchon et la bouteille. Cela dépend des frottements entre le bouchon et la vis du goulot.



Doc. 4 *Vis et écrou.*

• Concluons

– Pour que l'axe de rotation du bouchon soit fixe, il faut que la résultante des forces extérieures s'appliquant au bouchon soit nulle. La réaction de l'axe (la vis de la bouteille) sur le bouchon participe à cet équilibre.

Dans la pratique, la résultante des forces qui s'exercent sur la bouteille est nulle et son maintien en équilibre maintient l'axe de rotation fixe.

– Pour que la rotation du bouchon ait lieu, il faut que le moment résultant des forces s'appliquant au bouchon ne soit plus nul.

La même réflexion peut être conduite sur un bocal et son couvercle, ou un écrou sur sa vis.

Scanné avec CamScanner

Principe de l'inertie

Habiletés et contenus

- ✔ Connaître un système isolé et un système pseudo-isolé.
- ✔ Déterminer le centre d'inertie d'un solide homogène et de quelques solides homogènes de formes géométriques simples.
- ✔ Connaître la relation barycentrique.
- ✔ Déterminer le centre d'inertie d'un système de deux solides homogènes.
- ✔ Déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé.
- ✔ Distinguer un mouvement d'ensemble d'un mouvement propre.
- ✔ Énoncer le principe de l'inertie.
- ✔ Appliquer le principe de l'inertie.

Découvre le sujet

Ces trois motards sont en train d'essayer de prendre un virage. Indique s'il s'agit d'un virage à gauche ou d'un virage à droite. Visiblement ils luttent contre leur tendance à aller tout droit. En utilisant ce que tu sais des actions mécaniques, explique ce qui se passe. Justifie la position des motos et de leur pilote.



Doc. 1 *Un virage délicat.*

Développe le sujet

Activité 1 Définis un système isolé et un système pseudo-isolé

Sachant que le terme « isolé » possède le même sens en physique-chimie que dans le langage courant, propose une définition pour un système mécanique isolé.

Les dictionnaires définissent « isolé » par « seul », « séparé ». Ils définissent « pseudo » par « faussement », « prétendument »

1. Propose une relation mathématique pour le caractériser.
2. Propose des exemples de systèmes mécaniques isolés.
3. Propose de même ce que peut être un système mécanique « pseudo-isolé ».
4. Propose des exemples de systèmes mécaniques pseudo-isolés.

Bilan de l'activité

- Un système mécanique isolé est un système qui est seul dans l'Univers.
  Il n'est soumis à aucune action, aucune force, aucune influence.
  Les forces extérieures étant toutes nulles, leur somme est nulle : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$.
  Un tel système n'existe pas. Tout corps possédant une masse est soumis à l'attraction des autres corps massiques aussi éloignés soient-ils.
- Un système mécanique pseudo-isolé est un système « faussement isolé » mais qui possède la même qualité qu'un système isolé.
  Il est soumis à des forces extérieures mais leur somme est nulle en permanence : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$.
  De tels systèmes existent. Un livre posé sur une table est un système pseudo-isolé.

Scanné avec CamScanner

Activité 2 Décris un système pseudo-isolé particulier

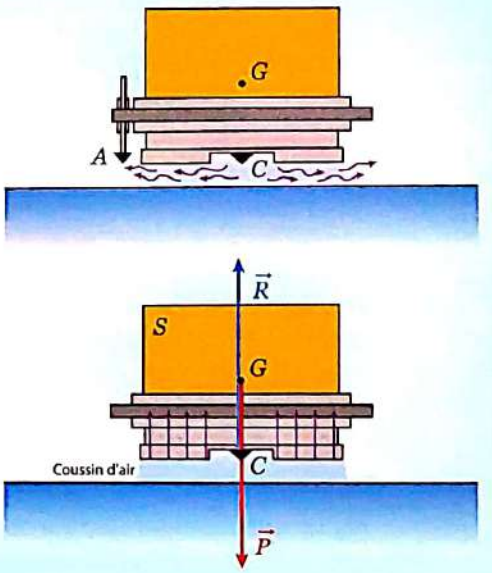
Étudie un système pseudo-isolé particulier : celui d'un mobile sur coussin d'air.
Observe un tel mobile et explique son principe de fonctionnement.
Établis le bilan des forces qui s'exercent sur lui.
Schématise le mobile et les forces extérieures qui s'appliquent sur lui.
Indique ce qui montre que ce système mécanique est pseudo-isolé.



Doc. 2 *Mobile sur coussin d'air.*

Bilan de l'activité

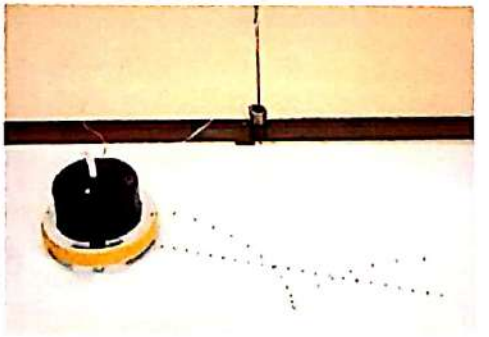
- Un tel mobile possède une petite pompe qui injecte de l'air sous sa face inférieure. Celle-ci est suffisante pour soulever légèrement le palet. Cette couche d'air permet au mobile de se déplacer pratiquement sans frottement sur la table.
- Les forces qui s'exercent sur le mobile sont le poids $\vec{P}$ et les actions de l'air sur la semelle.
- Les actions de l'air sur le mobile sont équivalentes à une force $\vec{R}$, dont le point d'application est sur la verticale du centre de gravité. Elle s'exerce sur la semelle du mobile et est dirigée vers le haut.
  $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$
- Le mobile est un système mécanique pseudo-isolé.



Activité 3 Découvre le centre d'inertie d'un système pseudo-isolé

Tu lances un mobile sur coussin d'air en lui communiquant un faible mouvement de rotation.
Le mobile est porteur de deux dispositifs d'enregistrement, l'un à la verticale du centre de gravité, au centre de la semelle (B), l'autre à la périphérie du mobile (A).
Tu observes l'enregistrement obtenu.

1. Indique la nature du mouvement de B.
2. Indique la nature du mouvement de A.
3. Indique la nature du mouvement de tous les points du mobile autres que ceux situés sur l'axe vertical du mobile.
4. Indique le point caractéristique par lequel passe l'axe du mobile.
5. Une fois lancé et abandonné à lui-même, indique les forces qui s'exercent sur le mobile.
6. Propose une conclusion à ces observations.



Doc. 3 *Mobile sur coussin d'air avec mouvement de rotation.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- On constate que, quelle que soit la façon de lancer le mobile, le mouvement de B est rectiligne uniforme.
- Le mouvement de A varie en fonction de la rotation communiquée mais possède toujours la même allure : il est curviligne et les points A_i ne sont pas équidistants.
  En dehors des points situés sur l'axe du mobile, à la verticale de B, tous les points ont des mouvements curvilignes.
- Le point caractéristique par lequel passe l'axe du mobile est le centre de gravité du solide.
- Une fois le mobile lancé, les forces qui s'exercent sur lui sont : le poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$, telles que $\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$
- Le mobile est donc pseudo-isolé.



- Au cours de son mouvement, on constate que le mobile possède un ensemble de points particuliers, ceux de son axe de symétrie, passant par le centre de gravité, qui ont un mouvement rectiligne uniforme.
- Nous avons observé ici un mouvement plan, à deux dimensions.
- Dans le cas d'un mouvement général dans l'espace à trois dimensions, on constate que lors du mouvement d'un mobile pseudo-isolé, il existe un point particulier, appelé centre d'inertie, qui possède un mouvement rectiligne uniforme. Les autres points accompagnent le centre d'inertie en effectuant un mouvement de rotation autour de lui.
- Le centre d'inertie se confond avec le centre de gravité.
- Lorsqu'un mobile est pseudo-isolé, le mouvement de son centre de gravité est rectiligne et uniforme.

Remarque : le centre de gravité peut être également immobile. C'est le cas particulier du mouvement rectiligne à vitesse nulle.

Activité 4 Réfléchis au référentiel et au principe de l'inertie

Nous l'avons observée à la première leçon : l'étude d'un mouvement est relative à un référentiel. Un solide immobile dans un référentiel peut être en mouvement dans un autre.

1. Précise le référentiel dans lequel le mouvement de l'activité 3 a été étudié.
2. Reproduis le même mouvement du mobile qu'à l'activité 3 en bougeant modérément la table alors que le mobile se déplace.
3. Indique tes observations.
4. Propose une conclusion.

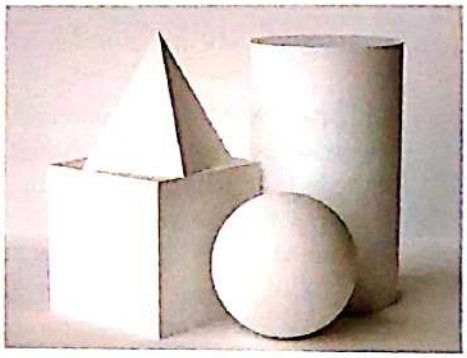
Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Dans l'étude précédente, nous n'avons pas précisé le référentiel. Celui utilisé était le référentiel de la table sur laquelle avait lieu le mouvement, c'est-à-dire un référentiel terrestre.
- Si lors du mouvement du mobile on bouge la table d'enregistrement, on constate que la trace inscrite par B n'est plus rectiligne. Mais pour un élève, observateur terrestre, qui regarde le mobile, le mouvement demeure rectiligne.
  Le mouvement est rectiligne dans le référentiel terrestre, il ne l'est plus dans le référentiel de la table.
- Le principe de l'inertie est lié à l'existence de certains référentiels dits « galiléens » et s'énonce ainsi : le centre d'inertie d'un système isolé, ou pseudo-isolé, possède dans un référentiel galiléen un mouvement rectiligne uniforme.
  Cela signifie que :
  – si à un instant quelconque, la vitesse du centre d'inertie est $\vec{V}_G$, elle se conserve ($\vec{V}_G$ = vecteur constant) ;
  – si à un instant, le centre d'inertie du système est immobile, il le reste ($\vec{V}_G = \vec{0}$).

Activité 5 Détermine le centre d'inertie de quelques solides homogènes de formes géométriques simples

Le centre d'inertie se confond avec le centre de gravité.
Utilise les propriétés de symétrie pour trouver le centre d'inertie de quelques solides simples : le cube, la sphère, le parallélépipède rectangle, l'anneau, le triangle, le cylindre.
Ces solides sont constitués d'un matériau homogène.

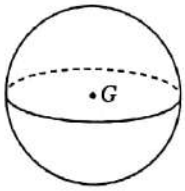


Doc. 4 *Différents solides.*

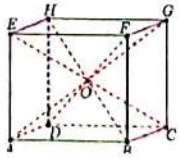
Bilan de l'activité

- Un solide est homogène s'il est constitué de matière ayant mêmes propriétés en tout point.
  Le centre d'inertie, ou de gravité, est donc nécessairement placé sur les axes de symétrie, s'il y en a.

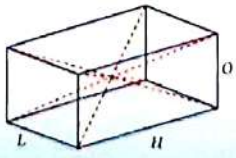
- Sphère : le centre d'inertie est le centre géométrique.



- Cube : le centre d'inertie est le centre de symétrie.

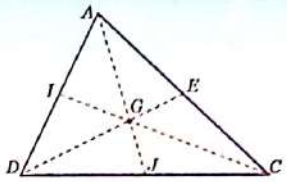


- Parallélépipède : le centre d'inertie est le centre de symétrie.

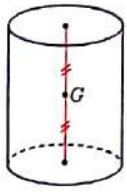


Scanné avec CamScanner

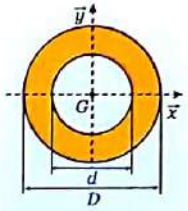
- Triangle : le centre d'inertie est le point d'intersection des médianes.



- Cylindre : le centre d'inertie se trouve au milieu de l'axe du solide.



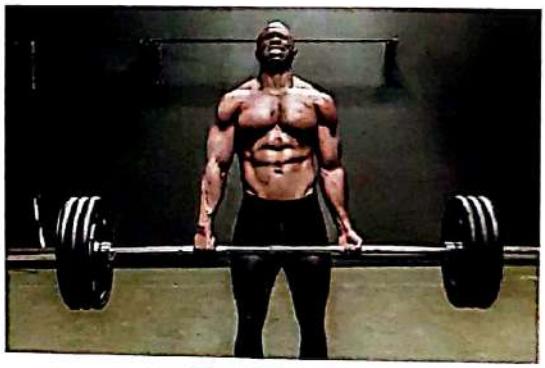
- Anneau : le centre d'inertie est dans le plan médian de l'anneau et au centre du cercle situé dans le plan médian. Le centre d'inertie n'est pas situé dans la matière de l'anneau.



Activité 6 Détermine le centre d'inertie de systèmes plus complexes

1. L'athlète maintient en équilibre l'haltère constitué d'une barre reliant deux systèmes de disques.
Indique les forces qui s'exercent sur le système « haltère ».
Détermine le centre d'inertie de ce système.
Indique si l'athlète occupe une position bien déterminée.

2. On enlève un disque d'un seul côté de l'haltère.
Détermine le sens de déplacement du centre de gravité par rapport à la situation symétrique précédente.
Schématise la situation en négligeant le poids de la barre de liaison et propose une position pour le centre de gravité du système.
Propose un moyen de tester ton hypothèse.



Doc. 5 *Haltérophile en plein effort.*

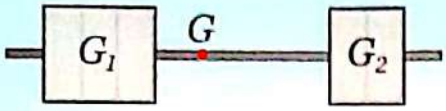
Bilan de l'activité

1. Les forces qui s'exercent sur le système « haltère » sont :
- le poids de chaque disque ;
- le poids de la barre de liaison ;
- les forces exercées par les mains de l'athlète.

- Le système est en équilibre, la somme de ces forces est nulle.
- Le système est symétrique, le centre de gravité est au milieu de la barre de liaison. C'est aussi la position du centre d'inertie.
- L'athlète place donc ses mains symétriquement de part et d'autre de ce point.

2. Le système est maintenant dissymétrique, l'haltère est plus massique d'un côté que de l'autre.
- Le centre de gravité est déplacé du côté où il y a le plus de disques.
- En appelant m la masse d'un disque, on trouve $M_1 = 3m$ d'un côté et $M_2 = 2m$ de l'autre. Soit G_1 le centre de gravité de M_1 et G_2 le centre de gravité de M_2.

Scanné avec CamScanner



- Le déplacement du centre de gravité est tel que le rapport des masses est inversement proportionnel aux distances GG_1 et GG_2 :
  $M_1/M_2 = GG_2/GG_1$
  Avec les valeurs de cet exemple : $GG_2/GG_1 = 3m/2m$
  $GG_2/GG_1 = 3/2$
  $GG_2 = 1{,}5\ GG_1$
  Il est facile de tester ce résultat, il suffit de poser l'haltère sur un support placé au point G. Celui-ci doit rester en équilibre.
  Cette relation est générale.
- Le centre d'inertie (de gravité) d'un système formé de deux sous-systèmes de masse m_1 et m_2 est situé sur la droite reliant les centres de gravité G_1 et G_2 en G tel que :
  $m_1\ GG_1 = m_2\ GG_2$
  On peut écrire la relation vectoriellement :
  $m_1\ \overrightarrow{GG_1} = -\ m_2\ \overrightarrow{GG_2}$ puisque $\overrightarrow{GG_1}$ et $\overrightarrow{GG_2}$ sont de sens contraires. Soit :
  $m_1\ \overrightarrow{GG_1} + m_2\ \overrightarrow{GG_2} = \vec{0}$
  Pour tracer simplement le point G, on peut écrire la relation précédente en choisissant un point O quelconque sur l'axe G_1G_2.



$$m_1\ \overrightarrow{GG_1} + m_2\ \overrightarrow{GG_2} = \vec{0}$$
$$m_1\ (\overrightarrow{GO} + \overrightarrow{OG_1}) + m_2\ (\overrightarrow{GO} + \overrightarrow{OG_2}) = \vec{0}$$
$$(m_1 + m_2)\ \overrightarrow{GO} + m_1\ \overrightarrow{OG_1} + m_2\ \overrightarrow{OG_2} = \vec{0}$$
$$(m_1 + m_2)\ \overrightarrow{GO} = -\ m_1\ \overrightarrow{OG_1} - m_2\ \overrightarrow{OG_2}$$
$$-\ (m_1 + m_2)\ \overrightarrow{OG} = -\ m_1\ \overrightarrow{OG_1} - m_2\ \overrightarrow{OG_2}$$
$$\overrightarrow{OG} = \frac{m_1\ \overrightarrow{OG_1} + m_2\ \overrightarrow{OG_2}}{m_1 + m_2}$$

Cette relation est connue sous le nom de relation barycentrique, G étant le barycentre des points G_1 et G_2 affectés des masses m_1 et m_2.
Elle est généralisable à un nombre quelconque de points G_i affectés des masses m_i.

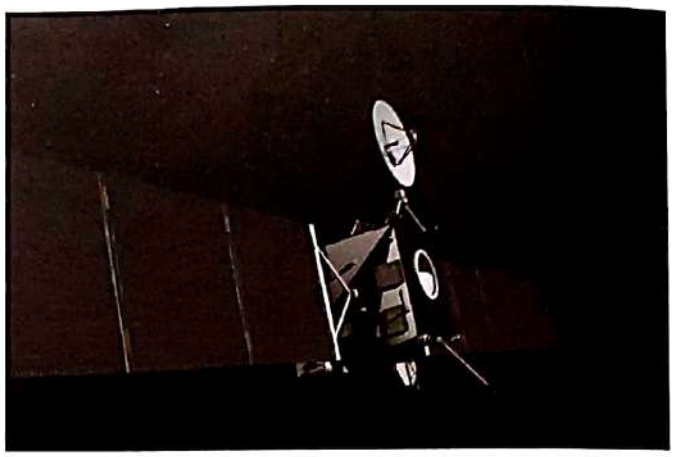
Activité 7 Distingue mouvement d'ensemble et mouvement propre

En juin 2016, une sonde venue de la Terre, « Rosetta », a déposé un robot, « Philae », à la surface de la comète « Chury ». Chury, cet objet aussi perdu soit-il dans l'espace, n'est pas isolé. Son mouvement n'est pas rectiligne, il tourne autour du Soleil car attiré par lui.
La comète possède un mouvement d'ensemble qui est celui de son centre d'inertie qui décrit une immense ellipse autour du Soleil. Mais à ce mouvement se superpose un mouvement de rotation autour de son centre d'inertie.
Il en est de même de la Terre. Son mouvement d'ensemble est un déplacement quasi circulaire autour du Soleil. S'y ajoute un mouvement de rotation autour de l'axe des pôles.
Si la Terre était isolée dans l'espace, son axe de rotation aurait un mouvement de translation rectiligne uniforme. Mais de plus, chaque point de la Terre aurait un mouvement de rotation autour de cet axe en translation.

Scanné avec CamScanner

Lorsqu'un système mécanique est isolé, son centre d'inertie possède un mouvement de translation rectiligne uniforme. C'est un mouvement d'ensemble du système.
À ce mouvement d'ensemble se superpose un mouvement de rotation, qui correspond au mouvement propre du système. Pour un système isolé, ce mouvement de rotation est uniforme : la vitesse de rotation est constante.
Cela permet de mieux comprendre les conditions d'équilibre d'un système mécanique.
Pour que dans un référentiel le centre d'inertie d'un système soit immobile (mouvement d'ensemble nul) il faut :
- que la somme des forces extérieures soit nulle,
- ET que la vitesse du centre d'inertie soit nulle à un instant donné.

Pour que de plus la rotation (mouvement propre) soit nulle, il faut :
- que la somme des moments des forces soit nulle,
- ET que la vitesse de rotation soit nulle à un instant donné.



Doc. 6 *La sonde Rosetta qui a déposé un robot sur la comète Chury.*

Retiens l'essentiel

- ✔ **Un système mécanique isolé est un système matériel qui n'est soumis à aucune force. Il s'agit d'une vue de l'esprit, d'un modèle idéal.**
- ✔ **Un système mécanique pseudo-isolé est un système matériel sur lequel s'exercent des forces extérieures dont la somme est nulle : $\Sigma\vec{F}_{ext} = \vec{0}$. Il se comporte alors comme un système isolé.**
- ✔ **Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un système isolé (ou pseudo-isolé) :**
  – est animé d'un mouvement rectiligne uniforme ;
  – ou est immobile et le reste.
- ✔ **Dans un référentiel, le mouvement d'ensemble d'un système mécanique est celui de son centre d'inertie.**
- ✔ **Le mouvement propre d'un système est celui du système dans un référentiel en translation lié au centre d'inertie.**
- ✔ **Le centre d'inertie est confondu avec le centre de gravité. Sa position peut être établie en utilisant la relation barycentrique :**

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

Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

- **Tu disposes de l'enregistrement de l'activité 3.**
- **Les positions de la verticale du centre de gravité sont repérées par les points (B), les positions d'un point de la périphérie du mobile sont repérées par les points (A).**
- **A_0 et B_0 ont été enregistrés simultanément. Les points consécutifs sont enregistrés à intervalles de temps égaux.**

1. Identifie les positions du point central : B_1, B_2, etc.

2. Identifie les positions du point périphérique : A_1, A_2, etc.

3. Trace la trajectoire du point B, indique sa nature.

4. Mesure la longueur des segments B_0B_1, B_1B_2… B_iB_{i+1}…

Indique ta conclusion pour la valeur de la vitesse du point B.

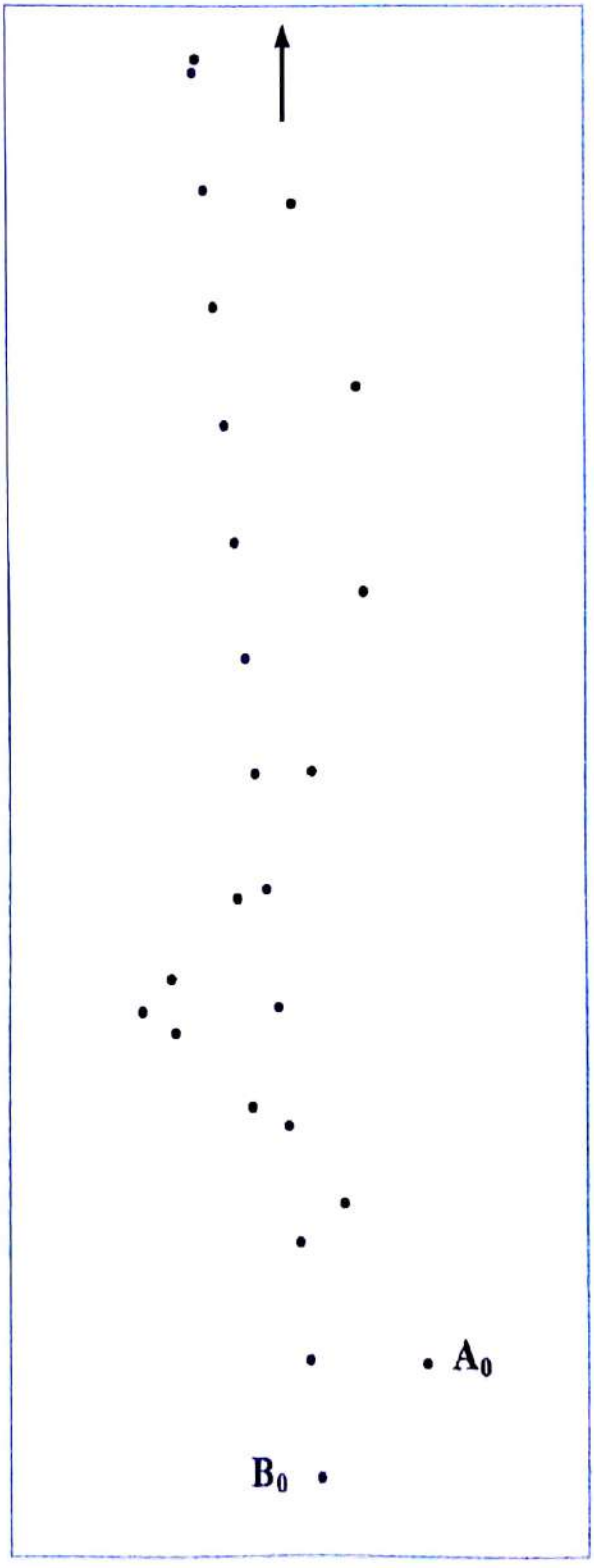
5. Utilise un papier-calque.
À partir d'un point O quelconque du papier-calque, reporte le segment B_0A_0. (B_0 en O.)
Puis place le point O au-dessus de B_1 et reporte le segment B_1A_1.
Puis place le point O au-dessus de B_2 et reporte le segment B_2A_2.
Fais de même pour tous les segments B_iA_i.

Attention, le calque doit être translaté de façon à garder inchangée la direction B_0A_0.

6. Décris la figure obtenue.

7. Indique la nature du mouvement du point A par rapport au point B.

8. Détermine le mouvement d'ensemble et le mouvement propre du mobile.



Scanné avec CamScanner

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis pour chaque affirmation si elle est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Un système est dit isolé s'il n'est soumis à aucune force.		
La Terre est un système isolé.		
Un système est dit pseudo-isolé quand il est soumis à des forces qui se compensent.		
Quand un système est isolé, le mouvement de son centre d'inertie est rectiligne uniforme dans un référentiel galiléen.		
Quand un système est pseudo-isolé, la somme des forces extérieures qui s'exercent sur lui est nulle.		
Pour qu'un système soit immobile, il suffit que la somme des forces extérieures qui s'exercent sur lui soit nulle.		

Exercice 2

Un mobile autoporteur lancé et abandonné sur une table horizontale marque la position de son centre toutes les 20 millisecondes.

La distance entre dix points consécutifs est de 27 cm.

1. **Indique la nature de la trajectoire.**
2. **Indique la nature du mouvement.**
3. **Détermine la valeur de la vitesse de son centre d'inertie.**

Exercice 3

Un pied de lampe en bois possède une forme parallélépipédique de côtés 10 cm × 10 cm et de hauteur 30 cm. Le bois a une densité d = 0,7.

1. **Détermine le volume du bois.**
2. **Détermine la masse du bois.**

Ce pied en bois est entouré à sa base d'une plaque de cuivre décorative, de hauteur 6 cm et de masse m = 400 g.

3. **Détermine la position du centre de gravité du pied de lampe.**

   Indique si le cerclage de cuivre possède une autre fonction que décorative pour le pied de lampe.

Exercice 4

La molécule de chlorure d'hydrogène est diatomique, elle est formée d'un atome de chlore uni à un atome d'hydrogène.

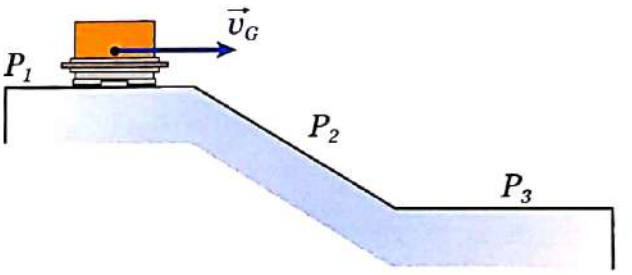
La masse des atomes est concentrée dans leurs noyaux supposés sphériques.

La distance entre les centres des noyaux est d = 0,126 nm.

La masse de l'atome de chlore est 35 fois celle de l'atome d'hydrogène.

1. **Détermine la position du centre de gravité de la molécule de chlorure d'hydrogène.**
2. **Imagine qu'une de ces molécules soit isolée et qu'elle se déplace dans l'espace. Indique quel sera le mouvement de l'atome de chlore et celui de l'atome d'hydrogène.**

Exercice 5



Tu réalises l'expérience décrite sur le document ci-dessus. Le palet sur coussin d'air se déplace sans frottements sur les plans parfaits P_1, P_2 et P_3.

P_1 et P_3 sont horizontaux.

Le palet est pseudo-isolé sur le plan P_1.

1. **Décris le mouvement du centre d'inertie du palet quand il est sur le plan P_1. Justifie.**
2. **Décris le mouvement du centre d'inertie du palet quand il est sur le plan P_2. Justifie.**
3. **Décris le mouvement du centre d'inertie du palet quand il est sur le plan P_3. Justifie.**
4. **Représente les forces qui s'exercent sur le palet dans les trois cas.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Réinvestis tes acquis



Exercice 6

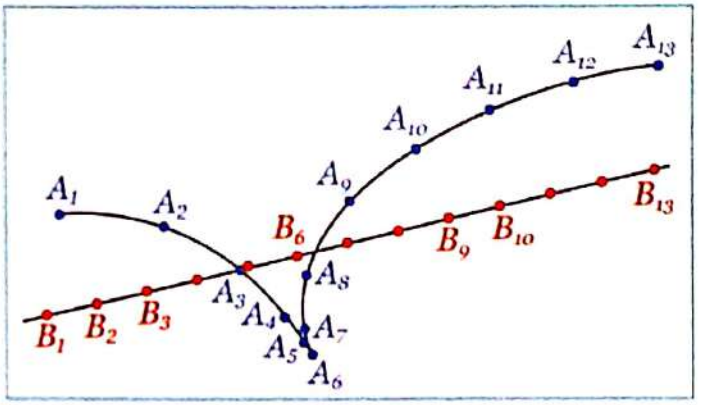
Ton petit frère observe votre papa en train d'emmancher son marteau. Pour cela, votre papa frappe d'un coup sec le manche du marteau sur un support stable.

Ton frère trouve la méthode très efficace mais ne comprend pas pourquoi la tête du marteau s'enfonce sur le manche.

Comme tu viens d'étudier le principe d'inertie, tu lui expliques en langage simple le principe de la méthode utilisée.

Exercice 7

Le document représente l'enregistrement d'un mouvement d'un palet autoporteur sur une table horizontale. L'intervalle de temps entre l'écriture de deux points consécutifs est de 40 ms.



1. **Indique des points A et B celui qui correspond au mouvement du centre d'inertie.**
2. **Le document étant à l'échelle 1, détermine la vitesse du centre d'inertie.**
3. **Détermine le mouvement d'ensemble du mobile.**
4. **En reportant à partir d'un point sur un papier-calque les différents segments B_iA_i, déduis le mouvement propre du palet.**
5. **Détermine la vitesse de rotation du palet.**
6. **Détermine si, dans ce cas, le palet est un système pseudo-isolé.**

Exercice 8

Ton camarade Kevin est debout, immobile, dans le bus qui le conduit au lycée. Il joue avec son téléphone et ne se tient pas à la barre de sécurité.

Le bus roule à vitesse constante sur une route rectiligne et horizontale.

1. **Dresse l'inventaire des forces qui s'exercent sur Kevin.**
2. **Indique le mouvement de Kevin :**
   - **par rapport au référentiel bus ;**
   - **par rapport au référentiel route.**
3. **Indique si Kevin est un système pseudo-isolé :**
   - **dans aucun de ces référentiels ;**
   - **dans le référentiel bus ;**
   - **dans le référentiel route ;**
   - **dans les deux référentiels.**

Le bus freine brusquement.

4. **Indique le mouvement de Kevin :**
   - **dans le référentiel bus ;**
   - **dans le référentiel route.**

Exercice 9

Le professeur de physique-chimie propose des expériences. Avant de les réaliser, il vous demande de prévoir les résultats et de les expliquer.

Un palet autoporteur est posé sur une table plane et horizontale.

La table est solidaire d'un chariot de laboratoire mobile sur des roulettes omnidirectionnelles.

Le chariot est immobile.

1. **Indique quels sont les mouvements possibles du palet.**

Le palet est initialement immobile sur la table immobile.

Tu pousses le chariot d'un mouvement rectiligne.

2. **Indique la nature de la trace qui va être enregistrée sur la table par le palet.**

Tu pousses le chariot d'un mouvement rectiligne uniforme, le palet étant immobile sur la table lors de ce mouvement.

Tu arrêtes le chariot brusquement.

3. **Indique la nature de la trace qui va être enregistrée sur la table par le palet.**
4. **Vérifie expérimentalement tes prévisions.**

Scanné avec CamScanner

La décomposition de mouvements

Les mouvements observés dans l'environnement sont souvent complexes mais on peut généralement les décomposer en un mouvement d'ensemble auquel se superpose un mouvement propre.

Prenons l'exemple de la roue d'un véhicule. Ce peut être la roue d'une bicyclette, d'une moto, d'une voiture, peu importe.



Doc. 7 *Déplacement à vélo.*

L'axe de la roue se déplace parallèlement à la route. Étudions le cas simple d'une route horizontale et rectiligne, l'axe de la roue se déplace dans un plan horizontal parallèle au plan du sol.

Dans un référentiel terrestre, le mouvement des points sur l'axe de la roue est rectiligne. Tous les autres points décrivent une courbe de type cycloïdal.

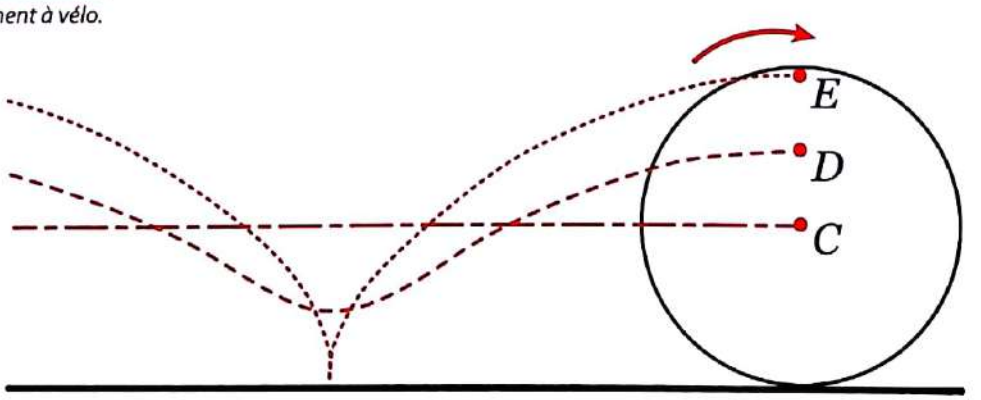
Ces mouvements cycloïdaux sont la superposition :

– d'un mouvement d'ensemble, celui de l'axe, rectiligne ;

– et d'un mouvement propre, celui de rotation autour de l'axe.

On peut donc étudier le mouvement de l'axe dans un référentiel terrestre : mouvement d'ensemble de translation, et le mouvement des points de la roue dans un référentiel lié à l'axe de la roue, mouvement circulaire.

Il est aisé de vérifier cela. Il suffit de fixer une petite ampoule électrique sur une roue de bicyclette la nuit. L'observateur est immobile sur la route et observe le vélo qui passe.



Doc. 8 *Trajectoires de quelques points d'une roue qui roule.*

Attention, la superposition de deux mouvements de ce type ne donne pas nécessairement une cycloïde !

Prenons un point des pales du ventilateur de refroidissement du radiateur. Son axe se déplace parallèlement à la route (mouvement d'ensemble rectiligne) et le mouvement du ventilateur est un mouvement de rotation autour de cet axe (mouvement propre). La combinaison des deux dans un référentiel terrestre donne une courbe hélicoïdale.



Doc. 9 *Ventilateur du radiateur d'une automobile.*

Scanné avec CamScanner

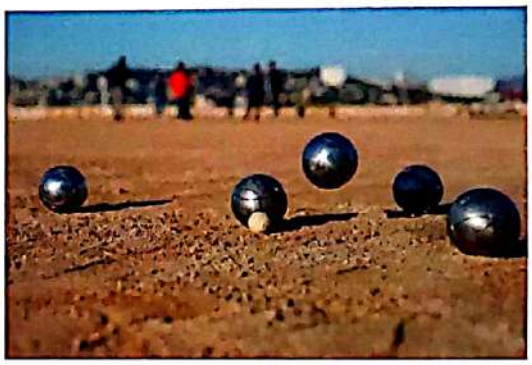
Quantité de mouvement

Habiletés et contenus

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

Découvre le sujet

Tu joues aux boules avec tes voisins.
Indique ce qui se passe si la boule incidente percute une autre boule.
Indique ce qui se passe si la boule incidente percute le cochonnet en bois.
Indique ce qui se passe si la boule incidente ne percute aucune autre boule.



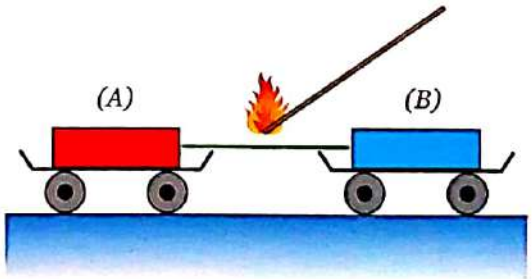
Doc. 1 *Une boule bien ajustée.*

Développe le sujet

Activité 1 Étudie un système formé de deux mobiles

Tu disposes de deux chariots mobiles de masses différentes m_1 et m_2. Par exemple $m_1 > m_2$.
Tu les attaches ensemble en les reliant l'un à l'autre par un fil.
Tu considères le système formé par les deux chariots et le fil.

1. Indique si le système est pseudo-isolé ou non.
2. Alors que l'ensemble est immobile, tu brûles le fil qui les relie en prenant soin de ne pas toucher les chariots.
   Indique tes observations.
   Interprète tes observations en utilisant le principe de l'inertie.



Doc. 2 *Système de deux chariots.*

Bilan de l'activité

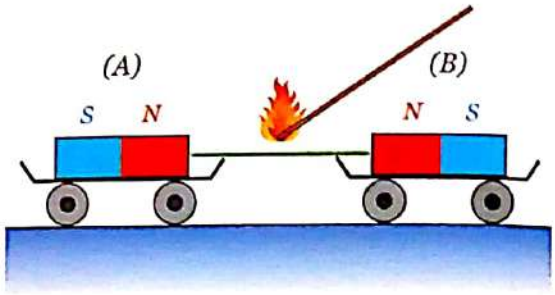
- Les forces d'interaction entre les deux chariots, entre les chariots et le fil sont des forces intérieures au système. Les forces extérieures sont le poids et les réactions de la table sur les roues, leur somme est nulle.
- Le système formé des deux chariots et du fil est pseudo-isolé.
- Quand on brûle le fil, les deux chariots restent immobiles.
- Brûler le fil supprime des forces intérieures au système mais ne crée pas de force extérieure. Le centre d'inertie du système est immobile et le reste.

Scanné avec CamScanner

Activité 2 Étudie le même système en interaction magnétique

Sur les chariots, tu disposes deux aimants qui se repoussent.
Les aimants sont solidaires des chariots.
Tu les attaches ensemble en les reliant l'un à l'autre par un fil.
Tu considères le système formé par les deux chariots, les deux aimants et le fil.

1. Indique si le système est pseudo-isolé ou non.
2. Alors que l'ensemble est immobile, tu brûles le fil qui les relie en prenant soin de ne pas toucher les chariots.
   Indique tes observations.
   Indique ce que prévoit le principe de l'inertie.
   Propose un moyen de le vérifier.



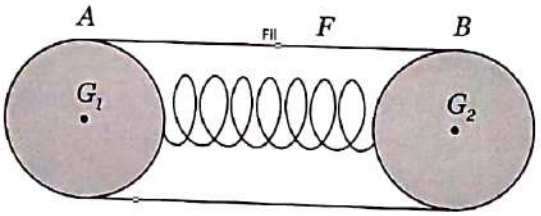
Doc. 3 *Interaction magnétique.*

Bilan de l'activité

- Les interactions magnétiques sont des forces intérieures au système considéré.
- La somme des forces extérieures est nulle. Le système est pseudo-isolé.
- Lorsqu'on brûle le fil, les deux chariots s'éloignent l'un de l'autre, le plus léger roule plus vite que le plus lourd.
- Le système étant pseudo-isolé (si l'on peut négliger les forces de frottements), le centre d'inertie du système doit rester immobile. Les deux chariots s'éloignent l'un de l'autre mais le centre d'inertie de l'ensemble doit rester à la même place.
  Pour le vérifier, il faudrait pouvoir enregistrer les positions des chariots au cours du temps.

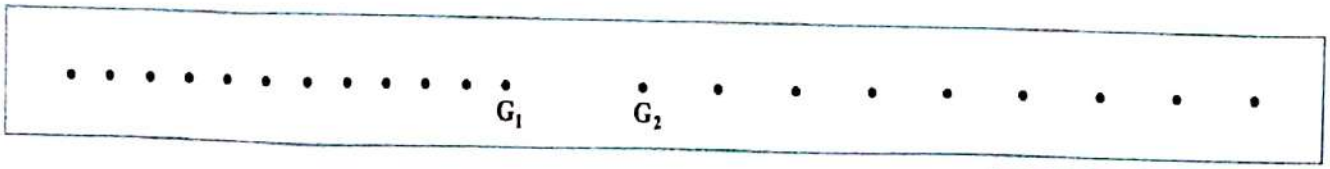
Activité 3 Utilise des palets autoporteurs

Tu disposes de deux palets autoporteurs A et B de masses différentes respectives m_1 et m_2 connues.
$m_1 = 380$ g et $m_2 = 200$ g
Tu les attaches ensemble en les entourant d'un fil qui les relie l'un à l'autre.
Tu crées une interaction entre les deux à l'aide d'un ressort comprimé. Le ressort n'est pas solidaire des palets.
Tu considères le système formé par les deux palets, le fil, le ressort.



Doc. 4 *Deux palets reliés par un fil et un ressort.*

1. Indique si le système est pseudo-isolé ou non.
2. Alors que l'ensemble est immobile, tu brûles le fil qui les relie en prenant soin de ne pas toucher les palets.
   Indique tes observations.
   Indique ce que prévoit le principe de l'inertie.
3. Relève les positions des centres d'inertie des palets G_1 et G_2 aux instants t_0, t_1, … t_i.
   Reporte à chaque instant la position du centre d'inertie de l'ensemble formé par les deux palets.
   Indique si la prévision du principe de l'inertie est confirmée ou non.



Doc. 5 *Éclatement d'un système.*

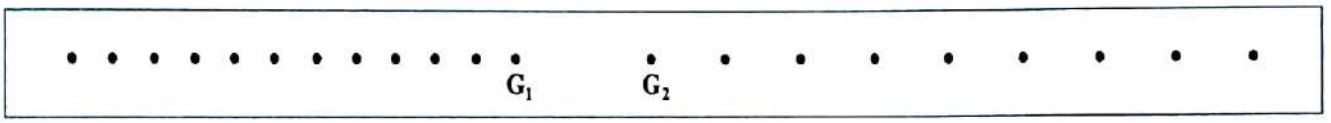
Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Comme précédemment pour les chariots, les forces extérieures, poids des palets et réaction du coussin d'air sur les semelles se compensent, le système formé par les deux palets est pseudo-isolé.
- Lorsqu'on brûle le fil, on observe un éclatement du système, les palets partent dans des sens opposés, le plus lourd ayant une vitesse plus faible.
- Le principe de l'inertie prévoit que le centre d'inertie du système doit rester immobile.
- Quand on trace à chaque instant la position du centre d'inertie du système en utilisant la relation barycentrique, on constate que celui-ci demeure immobile.
  Le principe de l'inertie est confirmé.
  Les deux mobiles prennent des mouvements de sens contraires, le centre d'inertie de chacun des palets se déplace, mais le centre d'inertie du système demeure immobile.

Activité 4 Prolonge l'analyse de l'enregistrement par une étude des vitesses

1. Une fois l'action du ressort terminée, détermine :
- la nature des mouvements de G_1 et de G_2 ;
- les vitesses de G_1 et de G_2, sachant que l'intervalle de temps entre deux marquages de point vaut $\tau = 60$ ms.



2. Détermine la valeur du produit m_1V_1 et celle du produit m_2V_2. Précise les unités utilisées.
Conclus.

3. La vitesse est une grandeur vectorielle.
Écris les caractéristiques des vecteurs $m_1\vec{V}_1$ et $m_2\vec{V}_2$.

4. Écris la somme de ces deux vecteurs et précise sa valeur.

5. Trace des représentants des vecteurs $m_1\vec{V}_1$ et $m_2\vec{V}_2$.

6. Détermine le vecteur-somme de ces deux vecteurs.

Bilan de l'activité

- Une fois l'action du ressort terminée, on constate que les trajectoires de G_1 et de G_2 sont rectilignes et que les points sont équidistants.
- Les mouvements des centres d'inertie G_1 et G_2 sont rectilignes uniformes.
- La vitesse de G_1 vaut $V_1 = 0{,}088$ m/s
  La vitesse de G_2 vaut $V_2 = 0{,}169$ m/s
  Valeur de $m_1V_1 = 0{,}034$ kg.m/s
  Valeur de $m_2V_2 = 0{,}034$ kg.m/s
  On constate que $m_1V_1 = m_2V_2$.
- En considérant que les vitesses sont des grandeurs vectorielles, les produits $m\vec{V}$ le sont aussi. La masse est un scalaire toujours positif, le produit $m\vec{V}$ a donc même direction et même sens que le vecteur-vitesse $\vec{V}$.
- Les vecteurs $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ ont même direction mais sont de sens contraires. Les vecteurs $m_1\vec{V}_1$ et $m_2\vec{V}_2$ sont donc de même direction et de sens contraires.
  $m_1V_1 = m_2V_2$ égalité des valeurs se transforme en la relation vectorielle :
  $m_1\vec{V}_1 = -m_2\vec{V}_2$, soit : $m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = \vec{0}$

Scanné avec CamScanner

- La grandeur $m\vec{V}$, produit de la masse d'un système par le vecteur-vitesse de son centre d'inertie, s'appelle la « quantité de mouvement » de ce système. Elle est notée $\vec{p}$. Sa valeur s'exprime en kg.m/s.

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

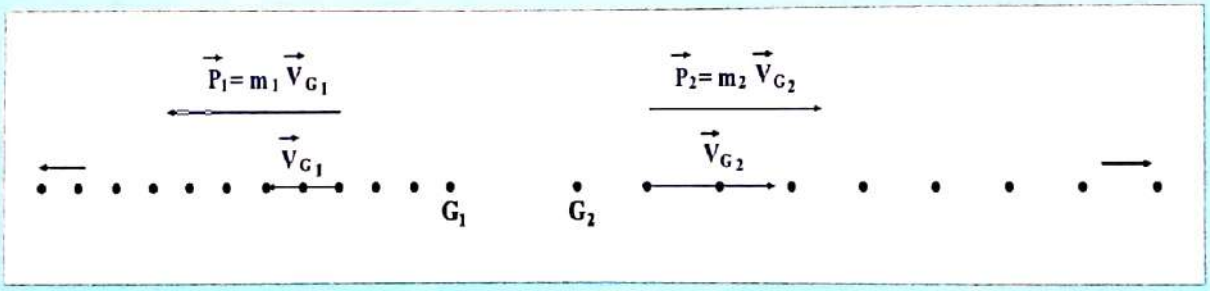
- Au cours de l'éclatement du système étudié :
  - Le palet 1 n'est pas isolé, il subit l'action du ressort que repousse le palet 2. Non isolé, on constate que sa quantité de mouvement $\vec{p}_1 = m_1\vec{V}_{G1}$ varie.
  - Le palet 2 n'est pas isolé, il subit l'action du ressort que repousse le palet 1. Non isolé, on constate que sa quantité de mouvement $\vec{p}_2 = m_2\vec{V}_{G2}$ varie.
  - Le système formé des deux palets 1 et 2 est pseudo-isolé. On constate que sa quantité de mouvement est nulle avant l'éclatement, elle demeure nulle après.

$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$ est constante et ici de valeur nulle.

$\vec{p} = m_1\vec{V}_{G1} + m_2\vec{V}_{G2}$

$\vec{p} = \vec{0}$

- On constate que, conformément au principe de l'inertie, la quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé se conserve :
  - Si le centre d'inertie est au repos, sa vitesse est nulle et la quantité de mouvement est nulle et le reste.
  - Si le centre d'inertie n'est pas au repos, sa vitesse est constante et la quantité de mouvement est constante au cours du temps.



Activité 5 Étudie des exemples d'application de ce principe

1. Lorsqu'un canon tire un obus, on constate que le canon recule au moment du départ de celui-ci.
Lorsqu'un homme tire au fusil, on constate que le fusil et l'épaule sur laquelle il s'appuie reculent.

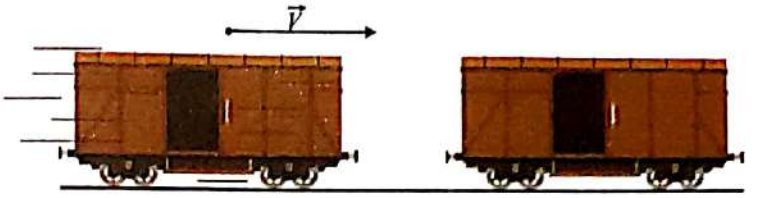
- Propose une explication à ces phénomènes.
- Détermine la vitesse de recul du canon de masse M connaissant la masse de l'obus m et sa vitesse d'éjection $\vec{V}_e$.



Doc. 6 *Recul d'un canon.*

Scanné avec CamScanner

2. Étudie le cas du choc de deux wagons qui s'accrochent l'un à l'autre lors de la constitution d'un train.
Un wagon de masse m roulant à la vitesse $\vec{V}$ heurte un wagon de même masse m immobile dans le référentiel terrestre. Les wagons s'accrochent l'un à l'autre au cours du choc.
Les freins ne sont pas serrés et les frottements sont négligeables.
Détermine la vitesse des wagons après l'accrochage.



Doc. 7 *Un wagon s'accroche à un autre immobile.*

Bilan de l'activité

1. Considérons l'ensemble mécanique formé par le canon et l'obus.

- L'obus est éjecté par des gaz produits sous très haute pression au sein du système. Les forces entre le canon et l'obus sont intérieures au système.
- Supposons le fût du canon horizontal. Le système est pseudo-isolé jusqu'à la sortie de l'obus dans l'air, car ensuite le poids de l'obus n'est plus compensé et des forces de frottements importantes existent.
- Tant que le système est isolé, la quantité de mouvement se conserve. Pour un canon initialement immobile, cette quantité de mouvement est nulle et reste nulle au cours du tir :

  $\vec{p} = (m + M)\vec{V} = \vec{0}$ avant le tir.

  Pendant le tir $\vec{p} = M\vec{V}_r + m\vec{V}_e = \vec{0}$

  Avec $\vec{V}_r$ la vitesse du canon, $\vec{V}_e$ la vitesse d'éjection de l'obus.

  $\vec{V}_r = -(m/M)\vec{V}_e$

- La vitesse du canon est de sens opposé à la vitesse d'éjection. D'où son nom de vitesse de recul.
- Plus la masse du canon est importante, plus cette vitesse est faible.
  C'est pour cela que lors d'un tir au fusil, l'arme doit être tenue fermement contre l'épaule. La masse du tireur s'ajoute à la masse de l'arme pour diminuer la vitesse de recul.



Fusil contre l'épaule.

2. Considérons le système formé par les deux wagons.

- Les frottements étant négligeables, la somme des forces extérieures appliquées à ce système (poids et réaction des rails) est nulle. Le système est pseudo-isolé.
- La quantité de mouvement de ce système avant le choc vaut : $\vec{p} = m\vec{V} + m.\vec{0}$
  $\vec{p} = m\vec{V}$ puisque le second wagon est immobile.

  Après le choc, les deux wagons sont accrochés, ils ont donc la même vitesse $\vec{V}'$.
- La quantité de mouvement du système après le choc vaut : $\vec{p}' = 2m\vec{V}'$.

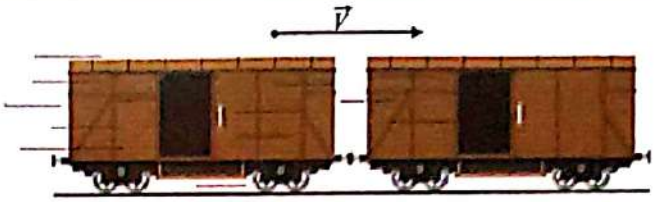
Scanné avec CamScanner

Le système étant isolé, la quantité de mouvement se conserve :

$\vec{p} = \vec{p}'$

$m\vec{V} = 2m\vec{V}'$

$\vec{V}' = \vec{V}/2$



Après l'accrochage.

- L'ensemble des deux wagons se déplace dans le sens du mouvement du wagon incident avec une vitesse divisée par deux.
- Remarque : ce résultat traduit le principe de l'inertie. La vitesse du centre d'inertie du système constitué des deux wagons avant le choc vaut V/2. Le système est isolé, la vitesse du centre d'inertie se conserve.

Retiens l'essentiel

✔ **Le vecteur quantité de mouvement d'un système mécanique est le produit de sa masse par le vecteur-vitesse de son centre d'inertie.**

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

sa valeur est $p = mV_G$
m en kilogramme (kg), V_G en mètre par seconde ($m.s^{-1}$), p en kilogramme-mètre par seconde ($kg.m.s^{-1}$)

✔ **Le vecteur quantité de mouvement d'un système mécanique, déformable ou non, est égal à la somme des vecteurs quantité de mouvement des parties constituantes.**

$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$

$\vec{p} = m_1\vec{V}_{G1} + m_2\vec{V}_{G2}$

$\vec{p} = \Sigma m_i\vec{V}_{Gi}$

✔ **Le vecteur quantité de mouvement d'un système, solide ou déformable, isolé ou pseudo-isolé se conserve : $\vec{p}$ = vecteur constant.**

Scanné avec CamScanner

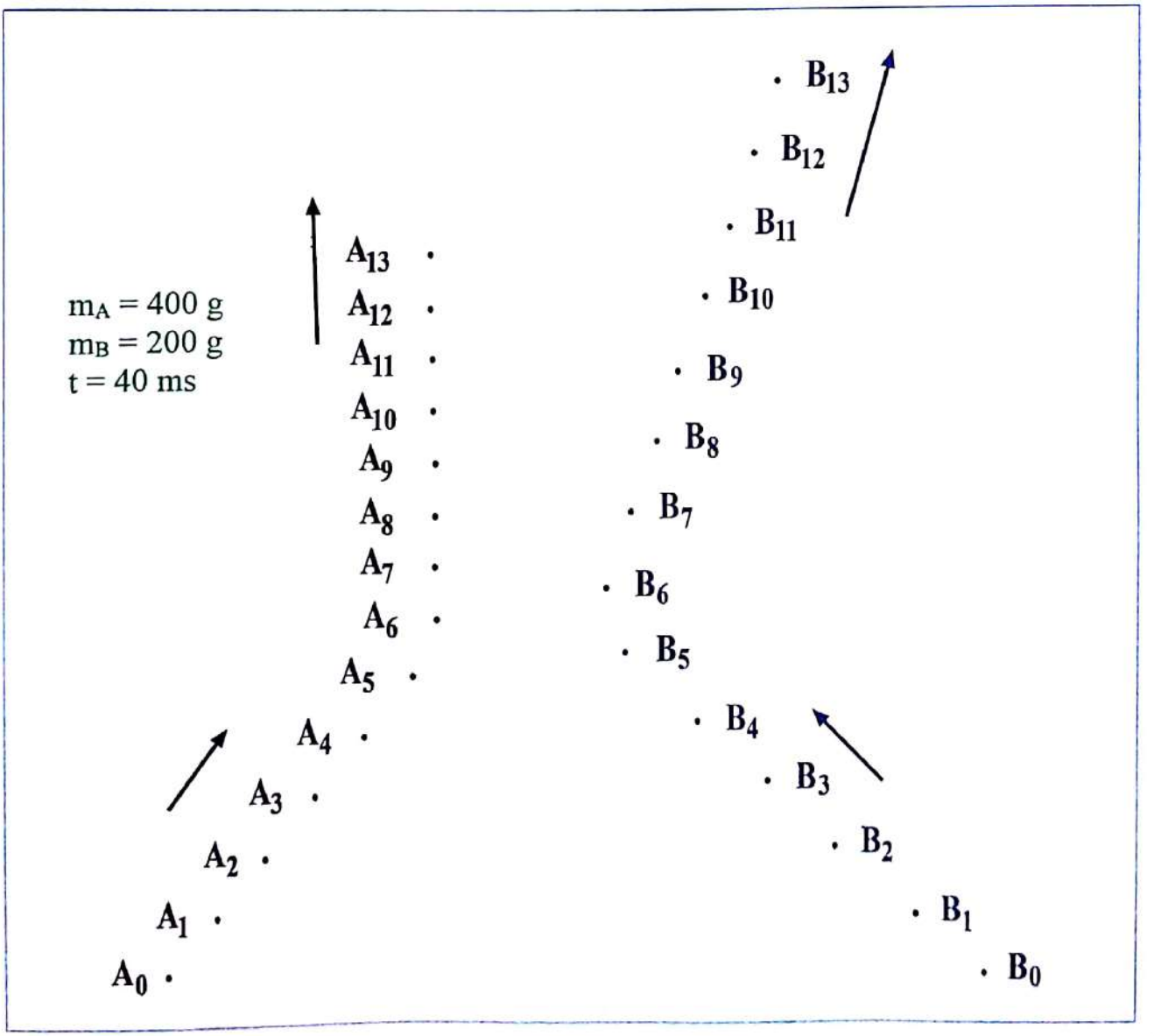
Fiche expérimentale

Étude d'un choc de deux mobiles autoporteurs

- Deux mobiles sont lancés l'un vers l'autre.
- Avant le choc, les mobiles sont pseudo-isolés, leurs mouvements sont rectilignes uniformes.
- Étudie le mouvement du système formé par l'ensemble des deux mobiles.

On donne les valeurs suivantes :
$M_A = 400$ g • $M_B = 200$ g • Intervalle de temps entre deux traçages de points : $\tau = 40$ ms.

1. Reproduis le document et trace le point centre d'inertie du système, noté G, à chaque instant.
2. Détermine la nature des mouvements de A, de B, de G, avant le choc et après le choc.
3. Détermine les vitesses de A, de B, de G, avant le choc et après le choc.
4. Détermine les valeurs des quantités de mouvement du mobile A, du mobile B et du système formé par les deux mobiles, avant et après le choc.
5. Trace sur la feuille reproduisant cet enregistrement, les vecteurs quantités de mouvement du mobile A, du mobile B et du système formé par les deux mobiles, avant et après le choc.
6. Conclus.



Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Tu roules à vélo à la vitesse de 18 km/h.

1. **Évalue la valeur de ta quantité de mouvement personnelle.**

Une voiture de masse 1500 kg roulant à 90 km/h te croise.

2. **Calcule la valeur de sa quantité de mouvement.**
3. **Explique le danger que représentent de telles différences de valeur de quantité de mouvement.**

Exercice 2

Un wagon de masse 20 tonnes, roulant à la vitesse de 9 km/h sur une voie horizontale, vient s'accrocher à un wagon de masse 30 tonnes roulant en sens inverse à la vitesse de 3,6 km/h.

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

Exercice 3

Pour réparer son vélo, le papa de Thomas immobilise celui-ci à l'envers. Il fait tourner à la main la roue avant du vélo à la vitesse d'un demi-tour par seconde.

Détermine la quantité de mouvement de la roue.



Exercice 4

Ton ami plonge depuis une pirogue. Il n'est pas content parce que la pirogue bouge lors du plongeon.

Tu commences par lui préciser comment elle bouge car le mouvement de la pirogue n'est pas quelconque.

Ensuite, tu utilises la conservation de la quantité de mouvement pour lui expliquer complètement le phénomène, cause de son désagrément.

Exercice 5

Avec deux camarades de classe, vous essayez de vérifier la conservation de la quantité de mouvement au cours d'un choc.

Tes deux camarades roulent avec des patins à roulettes sur un sol plan et horizontal. Les frottements sont négligeables.

Par jeu, ils se dirigent l'un vers l'autre dans des directions perpendiculaires. Ils entrent en contact et s'accrochent pour poursuivre une trajectoire commune.

Le premier a une masse de 45 kg et le second une masse de 60 kg. Ils ont chacun une vitesse de 4 m/s avant le contact.

1. **Détermine le vecteur quantité de mouvement de chacun de tes camarades avant le contact.**
2. **Détermine graphiquement le vecteur quantité de mouvement de l'ensemble formé par tes camarades avant le contact.**
3. **Détermine le vecteur quantité de mouvement de l'ensemble formé par tes camarades après le contact.**
4. **Détermine le vecteur-vitesse de tes camarades après le contact.**

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

La Terre tourne autour du Soleil à une vitesse $V = 30$ km/s.

La masse de la Terre vaut $M = 6.10^{24}$ kg.

1. **Calcule la valeur de la quantité de mouvement de la Terre dans un référentiel héliocentrique.**
2. **Indique si cette valeur de la quantité de mouvement est constante ou non au cours de la rotation de la Terre autour du Soleil.**
3. **Indique si le vecteur quantité de mouvement de la Terre se conserve au cours de cette rotation.**
4. **La Terre tourne sur elle-même autour de l'axe des pôles. Indique si ce mouvement apporte une contribution à la quantité de mouvement de la Terre.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 7

Ton frère découvre dans un livre que certains animaux marins se déplacent en expulsant de l'eau.

Tu lui expliques comment cela est possible.

Pour l'aider à comprendre, tu lui fais observer le recul d'un tuyau d'arrosage quand on ouvre l'eau du robinet.



Exercice 8

Un atome de radon au repos (masse 222 u.m.a.) émet en se désintégrant une particule α (noyau d'hélium, masse 4 u.m.a.) et se transforme en atome de polonium (masse 218 u.m.a.).

La particule α est éjectée avec une vitesse $\vec{V}_\alpha$.

1. **Détermine le vecteur-vitesse de l'atome de polonium en fonction de $\vec{V}_\alpha$.**
2. **Calcule cette valeur si $V_\alpha = 20\,000$ km/s.**

Remarque : u.m.a. signifie unité de masse atomique, la connaissance de sa valeur n'est pas nécessaire.

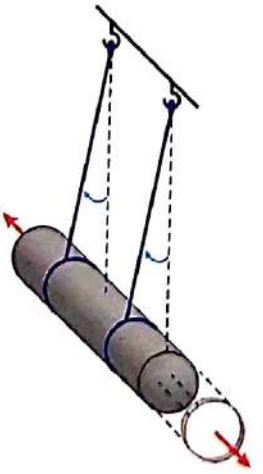
Exercice 9

Réalise une expérience de recul.

Tu suspends horizontalement un tube vide de comprimés effervescents.

Tu introduis un peu d'eau dans le tube puis un comprimé, tu rebouches hermétiquement le tube avec son bouchon.

Tu attends et tu observes ce qui se produit.



1. **Explique en utilisant tes connaissances sur la quantité de mouvement ce que tu as observé.**
2. **Tu recommences l'expérience en lestant le tube d'une petite surcharge. Décris et explique tes observations.**

Exercice 10

Lors de la visite d'une carrière, tu assistes (de loin !) à des fragmentations de roches à la dynamite.

Un bâton de dynamite a été introduit dans un trou creusé au centre d'un rocher à briser.

Lors de l'explosion, le rocher se fragmente en trois parties de masses respectives 10 t, 5 t et 20 t.

Les deux premiers fragments s'éloignent sur deux trajectoires perpendiculaires avec des vitesses respectives 0,6 m/s et 1,6 m/s.



1. **Calcule les valeurs des quantités de mouvement des deux premiers fragments.**
2. **Dessine un schéma représentant les deux premiers fragments après l'explosion.**
3. **Sur ce schéma, trace des représentants de leurs vecteurs quantités de mouvement.**
4. **Sur ce schéma, trace en le justifiant un représentant du vecteur quantité de mouvement du troisième fragment.**
5. **Détermine la vitesse d'éloignement de ce troisième fragment.**

Exercice 11

Tu essaies d'adapter tes nouvelles connaissances à la compréhension du jeu de billard.

Tu lances une boule de billard à la vitesse de 2 m/s. Celle-ci heurte une boule identique qui est immobile dans le référentiel de la table.

Après la collision, la boule incidente se déplace à la vitesse de 1 m/s suivant un angle de 60° par rapport à la direction initiale de son mouvement.

1. **Représente schématiquement la situation.**
2. **Détermine graphiquement le vecteur quantité de mouvement de la boule heurtée.**
3. **Détermine graphiquement le vecteur-vitesse de la boule heurtée.**

Scanné avec CamScanner

Motos, fusées, dauphins, les forces du mouvement

Pour tous les mouvements ordinaires de notre environnement, les forces de réactions interviennent.

Ce sont des forces qui sont liées au contact de la matière avec la matière.

C'est la réaction du sol sur le pied qui permet à l'homme de marcher, c'est la réaction du sol sur la roue motrice de la moto qui lui permet d'avancer.

Ces forces « matière contre matière » permettent également :

- la nage des poissons et les sauts des dauphins (les nageoires utilisent la réaction de la matière eau) ;
- le vol des oiseaux (les ailes utilisent la réaction de la matière air).

Il en va autrement pour les fusées, satellites ou autres vaisseaux spatiaux.

Ceux-ci ne sont pas isolés, ils sont toujours soumis à l'attraction terrestre, à l'attraction lunaire, solaire ou autre.

Mais ils se situent dans le vide et ne peuvent « s'appuyer » sur la matière pour progresser.

La conservation de la quantité de mouvement s'applique cependant à eux aussi.

Si à un instant donné une fusée déclenche ses moteurs, elle expulse vers l'arrière une masse de matière (m_e) à très grande vitesse (V_e). La conservation de la quantité de mouvement explique le mouvement de la fusée vers l'avant.

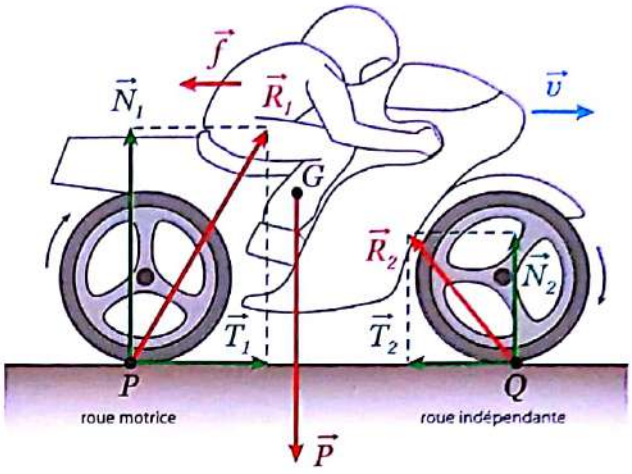
Ce problème est délicat à résoudre correctement car la masse de la fusée n'est pas constante (elle expulse de la matière) mais pendant une durée brève, la masse éjectée (m_e) est faible et la masse de la fusée (M) peut être considérée comme constante.

On peut alors écrire, dans un référentiel choisi pour avoir la fusée immobile à l'instant de l'allumage des moteurs :

- Avant l'allumage $\vec{p} = \vec{0}$
- Après un bref allumage : $\vec{p} = m_e \vec{V}_e + M\vec{V} = \vec{0}$

Soit $\vec{V} = -(m_e/M)\vec{V}_e$.

Fusée et gaz éjecté ont des vitesses de signes contraires. Il y a donc augmentation de la vitesse de la fusée dans le référentiel choisi.



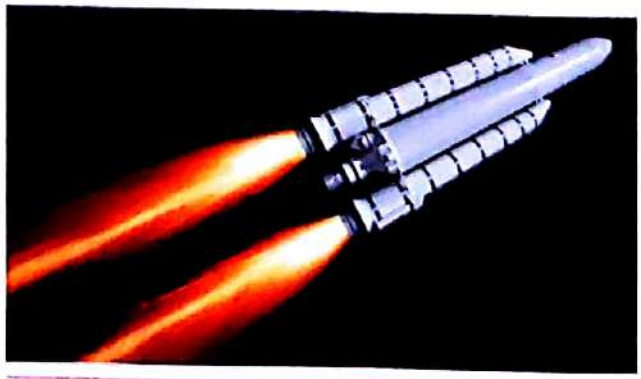
Doc. 8 *Moto en mouvement.*



Doc. 9 *Dauphins en mouvement.*



Doc. 10 *Vol d'oies cendrées.*



Doc. 11 *Fusée en plein vol.*

Scanné avec CamScanner

Le courant électrique

Habiletés et contenus

- ✔ Connaître la nature du courant électrique dans les métaux.
- ✔ Connaître la nature du courant électrique dans les électrolytes.
- ✔ Connaître le sens conventionnel du courant électrique.
- ✔ Représenter le sens du courant électrique.
- ✔ Expliquer la circulation du courant électrique :
  – dans les métaux ;
  – dans les électrolytes.

Découvre le sujet

Ta maman, qui pensait porter un bracelet en argent, s'aperçoit que sur des parties usées par le frottement il apparaît des zones métalliques qui ressemblent à du cuivre.
Elle te demande si tu as une explication à cette observation.
Tu te souviens d'avoir déjà étudié le recouvrement par électrolyse d'un métal par un autre.
Tu recherches dans ton manuel de Physique-Chimie de la classe de quatrième pour lui apporter une réponse scientifique.



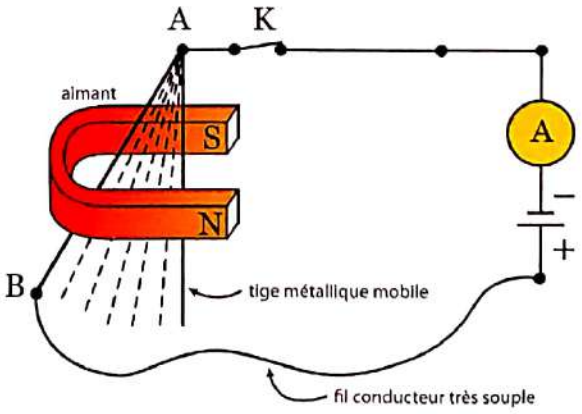
Doc. 1 *Un bracelet en argent ou en cuivre ?*

Développe le sujet

Activité 1 Compare l'action d'un aimant sur un faisceau d'électrons et sur un conducteur métallique parcouru par un courant électrique

1. Réalise le montage schématisé ci-contre.
La tige métallique mobile est en cuivre.

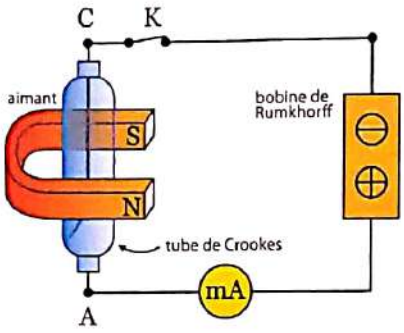
- Indique pourquoi l'on ne peut pas utiliser une tige en fer.
- Décris tes observations quand tu fermes l'interrupteur du circuit.
  Inverse les bornes du générateur, ferme l'interrupteur et décris tes observations.
- Écris ta conclusion.

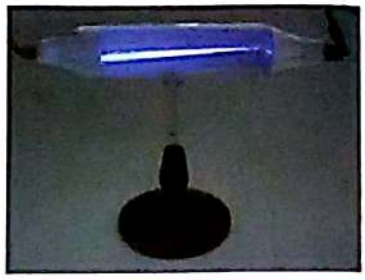


Doc. 2 *Circuit mobile.*

Scanné avec CamScanner

2. Observe cette expérience réalisée par le professeur. Dans le tube de Crookes, un faisceau d'électrons se déplace dans le vide d'une extrémité (la cathode) à l'autre (l'anode). Il laisse une trace lumineuse lors de son passage.
Le professeur approche un aimant dans les mêmes conditions que dans l'expérience précédente.
Indique tes observations.





Doc. 3 *Expérience avec un tube de Crookes.*

Bilan de l'activité

1. On ne peut pas utiliser une tige en fer car elle viendrait se plaquer contre l'aimant.

- Lorsqu'on ferme l'interrupteur, on observe une déviation du conducteur mobile en cuivre.
- Il existe donc une force qui s'applique au conducteur qui modifie son état d'équilibre. Cette force cesse quand on ouvre le circuit.
- Si l'on inverse le sens de branchement du générateur sans modifier la position de l'aimant, on observe une déviation de sens contraire.
- On déduit de cette expérience :
  – que les aimants interagissent avec les conducteurs parcourus par un courant électrique ;
  – que le courant électrique possède un sens puisque le changement de sens de branchement inverse le sens des effets.

2. Le positionnement de l'aimant autour du tube entraîne une déviation du faisceau d'électrons.

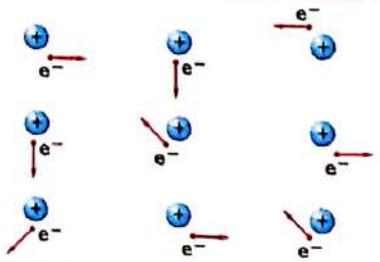
- On observe que le sens de cette déviation est identique à l'un des deux observés dans l'expérience précédente.
- Le tube de Crookes émet les électrons à l'électrode reliée à la borne négative du générateur.
- Les déviations sont de sens identiques quand la tige mobile est parcourue par un courant de sens opposé à celui des électrons dans le tube de Crookes.

Activité 2 Déduis la nature et le sens de déplacement des porteurs de charge dans les métaux

1. Rappelle le sens conventionnel du courant électrique.
2. Rappelle la constitution atomique de la matière.
3. Rappelle l'hypothèse électronique du courant électrique.
4. Indique si les expériences de l'activité 1 la confirment ou non.
5. Indique la nature du courant électrique dans les métaux.

Bilan de l'activité

- Par convention, le courant électrique à l'extérieur d'un générateur circule de la borne positive à la borne négative du générateur.
- Un atome est constitué d'un noyau de charge électrique positive et d'un cortège électronique de charge électrique négative. L'atome est électriquement neutre, il y a autant d'électrons dans le cortège électronique que de charges positives dans le noyau.



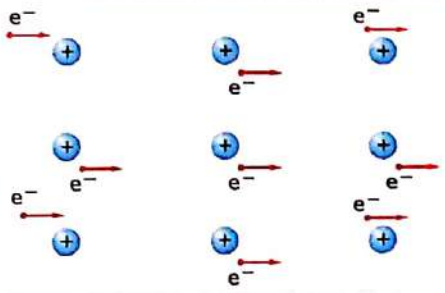
Les électrons libres dans un métal.

Scanné avec CamScanner

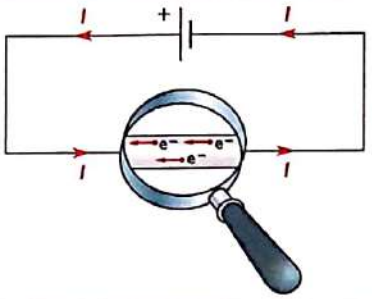
- Les expériences d'électrolyse et les transformations réciproques d'atomes en ions étudiées en classe de quatrième suggèrent que le courant électrique dans les conducteurs métalliques est une circulation d'électrons.
- Dans les expériences de l'activité 1, on constate que le sens de la déviation du faisceau d'électrons est identique à celui de la déviation du conducteur métallique lorsque les déplacements d'électrons s'effectuent dans le même sens.

Ces expériences confirment la nature électronique du courant électrique dans les métaux.

- Dans les métaux, il existe des électrons susceptibles de se déplacer aisément au sein du réseau atomique. On les appelle « électrons libres ».
- Le courant électrique correspond à un déplacement ordonné de ces électrons libres. Le sens de leur déplacement est opposé au sens conventionnel du courant électrique.



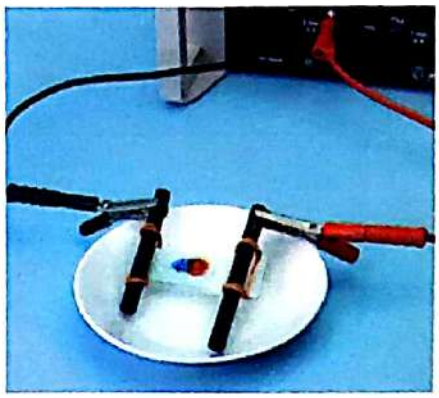
Mouvement ordonné des électrons libres.



Déplacement des électrons et sens conventionnel du courant.

Activité 3 Étudie la nature et le sens de déplacement des porteurs de charge dans les électrolytes

Réalise le circuit électrique photographié ci-contre.
Un papier-filtre est posé sur une lame de verre. Il est en contact avec deux électrodes de carbone reliées à un générateur de courant continu.
Imbibe le papier-filtre d'une solution d'acide sulfurique diluée.
Dépose au centre un cristal de sulfate de cuivre et un cristal de permanganate de potassium.
Ferme le circuit électrique et observe.



Doc. 4 *Déplacement des ions.*

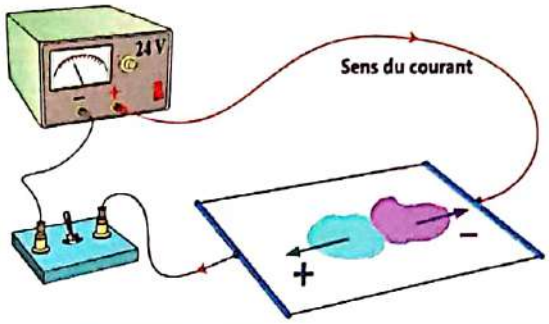
1. Recherche les ions présents dans les produits :
   - acide sulfurique ;
   - sulfate de cuivre ;
   - permanganate de potassium.
2. Recherche parmi ces ions ceux qui sont incolores et ceux qui sont colorés.
3. Indique tes observations quand le courant électrique circule.
4. Déduis de tes observations la nature et le sens de déplacement des porteurs de charge dans la solution imbibant le papier-filtre.

Bilan de l'activité

- L'acide sulfurique dilué fournit des ions hydrogène et des ions sulfate, incolores.
- Le sulfate de cuivre fournit des ions sulfates incolores et des ions cuivre hydratés de couleur bleue.
- Le permanganate de potassium fournit des ions potassium incolores et des ions permanganate violets.

Scanné avec CamScanner

- Quand le courant circule, on constate :
  - qu'une tache bleue se déplace vers l'électrode négative. Cela traduit le déplacement des ions cuivre, positifs, de formule Cu^{2+} ;
  - qu'une tache violette se déplace vers l'électrode positive. Cela traduit le déplacement des ions permanganate, négatifs, de formule MnO_4^-.
- Dans une solution ionique, le courant électrique est dû à un déplacement d'ions.
- Les ions positifs se déplacent dans le sens du courant.
- Les ions négatifs se déplacent dans le sens opposé au sens du courant.



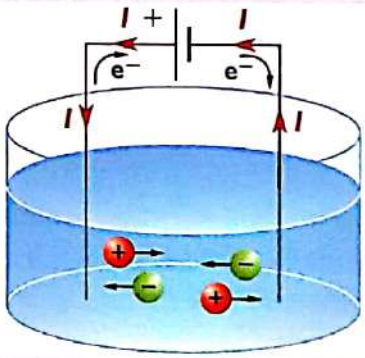
Migration des ions.

Activité 4 Relie le sens conventionnel du courant au sens de déplacement des porteurs de charge

1. Réfléchis : imagine que dans des conducteurs solides, des charges positives puissent se déplacer.
2. Indique quel serait le sens de déplacement de ces charges positives si ce conducteur était intégré à un circuit électrique fermé.
3. Renseigne-toi : de tels conducteurs existent-ils ?
4. Résume sur un schéma la conduction électronique dans les métaux et la conduction ionique dans les solutions en fonction du sens de la circulation du courant.

Bilan de l'activité

- Si dans un conducteur solide les charges positives pouvaient se déplacer, elles le feraient dans le sens du courant.
- De tels conducteurs existent, on les appelle semi-conducteurs, ils jouent un grand rôle dans l'électronique.
- Le sens conventionnel du courant est le sens de déplacement des charges électriques positives.
- Les électrons qui assurent la conduction métallique sont négatifs, ils se déplacent en sens contraire du sens conventionnel.



Conduction électronique et conduction ionique.

Retiens l'essentiel

- ✔ **Le courant électrique est dû à un déplacement de porteurs de charge.**
- ✔ **Dans un conducteur métallique, les porteurs de charge sont des électrons. Dans un électrolyte, les porteurs de charge sont des ions.**
- ✔ **À l'extérieur d'un générateur, le sens conventionnel du courant électrique est de la borne positive vers la borne négative.**
- ✔ **Le sens conventionnel du courant électrique est le sens de déplacement des charges positives.**
- ✔ **Les électrons, négatifs, circulent en sens opposé au sens conventionnel du courant électrique.**

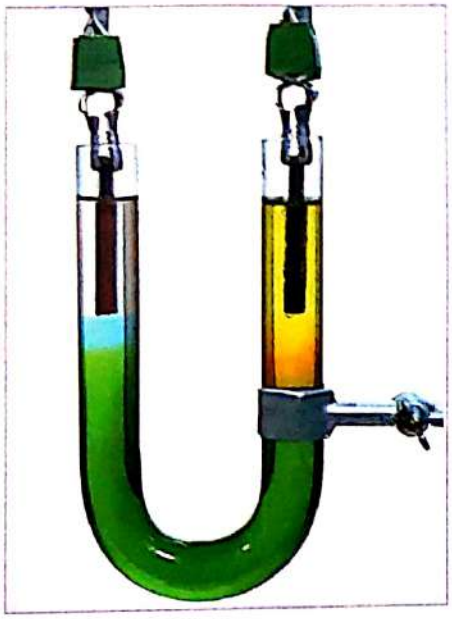
Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

1. Réalise l'électrolyse d'une solution contenant des ions cuivre hydratés et des ions dichromates.

Respecte le protocole expérimental suivant :
- Mélange deux solutions, l'une de sulfate de cuivre (Cu^{2+}, SO_4^{2-}), l'autre de dichromate de potassium ($2K^+$, $Cr_2O_7^{2-}$).
- Introduis cette solution dans un tube en U.
- Verse délicatement de chaque côté du tube une solution diluée d'acide sulfurique diluée. Utilise une pipette appuyée contre la paroi intérieure du tube en U afin de ne pas mélanger les solutions.

La solution d'acide sulfurique doit surnager sans se mélanger à la solution colorée.
- Plonge délicatement une électrode en carbone dans chaque branche du tube en U.
- Relie les électrodes à un générateur de courant continu.



Migrations d'ions colorés en solution.

2. Observe et décris ce qui se passe.
Indique la couleur de la solution-mélange initiale.
Schématise l'expérience.
Décris le rôle de l'acide sulfurique dilué.
Précise le sens de migration des ions colorés.
Il existe dans le milieu expérimental des ions incolores. Indique leur sens de migration.
Il existe dans la solution des molécules d'eau. Indique leur éventuel sens de migration.
Estime un ordre de grandeur de la vitesse de migration des ions.
Résume tes observations et tes conclusions sur un schéma.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Yao a ramassé divers objets ou matériaux solides : clé en fer, fil de cuivre, bois sec, mine de crayon à papier, bouteille en verre, carton, règle en plastique, etc.

1. Cite les solides qui conduisent le courant électrique.

2. Précise les porteurs de charge responsables de la conduction électrique pour les conducteurs électriques retenus.

Exercice 2

Yao a ensuite collecté divers liquides : solution aqueuse de chlorure de sodium, solution aqueuse de nitrate d'argent, eau sucrée, huile, pétrole, mercure, etc.

1. Cite les liquides qui conduisent le courant électrique.

2. Précise les porteurs de charge responsables de la conduction électrique pour les conducteurs électriques retenus.

Exercice 3

Dis pour chaque affirmation si elle est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Le courant électrique dans un conducteur métallique est dû à un déplacement d'électrons.		
Les électrons dans un conducteur métallique se déplacent dans le sens conventionnel du courant électrique.		
Dans un électrolyte, les porteurs de charge sont électriquement neutres.		
Le sens conventionnel du courant électrique dans un électrolyte est le sens de déplacement des ions positifs.		
Le courant électrique dans un électrolyte est dû à une double migration des ions.		
Les bornes d'un générateur de courant continu sont électriquement identiques.		

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 4

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

1. Dans un métal, le courant électrique est dû à un déplacement _____ .
2. Le verre ne conduit pas le courant électrique. C'est un corps _____ .
3. Dans un isolant, les charges électriques existent mais elles ne peuvent pas se _____ .
4. À l'extérieur du générateur, le courant circule de la borne _____ vers la borne _____ .
5. À l'extérieur du générateur, les électrons se déplacent de la borne _____ vers la borne _____ .
6. Dans un électrolyte, on observe une double migration des ions. Les ions positifs et les ions négatifs se déplacent dans des sens _____ .

Exercice 5

Reprends le montage de l'activité expérimentale en remplaçant le mélange par une solution de permanganate de potassium.

La solution de permanganate occupe le fond du tube en U et tu verses précautionneusement dans chaque

Tu adaptes des électrodes en carbone et tu fermes le circuit électrique.

1. **Nomme l'ion coloré de ces solutions, écris sa formule et indique sa couleur.**
2. **Note tes observations.**
3. **Indique vers quelle électrode migre l'ion permanganate (MnO_4^-).**
4. **Schématise l'expérience en précisant tes observations.**

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Le chlorure de cuivre (II) est un solide soluble dans l'eau.

1. **Indique quels sont les ions constitutifs du chlorure de cuivre (II).**
2. **Indique la couleur probable de cette solution.**

On réalise l'électrolyse de cette solution entre électrodes de carbone.

On observe un dégagement de chlore sur une électrode et un dépôt de cuivre sur l'autre.

3. **Indique le symbole de l'ion chlorure.**
4. **Indique le symbole de l'ion cuivre.**
5. **Schématise l'expérience en précisant :**
   - **les signes des électrodes ;**
   - **le sens de déplacement des électrons dans les conducteurs arrivant aux électrodes ;**
   - **les sens de déplacement des ions présents dans la solution ;**
   - **les lieux de dégagement de chlore et de dépôt de cuivre.**
6. **Écris les réactions électrochimiques qui traduisent les phénomènes de dégagement de chlore et de dépôt de cuivre.**

Exercice 7

Le courant électrique n'est pas la seule manifestation des charges électriques.

Procure-toi une règle en plastique et découpe de petits morceaux de papier.

Frotte énergiquement la règle contre un tissu de laine ou un tissu synthétique, approche-la des petits morceaux de papier et observe.

Sachant que les phénomènes observés dépendent des charges électriques présentes dans la matière, propose une explication à tes observations.

Exercice 8

Pour déposer une mince couche d'argent sur un objet métallique, on utilise une solution de nitrate d'argent (Ag^+, NO_3^-).

Cette solution sert d'électrolyte, et l'objet à argenter sert d'électrode. L'autre électrode est en argent.

1. **Indique le sens de migration des ions argent et des ions nitrate.**
2. **Indique à quelle borne du générateur il faut relier l'objet à argenter.**
3. **Fais un schéma du montage en précisant les sens :**
   - **du courant ;**
   - **de circulation des électrons ;**
   - **de migrations des ions.**

Scanné avec CamScanner

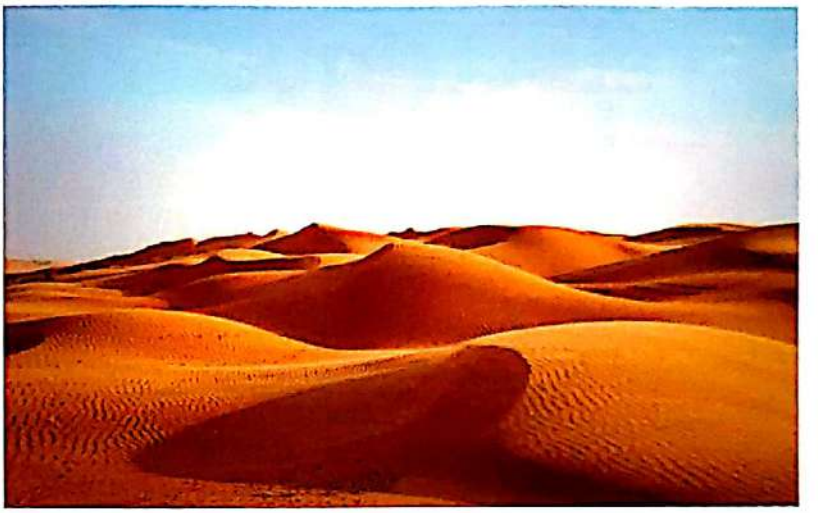
À la base de l'électronique

Le silicium est un élément chimique intermédiaire entre les métaux (fer, cuivre, aluminium, etc.) et les non-métaux (oxygène, chlore, néon, iode, etc.).

Ni tout à fait conducteur, ni tout à fait isolant, c'est un semi-conducteur. Il est à la base de toute l'électronique.

Il est isolant ou conducteur en fonction des conditions de température, d'éclairement, de sollicitation électrique.

Le silicium est le deuxième élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Associé à l'oxygène, il forme la silice, constituant du sable !



Doc. 5 *Dunes d'oxyde de silicium.*



Doc. 6 *Silicium.*

Si la matière première est facile à trouver, la séparation chimique du silicium puis sa purification consomment énergie, produits chimiques et eau en grandes quantités.

L'électronique exige une pureté du silicium égale ou supérieure à 99,99999 %.

L'obtention de ce produit ultrapur est délicate et coûteuse.

L'intérêt du silicium est que l'on peut modifier ses propriétés électriques.

Éclairé, il devient conducteur. On l'utilise dans les panneaux photovoltaïques.

Chauffé, il devient conducteur. On l'utilise dans les thermistances.



Doc. 7 *Test d'un disque de silicium après gravure des circuits.*

En introduisant soit du phosphore, soit du bore en infime quantité dans le réseau cristallin du silicium pur, on peut le rendre conducteur de deux façons différentes.

Le phosphore apporte des électrons excédentaires et le silicium aura une conduction électronique de type métallique.

Le bore crée un défaut d'électrons. Dans ce cas, il y aura au sein du réseau cristallin la présence de « trous » positifs qui se déplaceront dans le sens du courant alors que les électrons se déplaceront dans le sens contraire. On peut considérer les trous comme des particules qui transportent le courant.

Scanné avec CamScanner

Intensité d'un courant électrique

Habiletés et contenus

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

Découvre le sujet

Deux camarades de classe regardent la circulation automobile sur une route conduisant à Yamoussoukro. L'un d'eux dit qu'elle est plus importante vers Yamoussoukro et l'autre qu'elle est plus grande vers Abidjan.
Tu leur fais préciser le vocabulaire qu'ils emploient.
Tu leur demandes s'il peut y avoir une différence entre nombre de véhicules et nombre de personnes qui passent.
Enfin, tu leur proposes une solution scientifique pour les départager.



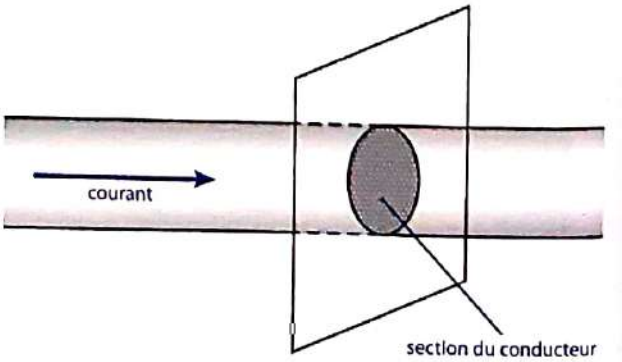
Doc. 1 *Intensité de la circulation.*

Développe le sujet

Activité 1 Définis la quantité d'électricité

Avec tes camarades, tu appliques la méthode que vous avez mise au point pour les véhicules pour définir la quantité d'électricité qui circule dans un conducteur. Vous réfléchissez aux différents types de courants, électroniques comme ioniques.

1. Indique s'il faut compter les porteurs de charges ou les charges qui passent.
2. Cherche dans tes études scientifiques de collège et indique la propriété fondamentale des charges des particules.
3. Propose une définition de la quantité d'électricité.

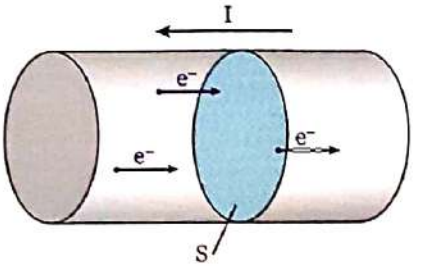


Doc. 2 *Méthodologie du comptage.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Un courant électrique correspond à un déplacement de porteurs de charges.
- Dans les métaux, ces porteurs sont des électrons, dans les électrolytes, ce sont des ions.
- Les électrons portent une seule charge négative, mais des ions peuvent porter plusieurs charges et elles peuvent être de signes différents.
  Exemple : Cu^{2+} transporte deux charges positives, SO_4^{2-} transporte deux charges négatives.
  Il faut donc compter les charges et non les porteurs de charges.



Comptage des charges.

- Une propriété fondamentale de la physique de ces particules est qu'il existe une charge dite « élémentaire ».
  Elle est négative quand elle est portée par les électrons, elle est positive quand elle est portée par les protons présents dans les noyaux. Sa valeur absolue est la même dans les deux cas.
- La quantité d'électricité est donc la quantité de charges électriques, elle est égale à un nombre entier de fois la charge élémentaire.
- On note la charge élémentaire par la lettre e. Une charge électrique est donc égale à $Q = Ne$.
  La valeur de e vaut : $e = 1{,}6.10^{-19}$ coulomb.
  Le coulomb, de symbole C, est l'unité de charge électrique, elle est également celle de la quantité d'électricité.
- Le cas des conducteurs métalliques est simple puisque les porteurs des charges sont des électrons et qu'ils ne portent chacun qu'une charge unique.

Activité 2 Définis l'intensité d'un courant électrique

1. Rappelle l'unité d'intensité d'un courant électrique.
2. Rappelle avec quel appareil on mesure l'intensité d'un courant électrique.
3. Rappelle la façon dont on le branche pour effectuer la mesure.
4. Rappelle quelques valeurs usuelles des intensités des courants dans ton environnement.

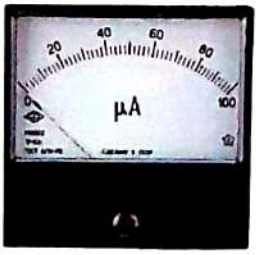
Le courant (d'eau) de ce fleuve a une intensité de 90 m^3/s.
En prenant appui sur cette utilisation du mot intensité, propose une définition pour l'intensité d'un courant électrique.



Doc. 3 *Débit d'un fleuve.*

Bilan de l'activité

- L'unité d'intensité du courant électrique est l'ampère, de symbole A.
- On mesure l'intensité d'un courant électrique avec un ampèremètre.
- L'ampèremètre est inséré en série dans le circuit.
- Les valeurs des intensités couvrent une plage très étendue, du nanoampère dans les appareils électroniques au kiloampère dans les moteurs industriels. Elle est de l'ordre de l'ampère dans notre environnement domestique.



De 0 à 100 millionièmes d'ampère.

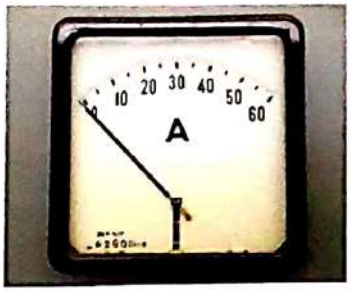
Scanné avec CamScanner

- On définit l'intensité d'un courant électrique comme la valeur de la charge électrique qui traverse une section du conducteur par unité de temps.

  $I = Q/\Delta t$

  I en ampère, Q en coulomb, Δt en seconde.

- Un ampère est l'intensité d'un courant électrique qui transporte une quantité d'électricité d'un coulomb par seconde.

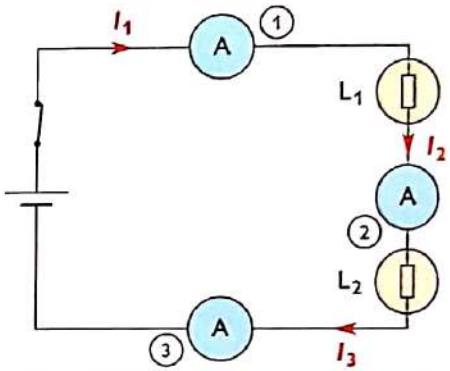


De 0 à 60 ampères.

Activité 3 Établis la loi d'unicité du courant électrique dans un circuit série

Réalise le montage ci-contre.

1. Indique comment sont montées les lampes L_1 et L_2.
2. Indique comment sont insérés les trois ampèremètres.
   Ferme le circuit et note les valeurs indiquées par les ampèremètres.
3. Conclus.
4. Écris ta conclusion sous forme symbolique.
5. Explique pourquoi ce résultat est prévisible.



Doc. 4 *Circuit série.*

Bilan de l'activité

- Les lampes sont montées en série. Cela signifie qu'elles appartiennent à la même boucle du circuit qui joint la borne positive du générateur à sa borne négative.
- Les ampèremètres sont eux-mêmes montés en série.
- Les ampèremètres mesurent la même valeur de l'intensité pour les courants I_1, I_2, I_3.
- L'intensité du courant électrique est constante tout au long d'un circuit série.

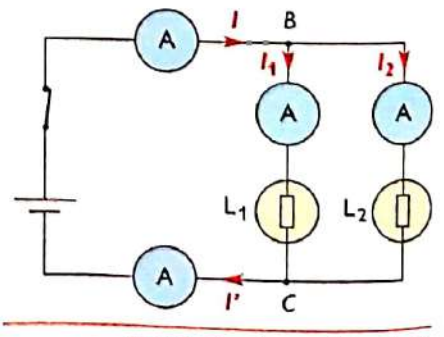
$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

- L'intensité mesure une quantité de charges qui circulent. Au cours de leur déplacement, les électrons ne quittent pas le circuit conducteur, et aucun électron n'y pénètre de l'extérieur. La quantité d'électricité qui circule est donc constante. Mais de plus, la constante de l'intensité montre qu'il n'y a nulle part d'accumulation d'électrons. Le « courant d'électrons » est régulier tout au long du circuit.

Activité 4 Établis la loi des nœuds

Réalise le montage ci-contre.

1. Indique comment sont montées les lampes L_1 et L_2.
2. Indique comment sont insérés les ampèremètres.
   Ferme le circuit et note les valeurs indiquées par les ampèremètres.
3. Conclus.
4. Écris ta conclusion sous forme symbolique.
5. Explique pourquoi ce résultat est prévisible.



Doc. 5 *Circuit avec dérivations.*

Scanné avec CamScanner

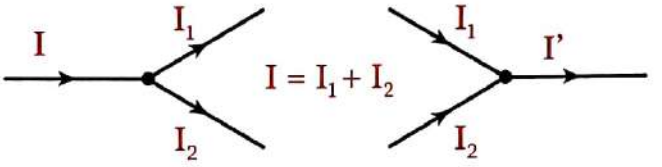
Bilan de l'activité

- Les lampes sont montées en dérivation. Cela signifie qu'elles appartiennent à deux boucles (ou branches) différentes. Elles ne sont pas traversées par les mêmes « courants d'électrons », et donc par les mêmes courants électriques.
- Les ampèremètres sont montés en série dans chacune des branches.
- Les ampèremètres mesurent des intensités satisfaisant les relations :

$$I = I'$$
$$I = I_1 + I_2$$
$$I_1 + I_2 = I'$$

$I = I'$ est l'intensité du courant dans la branche principale, celle du générateur.
I_1 et I_2 sont les intensités des courants dérivés.

- B et C sont des nœuds du circuit, c'est-à-dire des points de connexion entre plusieurs conducteurs.
- L'intensité du courant électrique dans la branche principale est égale à la somme des intensités des courants dérivés. Cette loi est connue sous le nom de « loi des nœuds ».



$I = I_1 + I_2 = I'$

- Il y a conservation des électrons et donc des charges électriques. En un nœud, il n'y a ni création, ni disparition, ni accumulation de charge.
- La loi des nœuds pour les circuits avec dérivations comme la loi d'unicité de l'intensité pour les circuits série sont des lois de conservation. Elles expriment la conservation de la charge électrique.

Retiens l'essentiel

- ✔ **L'intensité d'un courant électrique est la valeur de la charge électrique qui traverse une section du conducteur par unité de temps.**

  $I = Q/\Delta t$

  I en ampère, Q en coulomb, Δt en seconde.
- ✔ **Il existe une charge électrique élémentaire de valeur $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.**
  La charge électrique d'un électron est $q = -e$.
- ✔ **Toute charge électrique est de la forme $Q = \pm Ne$**
  Q : charge en coulomb
  e : valeur de la charge élémentaire en coulomb
  N : nombre entier (nombre de charges élémentaires)
- ✔ **Dans un circuit série, l'intensité du courant est constante tout au long du circuit.**
- ✔ **Dans un circuit avec dérivations, la somme des intensités des courants qui arrivent en un nœud est égale à la somme des intensités des courants qui en partent.**

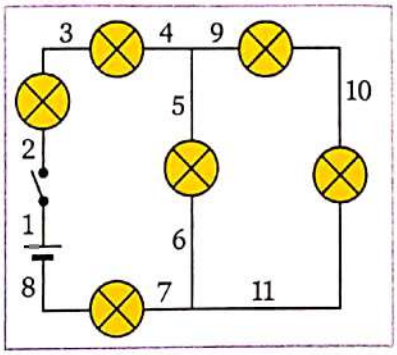
  $I_1 + I_2 + \ldots = I_3 + I_4 + \ldots$

  $\Sigma I_a = \Sigma I_p$
- ✔ **Ces lois traduisent la conservation de la charge électrique et la non-accumulation de charges en un point du circuit.**

Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

- **Tu disposes d'un générateur, d'un interrupteur, de 6 lampes identiques ou non, et de fils conducteurs en nombre suffisant pour réaliser le circuit représenté ci-contre.**
- **Tu disposes également d'un multimètre que tu utiliseras dans sa fonction « ampèremètre ».**



1. Observe le multimètre et rappelle les règles à respecter pour réaliser un branchement correct.

2. Vérifie si les lois des intensités du courant électrique en circuit série et en circuit avec dérivations sont respectées pour ce circuit.

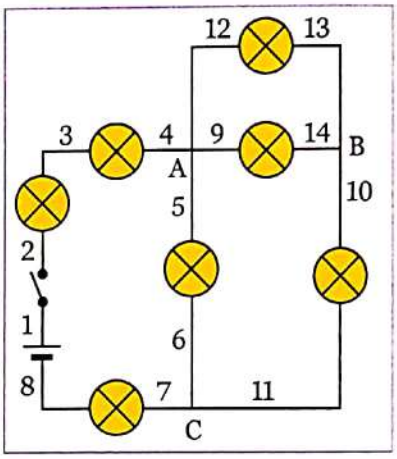
Les conducteurs sont repérés par des nombres de 1 à 11.

a. Écris toutes les relations qui doivent exister entre les intensités des courants notées de I_1 à I_{11}.

b. Mesure les valeurs de toutes ces intensités.

c. Conclus à la validation ou non des relations prévues.

3. Tu ajoutes une septième lampe au circuit comme indiqué sur le schéma.



a. Écris la loi des nœuds en A, B, C.

b. Effectue les mesures à l'ampèremètre qui permettent de vérifier ces relations.

c. Propose une forme symbolique générale pour l'écriture de la loi des nœuds.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. L'intensité d'un courant ..... est la valeur de la ..... électrique qui traverse une ..... du conducteur par ..... de temps.

2. L'unité légale d'intensité est ..... de symbole ..... .

3. L'unité légale de charge électrique est ..... de symbole ..... .

4. L'unité légale de temps est ..... de symbole ..... .

5. Dans un conducteur métallique, les porteurs de charge sont les ..... .
Ils se déplacent en sens ..... du courant électrique.
Ils portent une charge ..... de valeur e = ...

6. Dans un circuit en série, l'intensité du courant est ..... tout au long du circuit.

7. Dans un circuit avec ..... , la somme des ..... des courants qui arrivent en un nœud est ..... à la ..... des intensités des courants qui en ..... .

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 2

1. Indique quelle est la valeur de la charge élémentaire.
2. Calcule le nombre d'électrons nécessaires à l'obtention d'une charge de valeur un coulomb.

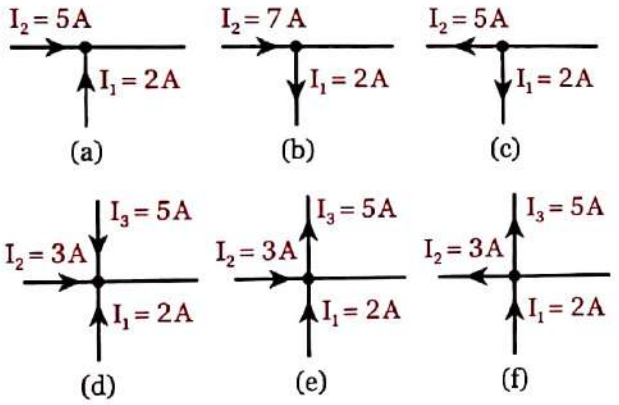
Exercice 3

Quand tu utilises un ampèremètre, ou un multimètre en fonction « ampèremètre », tu commences par le placer sur le plus grand calibre.

Justifie cette pratique qui est en fait une précaution.

Exercice 4

1. Applique la loi des nœuds pour chaque cas schématisé a, b, c, d, e et f.
2. Détermine le sens et la valeur de l'intensité manquante.
3. Complète les schémas.



Réinvestis tes acquis

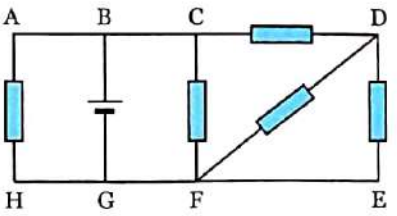
Exercice 5

En électronique, on utilise des courants dont l'intensité est de l'ordre du nanoampère.

1. Recherche la signification du préfixe nano.
2. Détermine le nombre d'électrons qui traversent chaque seconde une section du conducteur parcouru par un courant d'intensité 1 nA.
3. Le conducteur parcouru par ce courant possède une section de 0,001 mm^2, détermine la valeur du flux correspondant d'électrons au mètre-carré.

Exercice 6

Le montage schématisé ci-dessous comprend un générateur et cinq dipôles. On donne $I_{AH} = 1$ A, $I_{CD} = 2$ A, $I_{DE} = 1,5$ A et $I_{FG} = 3$ A.



1. Reproduis le schéma et indique le sens du courant électrique dans chaque branche du circuit.
2. Détermine les intensités du courant dans les branches BC, GB, DF et CF.
3. Calcule la quantité d'électricité fournie par le générateur en 10 minutes de fonctionnement.

Exercice 7

La loi d'unicité de l'intensité du courant électrique dans un circuit série montre qu'il n'y a pas d'accumulation locale de charges dans le circuit.

Tu décides avec tes camarades de chercher une preuve expérimentale de cette absence d'accumulation.

Tu as réfléchi précédemment à l'électrisation par frottement. Tu as observé l'action du peigne sur les cheveux, celle d'une règle en plastique sur des petits morceaux de papier, etc.

Ces forces sont dues à des accumulations de charges électriques sur les corps concernés. Ces accumulations, d'électrons en particulier, sont quantitativement très faibles.

Décris ce qu'on observerait s'il y avait des accumulations locales d'électrons dans les circuits électriques.

Exercice 8

Des élèves de ta classe doutent encore de la conservation de la charge électrique et de l'unicité de l'intensité dans un circuit série. Pour les convaincre, le professeur propose l'exercice suivant.

Une lampe est parcourue par un courant d'intensité $I = 1$ A.

1. Détermine le nombre d'électrons entrant chaque seconde dans le filament de la lampe.

Imagine qu'il ne sorte du filament de la lampe qu'une intensité de 0,99 A.

2. Détermine le nombre d'électrons sortant alors chaque seconde.
3. Détermine la charge électrique que le filament accumulerait alors.

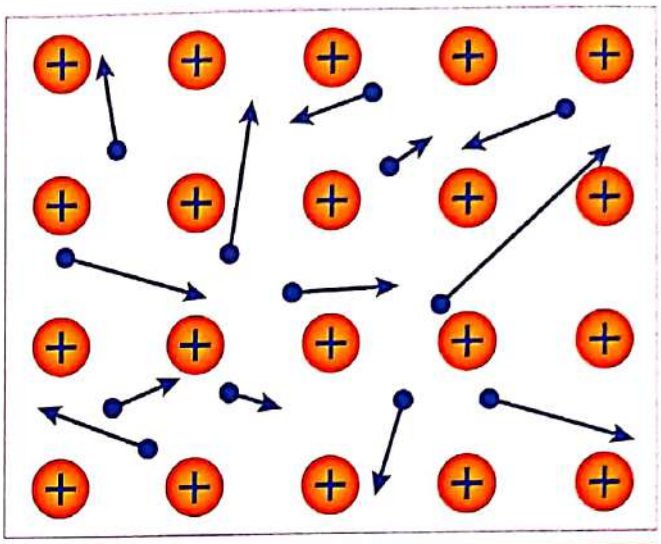
Une étincelle survient entre un corps chargé et la Terre dès que la charge atteint la valeur + ou -10^{-6} coulomb.

4. Détermine le nombre d'étincelles qui se produirait alors chaque seconde entre ce conducteur et son support.

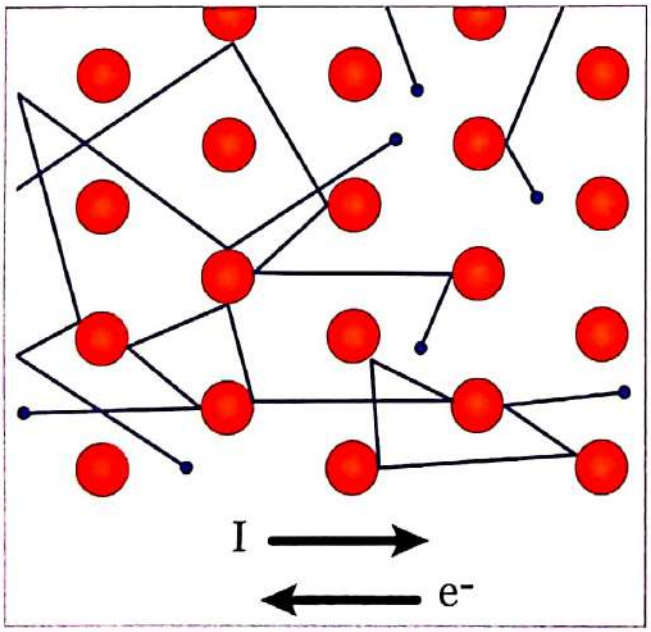
Scanné avec CamScanner

Les mouvements des électrons

Nous avons constaté, dès la classe de quatrième, que les métaux avaient tendance à donner des ions positifs : Na^+, Fe^{2+}, Cu^{2+}, Al^{3+}, etc.
Cela signifie qu'ils cèdent plus ou moins facilement des électrons.
Dans un cristal métallique, les noyaux des atomes sont rangés régulièrement et les cortèges électroniques les environnent. Mais un électron (ou plusieurs) par atome, moins fortement lié que les autres, a la possibilité de circuler dans le cristal en passant d'un cortège électronique à un autre. Ils forment un « nuage » d'électrons libres baignant le cristal métallique.
Lorsque ce métal est inséré dans un circuit électrique, ces électrons libres prennent un mouvement d'ensemble et ce déplacement globalement ordonné constitue le courant électrique.



Doc. 6 *Électrons libres dans un métal.*



Doc. 7 *Courant électrique et déplacement d'électrons.*

Quand on manœuvre un interrupteur, une lampe connectée s'allume instantanément même si elle est située à plusieurs mètres de l'interrupteur. Il ne faudrait pas en déduire que les électrons se déplacent très vite et se rendent instantanément de l'interrupteur à la lampe.
Les électrons qui circulent dans la lampe quand elle s'allume sont déjà présents dans le filament, ils ne viennent pas d'ailleurs ! Ni de l'interrupteur, ni du générateur !
La fermeture de l'interrupteur donne le signal de mise en mouvement. Ce signal électromagnétique se propage à grande vitesse, de l'ordre de 200 000 km/s pour les circuits ordinaires. Mais les électrons eux-mêmes se déplacent à une vitesse bien moindre et leur mouvement étant soumis à de nombreux chocs, il n'est ni rectiligne, ni uniforme. Cette vitesse instantanée n'a pas grand sens en physique des particules mais disons qu'elle est de l'ordre de 1 000 km/s. Ce n'est pas la vitesse du mouvement d'ensemble !

À partir de l'intensité et de la géométrie du conducteur, on peut déterminer la vitesse d'ensemble de déplacement des électrons constituant le courant électrique et on trouve alors une vitesse moyenne de l'ordre de 1 mm à 1 cm par minute. Celle d'un escargot !

Pour le courant alternatif du secteur de fréquence F = 50 Hz, « l'ordre » de mise en mouvement change de sens 100 fois par seconde, ce qui fait que les électrons responsables du courant électrique ont un déplacement très faible. Ils vibrent pratiquement sur place.

Scanné avec CamScanner

Tension électrique

Habiletés et contenus

- ✔ Définir la tension électrique ou différence de potentiel (ddp) entre deux points d'un circuit électrique.
- ✔ Représenter une tension continue entre deux points d'un circuit électrique.
- ✔ Déterminer une tension continue.
- ✔ Connaître les lois de la tension en courant continu :
  - pour un circuit série ;
  - pour un circuit avec dérivations.
- ✔ Appliquer les lois de la tension en courant continu.
- ✔ Déterminer les caractéristiques d'une tension variable :
  - tension triangulaire ;
  - tension en créneaux ;
  - tension sinusoïdale.

Découvre le sujet

Alors que l'éclairage dans la maison fonctionne normalement, tu observes momentanément une baisse de luminosité des lampes.
Tu vérifies. Est-ce une seule lampe ? Est-ce dans toute la maison ? Est-ce dans tout le quartier ?
Fort de tes connaissances et de celles de tes camarades, tu recherches avec eux l'explication scientifique du phénomène et sa cause.



Doc. 1 *Une baisse de luminosité.*

Développe le sujet

Activité 1 Rappelle les connaissances acquises sur la tension électrique

1. Nomme l'appareil utilisé.
2. Rappelle son schéma.
3. Indique la grandeur qu'il mesure.
4. Indique l'unité de cette grandeur.
5. Rappelle son mode de branchement sur un schéma.
6. Écris le résultat de la mesure effectuée.
7. Indique si les deux bornes de l'appareil de mesure sont identiques ou non.
8. Indique quel serait le résultat de la mesure si l'opérateur inversait les deux sondes qu'il tient à la main.
9. Représente la tension par une flèche sur le schéma précédent.

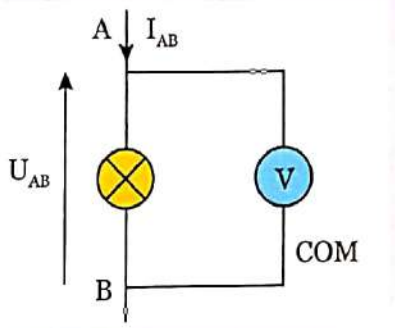


Doc. 2 *Une mesure de tension.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- L'appareil est un multimètre utilisé ici en voltmètre.
  Un voltmètre mesure une tension électrique.
  L'unité de la tension électrique est le volt, de symbole V.
- Un voltmètre se monte en dérivation avec le dipôle aux bornes desquelles on mesure la tension.
- Le multimètre est utilisé dans la plage « DC » pour « direct current », soit « courant continu », « V » pour voltmètre.
  Le calibre utilisé est 20 volts.
  L'appareil mesure U = 2,61 V.
- Les deux bornes du voltmètre ne sont pas identiques, la borne marquée « COM » est normalement la borne de sortie du courant, l'autre marquée V est la borne d'entrée.
- Si on inverse les deux sondes, l'appareil indique U = – 2,61 V.
- La tension est une grandeur algébrique.
  On la représente par une flèche placée à côté du dipôle étudié.
- La tension est aussi appelée « différence de potentiel », elle mesure la différence d'état électrique entre deux points d'un circuit.
  Ainsi, la flèche correspondant à la tension U_{AB} représente la différence de potentiel entre les points électriques A et B.
  U_{AB} mesure la tension de A par rapport à B : $U_{AB} = 2{,}61$ V.
  U_{BA} mesure la tension de B par rapport à A : $U_{BA} = -2{,}61$ V.



Branchement d'un voltmètre.

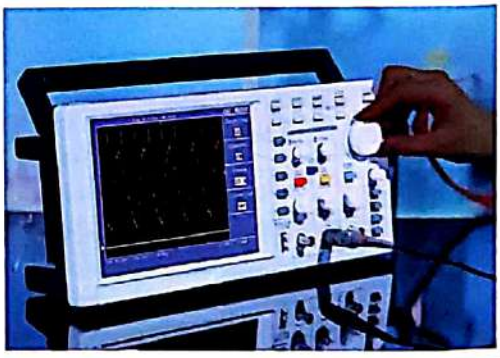
Activité 2 Rappelle les connaissances acquises sur l'oscilloscope

1. Rappelle la fonction caractéristique d'un oscilloscope.
L'écran d'un oscilloscope comporte deux dimensions, rappelle ce que représentent les deux axes de l'écran.

2. Indique l'avantage principal d'un oscilloscope par rapport à un voltmètre classique.

3. Nomme la figure obtenue sur l'écran d'un oscilloscope.

4. Recherche les différences entre un oscilloscope numérique et un oscilloscope analogique.



Doc. 3 *Oscilloscope numérique.*

Bilan de l'activité

- Un oscilloscope est essentiellement un voltmètre.
  Son écran comporte :
  – un axe horizontal, l'axe des temps. On peut utiliser différents calibres de temps, couramment de la microseconde à la dizaine de secondes par division pour les appareils usuels ;
  – un axe vertical, l'axe des tensions. On peut utiliser différents calibres, du microvolt à la dizaine de volts par division pour les appareils usuels.
- L'avantage d'un oscilloscope sur un voltmètre classique est qu'il permet d'observer les possibles variations d'une tension au cours du temps.
- L'oscilloscope doit être utilisé pour suivre l'évolution temporelle d'une tension. Pour mesurer la valeur d'une tension, on utilise un voltmètre.
- La figure affichée sur l'écran d'un oscilloscope est appelée oscillogramme.

Scanné avec CamScanner

- Autrefois, les oscilloscopes utilisaient la déviation d'un faisceau d'électrons pour obtenir un oscillogramme. Aujourd'hui, les oscilloscopes sont numériques, ils procèdent à un échantillonnage de la tension à étudier en prélevant sa valeur plusieurs fois par seconde puis affichent la courbe correspondante sur l'écran. Les échantillonnages peuvent atteindre plusieurs giga-échantillons par seconde.
- Ces oscilloscopes numériques peuvent avoir le format d'un multimètre et posséder des performances remarquables. Seule la taille de l'écran limite la qualité de la lecture, mais pas celle des mesures.



Oscilloscope analogique.

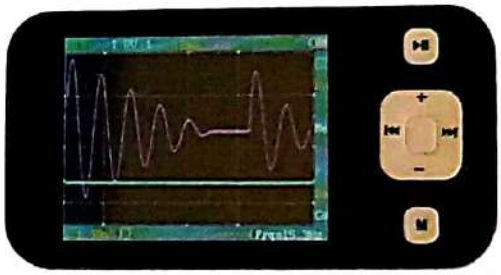


Oscilloscope numérique multimètre.

Activité 3 Analyse un oscillogramme

Sur l'écran de cet oscilloscope s'affichent deux courbes.

1. Qualifie la tension représentée par la courbe de couleur bleue.
2. Qualifie la tension représentée par la courbe de couleur violette.



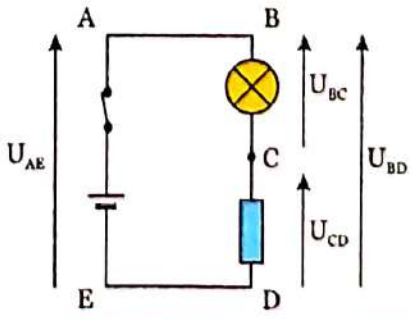
Doc. 4 *Deux oscillogrammes.*

Bilan de l'activité

- La courbe bleue montre une tension de valeur constante au cours du temps.
- Il s'agit d'une tension continue constante.
- Si l'oscilloscope est étalonné pour une valeur nulle au centre de l'écran, la valeur de cette tension est négative.
- La courbe violette montre une tension de valeur variable au cours du temps. Si la valeur nulle est au centre de l'écran, cette tension est parfois positive, parfois négative.

Activité 4 Étudie les propriétés des tensions dans un circuit série

1. Identifie les appareils représentés sur le schéma du circuit électrique et réalise-le.
2. Nomme le type de ce circuit.
3. Indique la propriété de l'intensité du courant.
   Tu disposes d'un voltmètre.
   Tu mesures successivement les valeurs des tensions :
   U_{AE} = U_{BC} =
   U_{CD} = U_{BD} =
4. Écris les relations entre ces différentes valeurs de tensions.
5. Rappelle la loi d'additivité des tensions.



Doc. 5 *Additivité des tensions.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

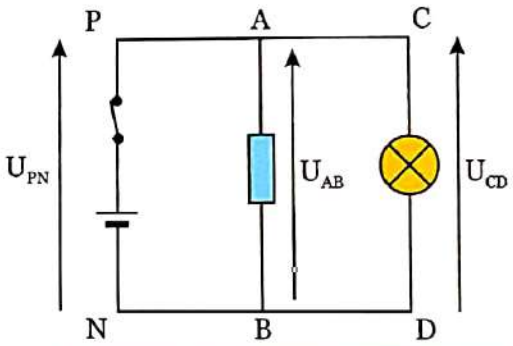
- Les appareils sont un générateur de tension continue, un interrupteur, une lampe à incandescence, un conducteur ohmique, des conducteurs de connexion.
- On réalise ici un « circuit-série ». L'intensité du courant est constante au long du circuit.
- On constate que $U_{AE} = U_{BD}$. La tension aux bornes du générateur est égale à la tension aux bornes de l'association des récepteurs.

$$U_{BD} = U_{BC} + U_{CD}$$

- Dans une association de dipôles en série, la tension aux bornes de l'association est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle.

Activité 5 Étudie les propriétés des tensions dans un circuit en dérivation

Réalise le montage représenté sur le schéma du circuit électrique.
Nomme le type de ce circuit.
Indique la propriété de l'intensité du courant dans ce cas.
Tu disposes d'un voltmètre.
Tu mesures successivement les valeurs des tensions :
U_{PN} = ... U_{AB} = ... U_{CD} = ...
Écris les relations entre ces différentes valeurs de tensions.
Rappelle la loi des tensions dans un circuit avec dérivations.



Doc. 6 *Égalité des tensions.*

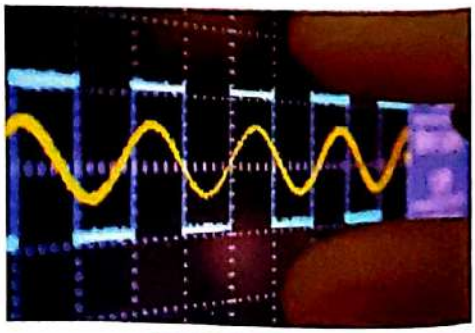
Bilan de l'activité

- Les récepteurs sont ici montés en dérivation (on dit aussi « en parallèle »).
- L'intensité du courant obéit à la loi des nœuds.
- On constate que :
  $U_{PN} = U_{AB} = U_{CD}$
  La tension aux bornes du générateur est égale à la tension aux bornes de chacun des récepteurs.
- Dans une association de dipôles en dérivation, la tension a même valeur aux bornes de chaque dipôle.
  Plus généralement :
  Quand un circuit présente des branches en dérivations, la tension est la même aux bornes communes des branches dérivées.

Activité 6 Étudie les propriétés de tensions variables

1. Cet écran d'oscilloscope affiche deux courbes.

- Indique ce qu'elles représentent.
- Nomme le type de tension correspondant à chacune d'elles.
- Rappelle les propriétés de ces types de tensions.
- Rappelle la définition de la période d'un phénomène. Donne son unité.
- Rappelle la définition de la fréquence d'un phénomène. Donne son unité.

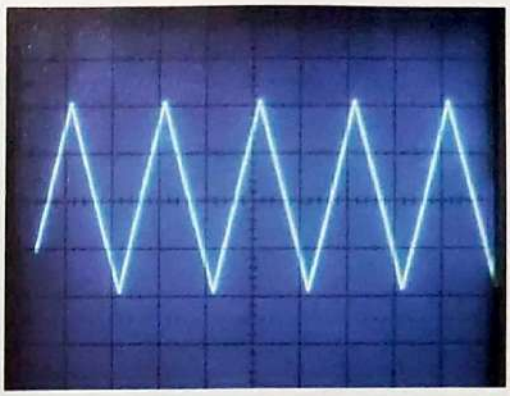


Doc. 7 *Deux tensions variables.*

Scanné avec CamScanner

2. Nomme ce type de tension.
Les calibres utilisés sont les suivants :
– axe des tensions 10 mV/Div
– axe des temps 5 ms/Div
L'axe horizontal de l'écran correspond à la valeur U = 0 V.

- Détermine la valeur de la période de cette tension.
- Détermine la valeur de la fréquence de cette tension.
- Détermine la valeur de la tension maximale.
- Détermine la valeur de la tension minimale.
- Détermine l'intervalle de temps qui sépare deux valeurs consécutives nulles de la tension.



Doc. 8 *Un oscillogramme particulier.*

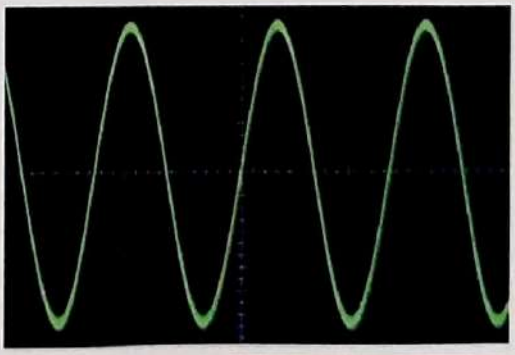
Bilan de l'activité

1. Ces courbes représentent des tensions périodiques, c'est-à-dire des tensions qui se reproduisent identiquement à elles-mêmes à des intervalles de temps réguliers.
   - La courbe jaune représente une tension sinusoïdale, la courbe bleue une tension « créneau ».
   - La période, notée T, d'un phénomène périodique est la durée minimale qui permet au phénomène de se reproduire identiquement à lui-même.
   - La période s'exprime en seconde, de symbole s.
   - La fréquence, notée N ou F, d'un phénomène périodique est le nombre de périodes par seconde.
     $F = \frac{1}{T}$.
   - La fréquence s'exprime en hertz, de symbole Hz.
2. Cette courbe représente une tension « triangle » ou triangulaire.
   - La période s'étale sur deux divisions, soit deux fois cinq millisecondes. T = 10 ms.
   - La fréquence vaut $F = \frac{1}{T}$; $F = \frac{1}{10.10^{-3}}$; F = 100 Hz.
   - La valeur maximale de la tension correspond à deux divisions, soit : $U_{Max} = 20$ mV.
   - La valeur minimale de la tension correspond à deux divisions, soit : $U_{min} = -20$ mV.
   - La tension s'annule toutes les 5 ms.

Activité 7 Étudie les propriétés d'une tension sinusoïdale

Étudie l'oscillogramme ci-contre.

1. Nomme ce type de tension.
Les calibres utilisés sont les suivants :
– axe des tensions 20 mV/Div
– axe des temps 2 ms/Div
L'axe horizontal de l'écran correspond à la valeur U = 0 V.
2. Détermine la valeur de la période de cette tension.
3. Détermine la valeur de la fréquence de cette tension.
4. Détermine la valeur de la tension maximale.
5. Détermine la valeur de la tension minimale.
6. Rappelle la relation entre valeur de la tension efficace et valeur de la tension maximale. Calcule-la.
7. Rappelle avec quel appareil tu mesures une tension efficace.



Doc. 9 *Tension sinusoïdale.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- La tension étudiée est une tension alternative sinusoïdale.
- La période de la tension correspond à 2,5 divisions, sa valeur est : $T = 2{,}5 \times 2.10^{-3}$; $T = 5$ ms.
- La fréquence vaut : $F = \frac{1}{T}$; $F = \frac{1}{5.10^{-3}}$; $F = 200$ Hz.
- La valeur de la tension maximale correspond à 2,5 divisions, sa valeur est : $U_{Max} = 2{,}5 \times 20.10^{-3}$; $U_{Max} = 50$ mV.
- La valeur de la tension minimale correspond à 2,5 divisions, sa valeur est : $U_{min} = -2{,}5 \times 20.10^{-3}$; $U_{min} = -50$ mV.
- La valeur de la tension efficace est obtenue par la relation :

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

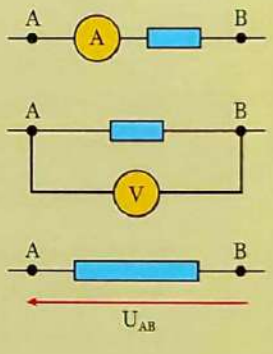
$$U_{eff} = \frac{50.10^{-3}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{eff} = 35{,}4 \text{ mV}$$

- Une valeur efficace de tension se mesure avec un voltmètre, réglé sur un calibre « courant alternatif ».

Attention ! Les voltmètres usuels ne mesurent que les valeurs efficaces des tensions alternatives de forme sinusoïdale.

Retiens l'essentiel



- ✔ La tension électrique U_{AB} entre deux points A et B d'un circuit électrique caractérise la différence d'état électrique entre ces deux points. On la mesure avec un voltmètre.
- ✔ **Attention :** un voltmètre se branche en dérivation, un ampèremètre se branche en série.
- ✔ L'unité de tension (ou de différence de potentiel) est le volt de symbole V. C'est une grandeur algébrique. On la représente par une flèche à côté de la portion de circuit étudiée.
- ✔ Lorsqu'une tension est variable au cours du temps, on étudie son évolution avec un oscilloscope.
- ✔ **Circuit série**
  Dans une association de dipôles en série, la tension aux bornes de l'association est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle.
- ✔ **Circuit avec dérivations**
  Quand un circuit présente des branches en dérivations, la tension est la même aux bornes communes des branches dérivées.

Tension continue : la tension garde un signe constant.

Tension constante : la tension est de signe constant et de valeur constante.

Tension alternative : la tension est tantôt positive, tantôt négative.

Tension périodique : la valeur de la tension évolue au cours du temps de façon périodique. Attention : une tension continue peut être périodique.

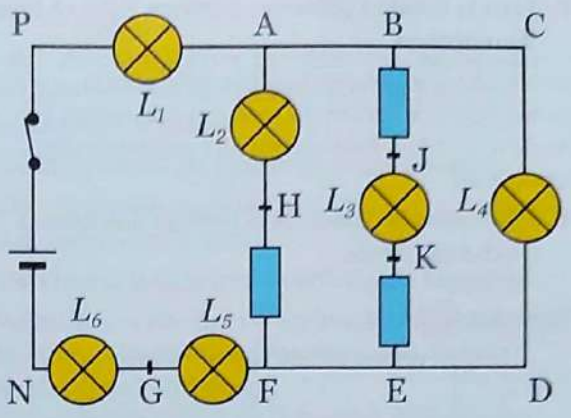
Tension alternative sinusoïdale : tension alternative, périodique, dont la forme est décrite par une fonction sinusoïdale. C'est la forme de la tension fournie par le secteur.
Dans ce cas particulier des tensions alternatives sinusoïdales, on mesure au voltmètre la valeur efficace de leur tension :

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

Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

- Considère le montage schématisé ci-contre.
- Les lampes sont identiques.
- Les conducteurs ohmiques sont identiques.
- Note U_{XY} les tensions aux bornes des dipôles.



1. a. Utilise les lois des tensions pour écrire les relations que tu prévois entre ces différentes tensions.

b. Des lampes 1, 2, 3, 4 :
- indique celle qui brillera le plus ;
- indique celle qui brillera le moins ;
- classe-les dans l'ordre décroissant de leur éclat.

Justifie tes choix.

c. Classe les lampes 1, 5, 6 en fonction de leur éclat. Justifie tes choix.

2. Réalise le montage.

a. Mesure au voltmètre les valeurs des tensions U_{XY} et note leurs valeurs.

b. Vérifie si elles satisfont les relations prévues en **1. a.**

c. Vérifie si tes prévisions pour l'éclat des lampes sont satisfaites.

3. Tu appelles I_1 l'intensité du courant qui traverse la lampe L_1, I_2 l'intensité du courant qui traverse la lampe L_2, etc.
En utilisant les lois sur les intensités du courant, classe ces intensités dans l'ordre décroissant de leur valeur. Utilise un ampèremètre et vérifie tes prévisions.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. Une tension peut être positive ou négative, c'est une grandeur _____.

2. L'unité de tension est _____, de symbole _____.

3. Une tension se mesure avec un _____, son évolution temporelle s'étudie avec un _____.

4. La tension aux bornes de deux récepteurs montés en série est égale à _____ des tensions _____ de chacun des _____.

5. Les tensions aux bornes de deux récepteurs montés en dérivation sont _____.

Exercice 2

Indique ce qui se passe si l'on soumet une lampe marquée 6 V à une tension de 220 V. Indique comment on nomme cette valeur de la tension marquée sur la lampe.

Exercice 3

Trois dipôles récepteurs sont montés en série.



1. Reproduis le schéma. Choisis un sens de circulation du courant et indique-le sur le schéma.

2. Repère les bornes des dipôles par les lettres A,B,C,D.

3. Trace les flèches représentant les tensions entre leurs bornes.

4. Nomme ces tensions en utilisant le symbolisme U_{xy}.

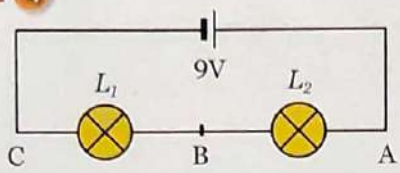
Scanné avec CamScanner

5. Écris la relation entre ces tensions dans ce type de montage.

La tension aux bornes de l'ensemble vaut $U_{AD} = 12$ V. La tension aux bornes du récepteur du milieu est égale à 10 V. Les deux récepteurs extrêmes sont identiques.

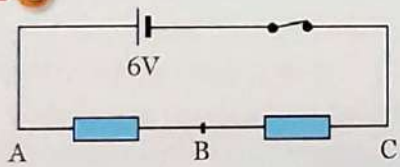
6. Détermine la valeur de la tension aux bornes de chacun d'eux.

Exercice 4



1. Reproduis le schéma ci-dessus et représente symboliquement les tensions U_{AB}, U_{BC}, U_{AC}.
2. Détermine la valeur de la tension aux bornes de L_2 quand celle aux bornes de L_1 vaut 3V.
3. On mesure $U_{BA} = -6$ V. Détermine la valeur de U_{BC}.

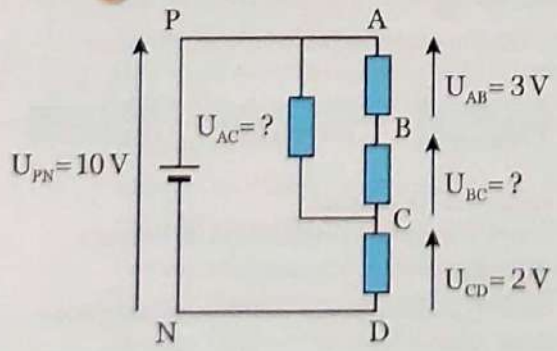
Exercice 5



Reproduis le schéma ci-dessus et représente des voltmètres permettant de mesurer U_{AB} et U_{BC}. Précise à quels points sont reliées leurs bornes « COM ». Si l'un d'eux indique U = 2,5 V, détermine ce que l'autre devrait afficher.

Réinvestis tes acquis

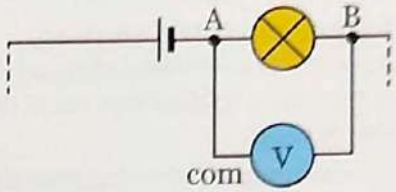
Exercice 6

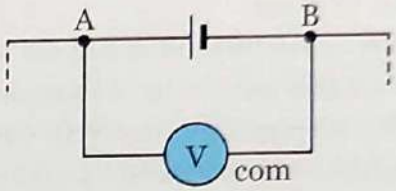


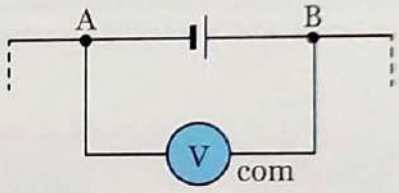
Considère le montage schématisé ci-dessus. Détermine les valeurs des tensions inconnues. Complète le schéma en précisant le sens de circulation du courant dans les différents conducteurs.

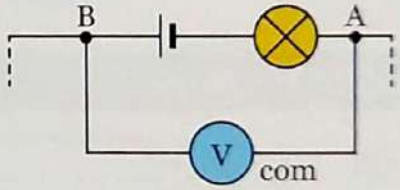
Exercice 7

1. Sur chacun des schémas suivants, représente par une flèche la tension mesurée et nomme-la soit U_{AB} soit U_{BA}.
2. Précise dans chaque cas si le résultat de la mesure est positif ou négatif.





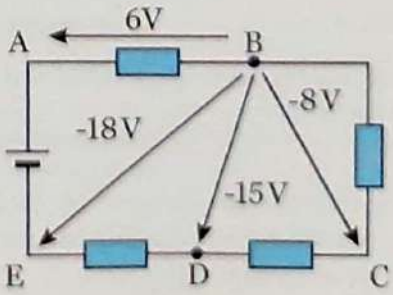




Exercice 8

Un voltmètre numérique, dont la borne « COM » est placée en B, indique successivement : 6 V, – 8 V, – 15 V, – 18 V lorsque l'autre borne est branchée en A, C, D, E.

Détermine les tensions U_{CD}, U_{DE} et U_{AE}.



Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 9

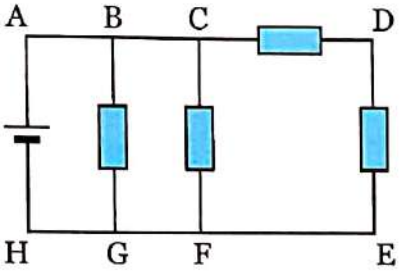
Considère le montage schématisé ci-dessous.

Tous les dipôles récepteurs sont identiques.

1. **Représente par des flèches les tensions entre leurs bornes et nomme-les.**
2. **Écris les relations entre ces tensions.**

La tension aux bornes du générateur est $U_G = 10\,V$.

3. **Détermine les valeurs des tensions aux bornes de chaque dipôle.**



Exercice 10

Tu relies les bornes d'une pile délivrant une tension continue constante aux bornes d'un oscilloscope préalablement étalonné.

1. **Décris la forme de l'oscillogramme observé.**

La pile délivre une tension $U = 6\,V$, le spot se déplace de 3 divisions vers le haut.

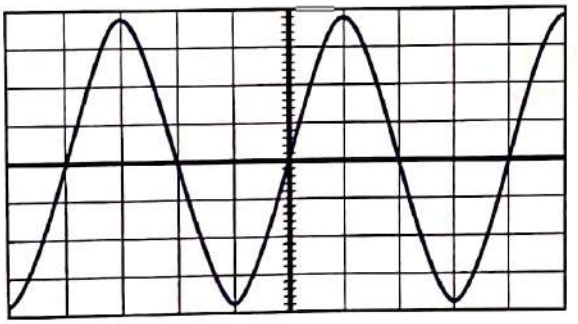
2. **Détermine la sensibilité verticale de l'appareil.**
3. **Remplace la pile par un accumulateur. Avec la même sensibilité de l'oscilloscope, le spot descend de 2 divisions.**
   Détermine la valeur de la tension délivrée par cet accumulateur.

Exercice 11

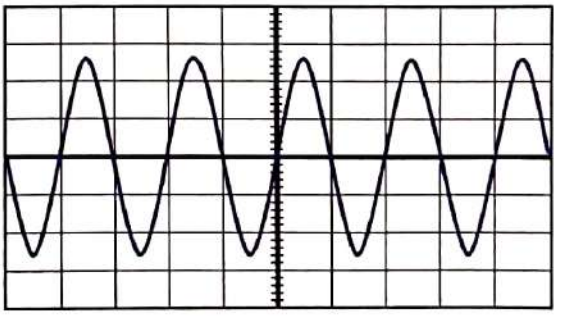
En travaux pratiques, tu as prélevé la tension aux bornes d'un générateur basse fréquence (GBF) à l'aide d'un oscilloscope. Tu as obtenu les oscillogrammes suivants.

Détermine dans chaque cas la valeur de la période, de la fréquence et de la valeur maximale de la tension.

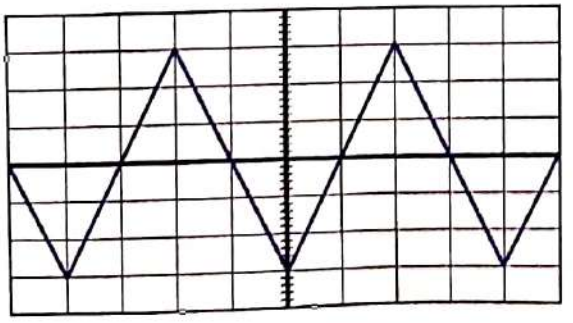
Sensibilité verticale : 2V/div
Sensibilité horizontale : 20 ms/div



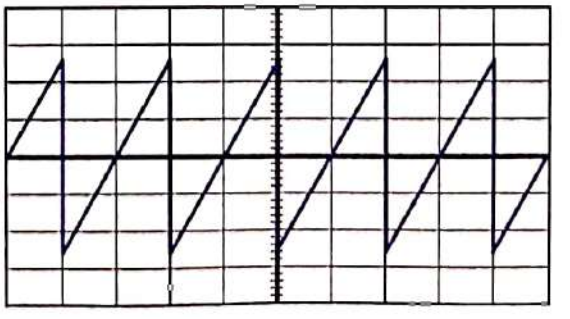
Sensibilité verticale : 1V/div
Sensibilité horizontale : 2 ms/div



Sensibilité verticale : 5V/div
Sensibilité horizontale : 10 ms/div



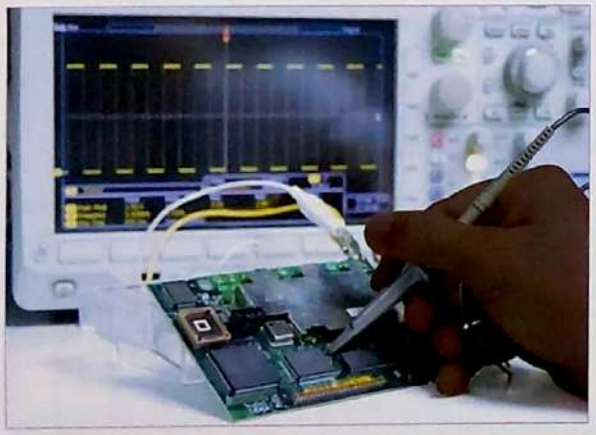
Sensibilité verticale : 0,1V/div
Sensibilité horizontale : 1µs/div



Scanné avec CamScanner

La valeur efficace d'une tension

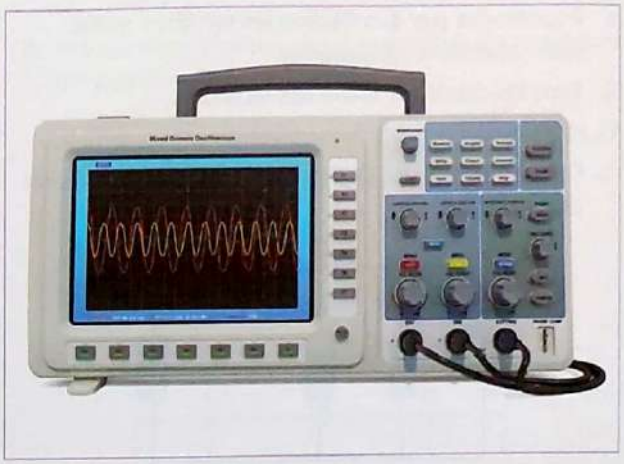
Que représente la « valeur efficace » d'une tension ? Considérons la tension du secteur.
Elle est alternative sinusoïdale : tantôt positive, tantôt négative, elle fait circuler dans un conducteur ohmique un courant électrique tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Elle a périodiquement une valeur nulle. Elle est traduite à l'oscilloscope, en une courbe bien connue.
Sa valeur efficace est $U_{eff} = 220$ V, sa tension maximale, appelée également tension de crête, vaut $U_{Max} = U_C = 310$ V (et sa valeur moyenne est nulle !).
On appelle valeur efficace d'une tension variable la valeur d'une tension continue qui produirait le même effet thermique dans le même conducteur ohmique.
On utilise un conducteur ohmique dans cette définition car on sait que l'effet thermique y est insensible au sens de circulation du courant.



Doc. 11 *Tension créneau : $U_{eff} = U_C$.*

- **Conclusion : la tension du secteur produit en moyenne dans une résistance (fer à repasser, radiateur de chauffage électrique) la même puissance thermique qu'une tension de 220 V continue.**

Quelle est la valeur efficace d'une tension « créneau » de valeur alternativement $+ U_C$ et $- U_C$?
Un conducteur ohmique dissipe la même puissance quel que soit le sens de circulation du courant. Donc tout se passe comme s'il était parcouru par un courant constant, soumis à une tension constante de valeur U_C. Dans ce cas, la tension efficace est égale à la tension de crête : $U_{eff} = U_C$.



Doc. 10 *Tension sinusoïdale : $U_{eff} = U_C/\sqrt{2}$.*

Il est évident qu'une tension qui varie continuellement en valeur de 0 à 310 V est moins efficace pour l'effet thermique qu'une tension constante de valeur 310 V.
Comment la calculer ? La définition mathématique est un peu complexe mais son approche est simple.
La puissance dissipée dans un conducteur ohmique est $P = UI$ avec $I = U/R$. Ainsi $P = U^2/R$.
La puissance dissipée est proportionnelle au carré de la tension. Cette puissance est nulle quand $U = 0$, maximale quand $U = U_{Max}$. Il faut donc calculer à chaque instant le carré de U, en faire la moyenne et extraire la racine carrée.
Certains multimètres le font, ils sont alors repérés par le sigle TRMS, *True Root Mean Square* (véritable racine carrée de la moyenne du carré). Les autres ne fournissent que la valeur efficace des tensions sinusoïdales en prélevant la tension de crête et en divisant par $\sqrt{2}$.



Doc. 12 *Tension triangulaire : $U_{eff} = U_C/\sqrt{3}$.*

Scanné avec CamScanner

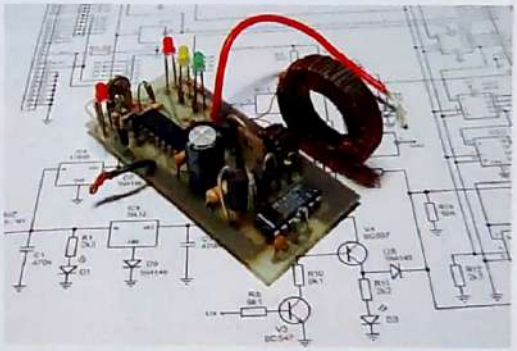
Étude expérimentale de quelques dipôles passifs

Habiletés et contenus

- ✔ Connaître le schéma du montage potentiométrique.
- ✔ Tracer les caractéristiques de quelques dipôles passifs :
  - conducteur ohmique ;
  - lampe à incandescence ;
  - diode au silicium ;
  - diode Zener.
- ✔ Reconnaître un dipôle passif.
- ✔ Déterminer :
  - la résistance d'un conducteur ohmique ;
  - les tensions seuil de la diode au silicium et de la diode Zener ;
  - la tension Zener de la diode Zener.
- ✔ Connaître :
  - la loi d'Ohm ;
  - les tensions seuil des diodes ;
  - la tension Zener de la diode Zener.
- ✔ Appliquer la loi d'Ohm.
- ✔ Déterminer la résistance équivalente de l'association de deux conducteurs ohmiques :
  - en série ;
  - en dérivation.
- ✔ Tracer la caractéristique de l'association de deux conducteurs ohmiques :
  - en série ;
  - en dérivation.

Découvre le sujet

Des « cartes » comme celle du ***document 1*** sont présentes dans tous les appareils électriques et électroniques de notre environnement.
Les documents associés aux appareils présentent fréquemment des plans de câblage.
Tes connaissances te permettent d'identifier certains composants présents, aussi bien sur la carte que sur le plan.
Dresse la liste de ceux que tu identifies.
Rappelle les propriétés que tu leur connais.
Propose une définition de « dipôle passif ».

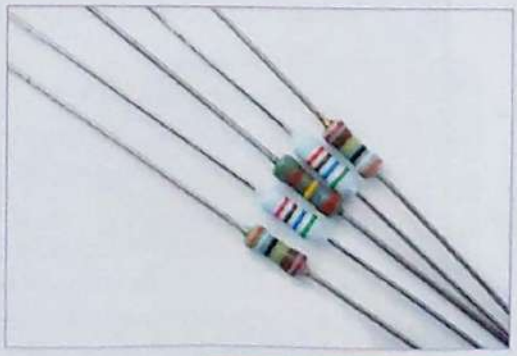


Doc. 1 *Circuit électronique.*

Développe le sujet

Activité 1 Rappelle les propriétés des conducteurs ohmiques

1. Rappelle comment on identifie un conducteur ohmique :
   - comme composant électronique ;
   - sur un schéma.
2. Rappelle la valeur de la tension aux bornes d'un conducteur ohmique isolé.
3. Schématise un conducteur ohmique AB, soumis à une tension U_{AB} et parcouru par un courant I_{AB}.



Doc. 2 *Conducteurs ohmiques.*

Scanné avec CamScanner

4. Rappelle ce qu'on appelle « caractéristique » d'un conducteur ohmique.

5. Représente le schéma du montage qui permet de tracer cette caractéristique.

6. Réalise le circuit correspondant.

7. Relève dans un tableau les mesures correspondantes de U_{AB} et I_{AB}.

U_{AB} (V)							
I_{AB} (mA)							

8. Trace cette caractéristique.

9. Rappelle la loi d'Ohm.

10. Rappelle la grandeur qui caractérise un conducteur ohmique et son unité.

Bilan de l'activité

- Les conducteurs ohmiques sont des composants électroniques généralement cylindriques portant des anneaux de couleur qui indiquent la valeur de leur résistance.
  Ils possèdent deux bornes, ce sont des dipôles.
- Sur les schémas, les conducteurs ohmiques sont représentés par des rectangles.
- La tension aux bornes d'un conducteur ohmique isolé est nulle. C'est un dipôle passif.
- Soumis à une tension positive U_{AB}, le courant circule de A vers B : I_{AB} est positif.
- La caractéristique d'un conducteur ohmique est la courbe qui traduit la relation entre la valeur de la tension qu'on lui applique et l'intensité du courant qui le parcourt alors.
  La caractéristique obtenue est une droite.
  Son équation est de la forme :

  $U_{AB} = RI_{AB}$

  dans laquelle R est la résistance du conducteur ohmique.
  Elle s'exprime en ohm de symbole Ω.

U_{AB} (V)	0	2	4	6	8	10	12
I_{AB} (mA)	0	7	15	22	30	37	44

- Loi d'Ohm : l'intensité qui circule dans un conducteur ohmique est proportionnelle à la tension appliquée à ses bornes.

  Remarques :

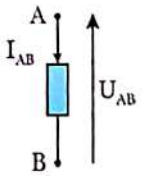
  – On peut tracer également la caractéristique tension-intensité du conducteur ohmique. La droite a pour équation :

  $I_{AB} = (1/R)U_{AB}$

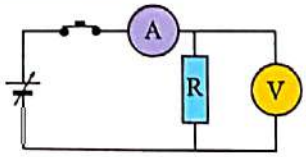
  $I_{AB} = GU_{AB}$ avec $G = 1/R$

  G est la valeur de la conductance du conducteur ohmique. Elle s'exprime en siemens, de symbole S.

  – Les conducteurs ohmiques, comme tous les composants, possèdent des limites d'utilisation. On ne peut leur appliquer des tensions positives ou négatives de valeurs absolues supérieures à des valeurs limites précisées par le fabricant.

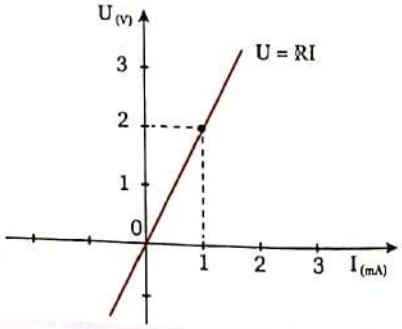


Orientation des grandeurs intensité et tension. Le courant circule des potentiels élevés vers les potentiels bas.

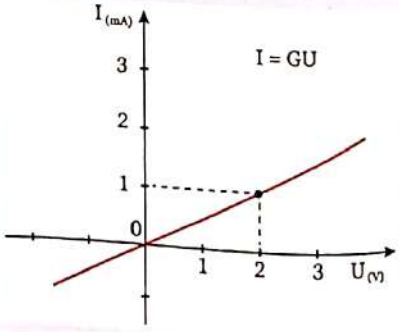


Montage pour l'étude de la caractéristique.

Résultats des mesures.



Caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique.

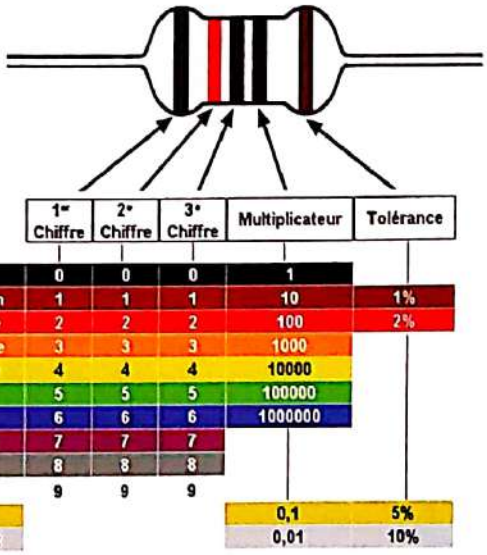


Caractéristique tension-intensité d'un conducteur ohmique.

Scanné avec CamScanner

Activité 2 Utilise le code des couleurs et l'ohmmètre

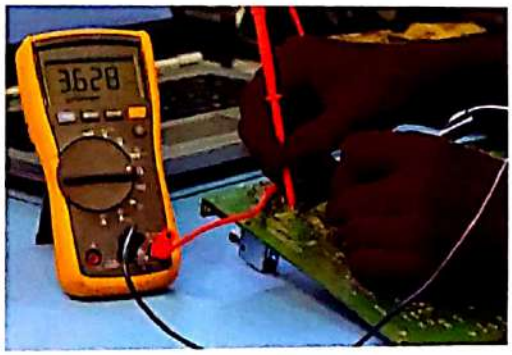
Procure-toi des conducteurs ohmiques et détermine la valeur de leur résistance :
– en utilisant le code des couleurs ;
– en utilisant un ohmmètre.
Indique si les valeurs concordent en tenant compte de la tolérance affichée.



Doc. 3 *Code des couleurs.*

Remarques :

a. Les conducteurs ohmiques sont à 4, 5 ou 6 anneaux de couleur. Le sixième anneau (coefficient de température) est souvent absent, et pour les conducteurs usuels, ils ne présentent que deux chiffres significatifs avant le multiplicateur.



Doc. 4 *Mesure à l'ohmmètre.*

b. Pour déterminer la valeur d'une résistance à l'ohmmètre, il faut que le composant soit isolé. La mesure, alors que le composant est intégré à un circuit, peut fournir une valeur très éloignée de la valeur réelle.

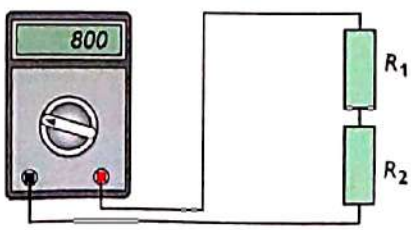
Bilan de l'activité

- On constate que les valeurs obtenues à l'ohmmètre diffèrent sensiblement de celles obtenues en utilisant le code des couleurs.
  Elles concordent cependant quand on tient compte de la tolérance affichée.
- Les composants usuels ont le plus souvent une tolérance de 10 % voire 20 %.
  Ainsi pour un code couleur « jaune-violet-rouge-argent » signifiant : « $4/7/10^2/10$ % », la valeur de la résistance est R = 4 700 Ω + ou – 470 Ω. Soit : 4 200 Ω < R < 5 200 Ω. Ce que confirme l'ohmmètre.

Activité 3 Associe des conducteurs ohmiques

1. En série.
Tu disposes de deux conducteurs ohmiques de résistances différentes.

- Mesure la valeur de leur résistance à l'ohmmètre :
  R_1 = ... R_2 = ...
- Associe-les en série et mesure à l'ohmmètre la résistance de l'association. R = ...
- Conclus.
- Établis ce résultat en appliquant la loi d'Ohm.
- Énonce la règle donnant la résistance équivalente à une association de conducteurs ohmiques en série.

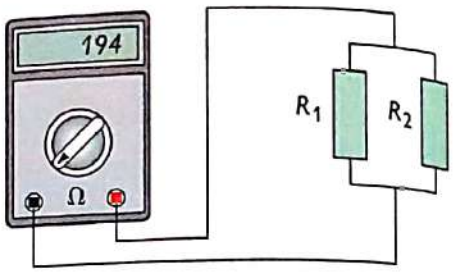


Doc. 5 *Association en série.*

Scanné avec CamScanner

2. En dérivation.

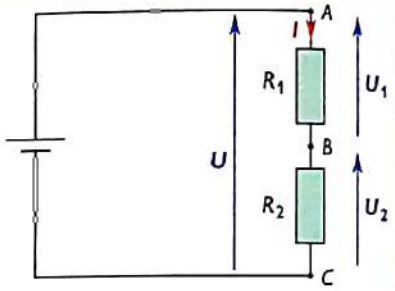
- Tu utilises les deux conducteurs ohmiques précédents, tu les associes en dérivation et tu mesures à l'ohmmètre la résistance de l'association. R = ...
- Conclus.
- Établis ce résultat en appliquant la loi d'Ohm.
- Énonce la règle donnant la résistance équivalente à une association de conducteurs ohmiques en dérivation.



Doc. 6 Association en dérivation.

Bilan de l'activité

1. On constate que la résistance de l'association est égale à la somme des résistances des conducteurs ohmiques montés en série.
Démontrons ce résultat.
Les deux conducteurs ohmiques en série sont parcourus par le même courant électrique d'intensité I.
Aux bornes de R_1, $U_1 = R_1 I$
Aux bornes de R_2, $U_2 = R_2 I$
Aux bornes de l'ensemble de résistance équivalente $R_{éq}$:
$U = U_1 + U_2$
$U = R_1 I + R_2 I$
$U = (R_1 + R_2) I$
$U = R_{éq} I$ avec $R_{éq} = R_1 + R_2$

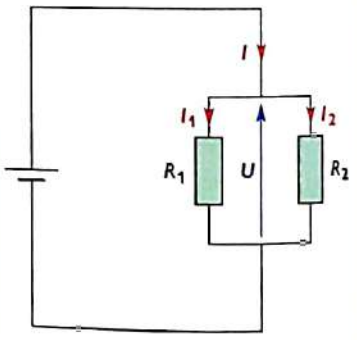


Appliquons la loi d'Ohm.

- La résistance équivalente à une association série de conducteurs ohmiques est égale à la somme des résistances des conducteurs ohmiques.

$R_{éq} = \Sigma R_i$

2. On constate que la valeur de la résistance de l'association est inférieure à la valeur de chacune des résistances des conducteurs ohmiques montés en dérivation.
On constate que ces résistances satisfont la relation :
$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
Démontrons ce résultat.
Les deux conducteurs ohmiques sont soumis à la même tension U :
$U = R_1 I_1$
$U = R_2 I_2$
Le conducteur équivalent serait soumis à la même tension U :
$U = R_{éq} I$
Avec $I = I_1 + I_2$
$I = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$
$I = U (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$
$\frac{U}{R_{éq}} = U (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$
$\frac{1}{R_{éq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$



Appliquons la loi d'Ohm.

- Dans une association de conducteurs ohmiques en dérivation, l'inverse de la résistance équivalente est égale à la somme des inverses des résistances des conducteurs ohmiques composant l'association.

$\frac{1}{R_{éq}} = \Sigma \frac{1}{R_i}$

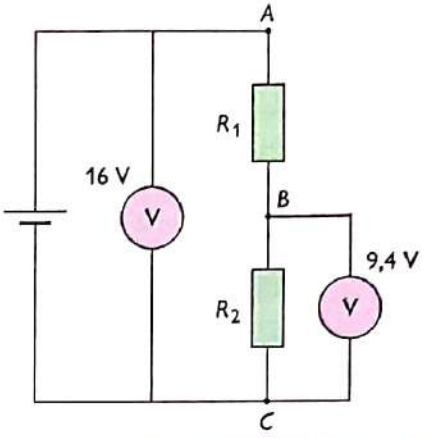
Remarque : la résistance équivalente est inférieure à la plus faible des résistances composantes.

Scanné avec CamScanner

Activité 4 Complète tes connaissances sur les conducteurs ohmiques

1. Montage diviseur de tension.

- Réalise le montage schématisé ci-contre.
- Mesure la tension aux bornes de l'association, appelée « tension d'entrée », U_e, et la tension aux bornes de la résistance R_2.
- Déduis-en la tension aux bornes de R_1.
- Vérifie que ces mesures sont en accord avec le calcul de ces tensions en appliquant la loi d'Ohm.
- Indique l'intérêt que peut avoir un tel montage.



Doc. 7 Diviseur de tension.

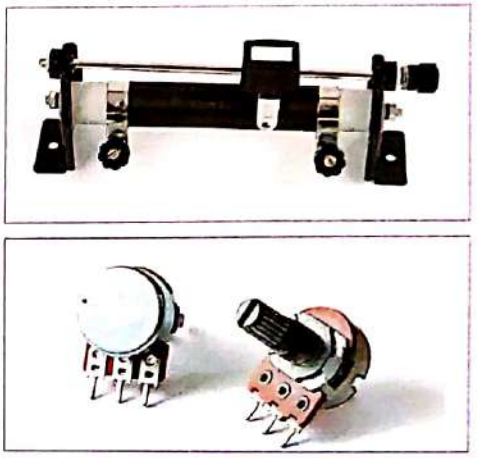
2. Montage potentiométrique.

Tu souhaites obtenir une tension de valeur variable à partir d'un générateur de tension constante.
Pour cela, tu utilises un potentiomètre.
Un potentiomètre est constitué par l'enroulement d'un fil conducteur de résistance donnée sur lequel on adapte un contact glissant.
Le fil comprend alors deux parties séparées par le point de contact C, dont on peut adapter les valeurs des résistances R_1 et R_2.

- Recherche le symbole normalisé d'un potentiomètre.

La tension d'entrée U_e est appliquée aux bornes de la totalité de l'enroulement.
La tension de sortie U_S est prise entre le point C et la borne de bas potentiel (relié à la borne négative du générateur).

- Indique :
  - la plus faible valeur possible pour U_S ;
  - la plus forte valeur possible pour U_S ;
  - la position du curseur dans chaque cas.



Doc. 8 Des potentiomètres.

3. Affichage d'une intensité à l'oscilloscope.

L'oscilloscope est un voltmètre, il permet de suivre l'évolution d'une tension en fonction du temps.
On souhaite suivre l'évolution dans le temps d'une intensité variable dans un circuit.
Détermine comment un conducteur ohmique le permet.

Bilan de l'activité

1. La tension fournie par le générateur est constante.

- L'application de la loi d'Ohm et de la loi de conservation du courant permet d'écrire :

$$I = \frac{U_e}{(R_1+R_2)} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2}$$

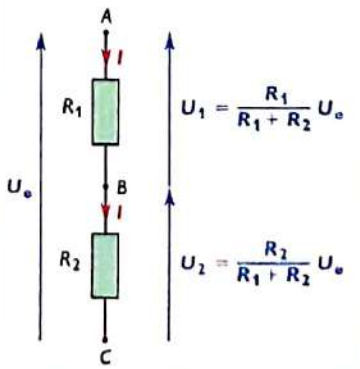
D'où :

$$U_1 = \frac{R_1}{(R_1+R_2)} U_e$$

$$U_2 = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} U_e$$

Ce que confirment les mesures.

- En choisissant correctement les valeurs des résistances, on peut obtenir une valeur adaptée de tension à partir d'une tension constante.



Appliquons la loi d'Ohm.

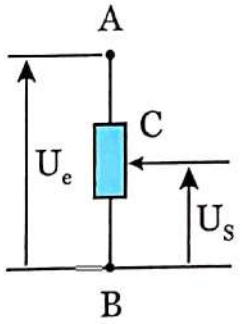
- En utilisant des conducteurs ohmiques de résistances variables, on peut obtenir des tensions de valeurs ajustables.

Scanné avec CamScanner

2. On réalise alors un montage potentiométrique.

- Le schéma du potentiomètre rappelle son principe. La tension d'entrée U_e est appliquée à la totalité de l'enroulement, la tension de sortie U_s est prélevée aux bornes d'une partie de l'enroulement.
- Lorsque le contact glissant C est à l'extrémité A, $U_s = U_e$, la tension de sortie est maximale.
  Lorsque le contact glissant C est à l'extrémité B, $U_s = 0$, la tension de sortie est minimale.
- Le potentiomètre permet d'obtenir une tension variable entre la valeur nulle et la valeur de tension d'entrée.
- Si R_1 est la valeur de la résistance de l'enroulement entre A et C, et R_2 est la valeur de la résistance de l'enroulement entre C et B, on retrouve la relation du montage diviseur de tension :

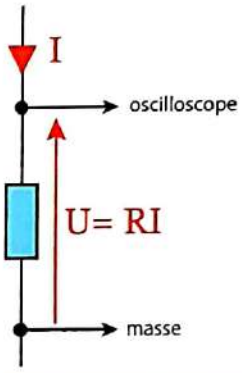
$$U_S = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} U_e$$



Schématisation d'un potentiomètre.

3. Intensité et tension sont proportionnelles pour un conducteur ohmique, ainsi, si on prélève la tension à ses bornes, la courbe affichée est semblable à celle que donnerait l'intensité à un facteur R près.

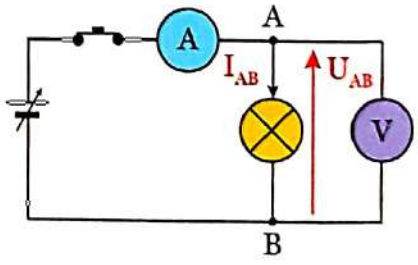
- Dans le cas particulier où R serait de valeur 1 Ω, U(t) et I(t) seraient identiques.
- L'oscillogramme d'une tension prélevée aux bornes d'un conducteur ohmique traduit aussi bien l'évolution de la tension à ses bornes que l'évolution de l'intensité du courant qui le traverse.



Prélèvement d'une tension proportionnelle à l'intensité.

Activité 5 Trace la caractéristique tension-intensité d'une lampe à incandescence

Réalise le montage schématisé ci-contre.
Tu utilises soit un générateur de tension continue variable soit un montage potentiométrique.
Utilise une lampe compatible avec le générateur de façon à ne pas dépasser la tension d'usage.
Relève pour des valeurs de tension U_{AB} comprises entre 0 et la valeur de tension d'usage, les valeurs correspondantes de I_{AB}.
Inverse les bornes de branchement du générateur au circuit et relève de nouveau U_{AB} et I_{AB} entre 0 et l'opposé de la tension d'usage.
Respecte alors les signes de U_{AB} et I_{AB} indiqués par les appareils.



Doc. 9 *Étude d'une lampe à incandescence.*

1. Remplis un tableau de mesures :

U_{AB} (V)				0			
I_{AB} (mA)				0			

2. Trace la caractéristique tension-intensité de la lampe.
Indique si cette caractéristique est identique à celle d'un conducteur ohmique.

3. Observe comment augmente l'intensité quand la tension augmente.

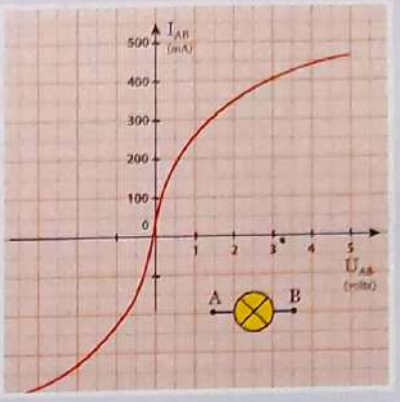
4. Déduis de tes observations l'évolution de la résistance du filament de la lampe quand la luminosité augmente.

5. Précise quel peut être le paramètre responsable de cette évolution.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- La caractéristique de la lampe est symétrique par rapport à l'origine, mais elle n'est pas rectiligne comme celle d'un conducteur ohmique.
- On observe que l'intensité augmente proportionnellement moins vite que la tension.
- Le filament de la lampe est en tungstène. C'est un métal et il se comporte comme un conducteur ohmique à une température donnée. Mais plus la tension augmente, plus la température du filament augmente. Le ralentissement de l'augmentation de l'intensité montre que la résistance du filament augmente avec la température.



Caractéristique tension-intensité d'une lampe à incandescence.

Activité 6 Trace la caractéristique tension-intensité d'une diode au silicium

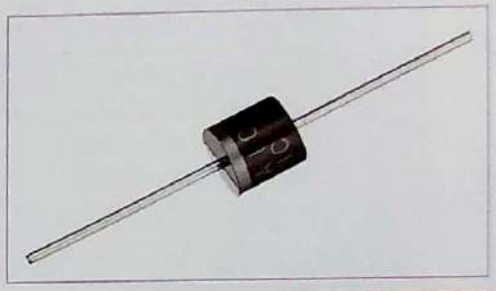
Tu as déjà utilisé des diodes au collège.

1. Rappelle leur symbole.

2. Rappelle leur propriété fondamentale.

Réalise le montage du ***document 11***.

3. Indique le rôle de la résistance notée R_P.
Fais varier la valeur de la tension et observe le comportement de l'intensité.
Respecte la valeur maximale de l'intensité indiquée par le professeur.
Relève les valeurs de tension U_{AB} et les valeurs correspondantes de I_{AB}.
Inverse les bornes de branchement du générateur au circuit et relève de nouveau U_{AB} et I_{AB}. Respecte alors les signes de U_{AB} et I_{AB} indiqués par les appareils.



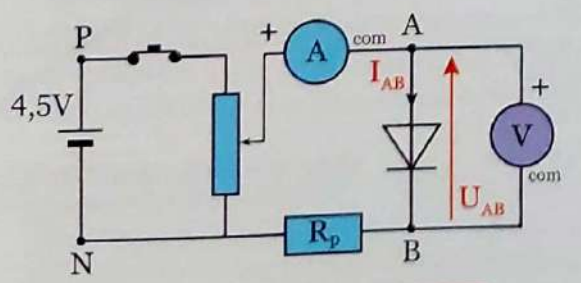
Doc. 10 *Une diode.*

4. Remplis un tableau de mesures :

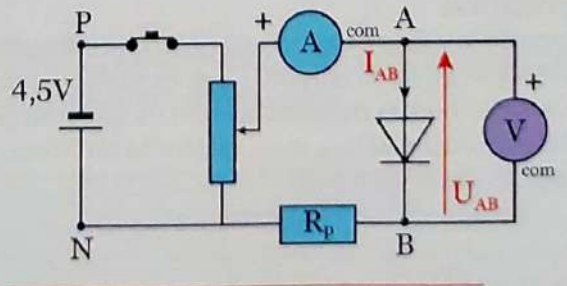
U_{AB} (V)				0			
I_{AB} (mA)				0			

5. Trace la caractéristique tension-intensité de la diode.

6. Indique si cette caractéristique permet de retrouver la propriété fondamentale déjà rencontrée.



Doc. 11 *Étude d'une diode dans le sens passant.*

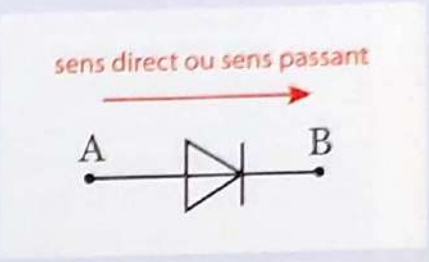


Doc. 12 *Étude d'une diode dans le sens inverse.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Une diode est symbolisée par un triangle butant sur un trait. Ce symbole rappelle la propriété fondamentale de ce dipôle : une diode ne laisse circuler le courant électrique que dans un sens. On l'appelle « sens passant ». Branchée dans l'autre sens (en inverse), on dit que la diode est bloquée.



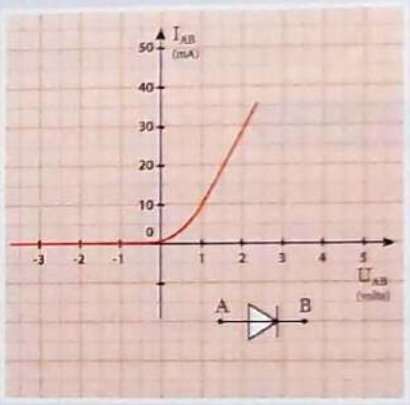
Symbole d'une diode.

- La résistance R_P est une résistance de protection de la diode et du circuit. En effet, quand la diode est montée dans le sens passant, sa résistance à la circulation du courant est très faible et l'intensité du courant pourrait être telle que la diode serait détruite. La résistance de protection limite cette intensité, elle doit être choisie en fonction de l'intensité maximale admissible par la diode.

  Exemple : la diode étudiée n'admet qu'une intensité maximale $I_{Max} = 100$ mA, la tension du générateur peut atteindre $U = 6$ V. La résistance de protection doit valoir au moins :

  $$R_P = \frac{6}{0{,}100} = 60\ \Omega$$

  On obtient la caractéristique du document ci-contre.



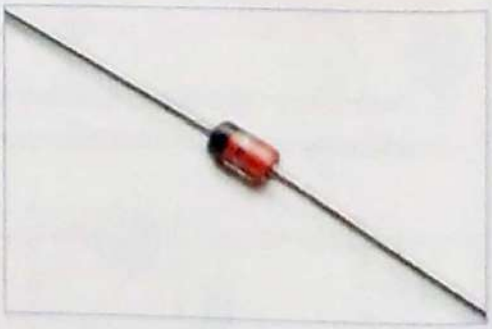
Caractéristique tension-intensité d'une diode.

- On retrouve la propriété fondamentale déjà connue :
  - Branchée (on dit aussi polarisée) en sens direct (ou passant), la diode est conductrice.
  - Branchée (ou polarisée) en sens inverse, la diode est non passante (ou bloquée), elle n'est pas conductrice.
- On constate que le déblocage de la diode ne s'effectue pas brusquement mais progressivement et ne devient net qu'à partir d'une tension minimale appelée « tension de seuil ». Pour une diode au silicium, cette tension de seuil a une valeur d'environ $U_S = 0{,}6$ V.

Activité 7 Trace la caractéristique tension-intensité d'une diode Zener

La diode Zener est une diode particulière dont le symbole est représenté sur le ***document 14***.
Réalise le montage du ***document 15***.

1. Indique le rôle de la résistance notée R_P.
Fais varier la valeur de la tension et observe le comportement de l'intensité.
Respecte la valeur maximale de l'intensité indiquée par le professeur.
Relève les valeurs de tension U_{AB} et les valeurs correspondantes de I_{AB}.
Inverse les bornes de branchement du générateur au circuit et relève de nouveau U_{AB} et I_{AB}. Respecte alors les signes de U_{AB} et I_{AB} indiqués par les appareils.



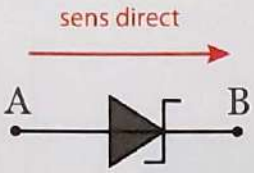
Doc. 13 *Une diode Zener.*

2. Remplis un tableau de mesures :

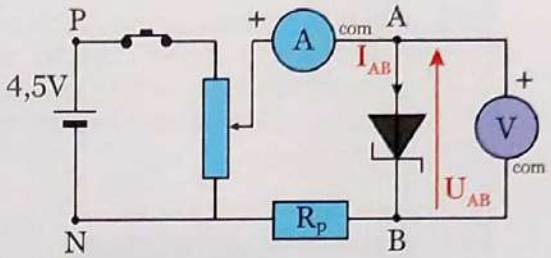
U_{AB} (V)				0			
I_{AB} (mA)				0			

Scanné avec CamScanner

Trace la caractéristique tension-intensité de la diode Zener.
Indique la propriété nouvelle qui distingue cette diode de la diode au silicium.
Deux valeurs de tensions particulières apparaissent sur la courbe. L'une est la tension de seuil U_S, l'autre la tension Zener U_Z.
Détermine ces deux valeurs sur la courbe obtenue.



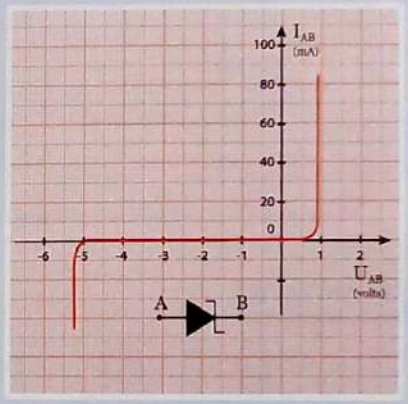
Doc. 14 Symbole d'une diode Zener.



Doc. 15 Étude d'une diode Zener.

Bilan de l'activité

- Comme pour la diode au silicium, R_p est un conducteur ohmique de protection de façon à limiter l'intensité du courant dans le circuit de la diode.
- Dans le sens passant, la diode Zener présente une grande analogie avec la diode au silicium. Elle devient conductrice à partir d'une tension de seuil U_S de l'ordre de 0,6 V.
- Contrairement à la diode au silicium, montée en inverse, la diode devient conductrice à partir d'une tension dite « de Zener », U_Z, de l'ordre de – 5,6 V pour les diodes Zener ordinaires. Cette tension de Zener atteinte, elle varie très peu sur une large plage d'intensité.



Caractéristique tension-intensité de la diode Zener.

Activité 8 Visualise les caractéristiques de dipôles passifs à l'oscilloscope

Pour pouvoir visualiser une caractéristique tension-intensité à l'oscilloscope, on doit réunir un certain nombre de conditions :
– Il faut disposer d'une tension variable, qui balaie un spectre de valeurs négatives comme positives.
– Il faut pouvoir afficher la tension suivant l'axe horizontal de l'écran de l'oscilloscope.
– Il faut pouvoir afficher l'intensité du courant qui traverse le dipôle suivant l'axe vertical.

1. Propose une solution à chacun de ces problèmes.

2. Schématise le montage que tu souhaites réaliser.

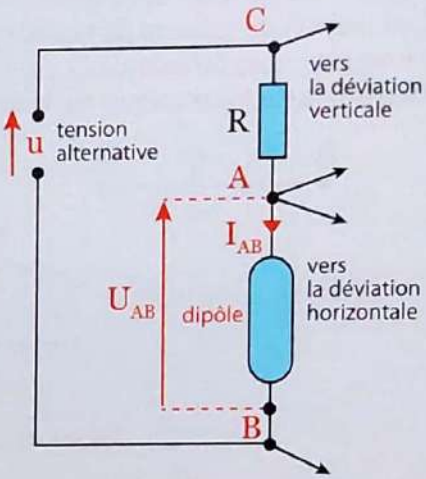
Après validation par le professeur, réalise ce montage et obtiens les caractéristiques des quatre dipôles passifs étudiés : conducteur ohmique, lampe à incandescence, diode au silicium, diode Zener.

Bilan de l'activité

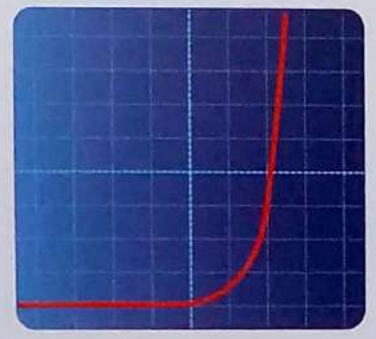
- Pour obtenir une tension périodiquement variable dans le temps, le plus simple est d'utiliser un générateur basse fréquence et d'alimenter le dipôle avec une tension de forme alternative sinusoïdale. Le dipôle à étudier est ainsi soumis à des valeurs de tension variant entre $-U_{Max}$ et $+U_{Max}$.
- L'oscilloscope étant un voltmètre, il est facile de prélever la tension aux bornes du dipôle et de l'appliquer à la déviation horizontale.

Scanné avec CamScanner

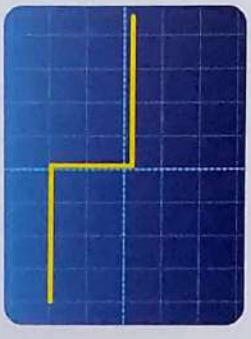
- L'oscilloscope n'est pas un ampèremètre mais, nous l'avons vu dans l'activité 4, la tension aux bornes d'un conducteur ohmique est analogue à l'intensité qui le parcourt. Il suffit donc de placer en série avec le dipôle un conducteur ohmique qui sera parcouru par le même courant et de prélever la tension à ses bornes. Cette tension est appliquée à la déviation verticale.
On obtient alors des courbes analogues à celles tracées point par point.



Principe du prélèvement des grandeurs intensité et tension.



Caractéristique d'une diode.



Caractéristique d'une diode Zener.

Activité 9 Modélise certaines caractéristiques

Modéliser consiste à simplifier sous forme de modèle une réalité complexe.

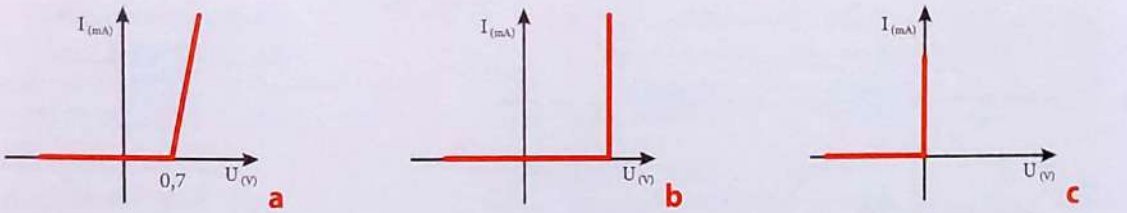
1. La diode possède une caractéristique présentant deux parties rectilignes reliées par une partie courbe. La modélisation consiste à remplacer la caractéristique réelle par une caractéristique plus simple ne comportant que deux portions rectilignes.
Utilise la caractéristique que tu as obtenue dans l'activité 6 et modélise-la par des segments de droite.
   - Indique la valeur de la tension de seuil obtenue.
   - Compare-la à celle de l'activité 6.
   - Écris les équations des segments de droite du modèle.
2. Réalise la même opération de modélisation en travaillant sur la caractéristique de la diode Zener obtenue à l'activité 7.

Bilan de l'activité

1. La modélisation conduit à la caractéristique représentée sur le graphique a. On linéarise la courbe de façon à simplifier les équations de la caractéristique :
$I = 0$ A pour $U < 0{,}7$ V
$I = aU + b$ pour $U > 0{,}7$ V
Avec :
– « a » pente de la droite ;
– « b » valeur théorique de I quand $U = 0$ (par prolongement de la droite).
- Une modélisation encore plus poussée conduirait à celle du graphique b. On considère ici que pour toute valeur de l'intensité, la tension est égale à la tension de seuil.
Pour la modélisation du graphique b, les équations sont :
$I = 0$ A pour $U < 0{,}7$ V
$U = 0{,}7$ V $\forall$ $I > 0$ A

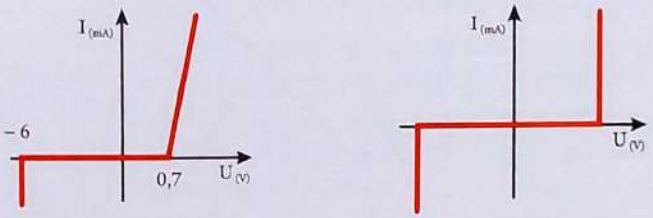
Scanné avec CamScanner

- On peut poursuivre la modélisation dans les cas où la tension de seuil est négligeable devant les autres tensions.
  La courbe devient alors celle du graphique c. Les équations deviennent :
  $I = 0$ A pour $U < 0$ V
  $U = 0$ V $\forall$ $I > 0$ A



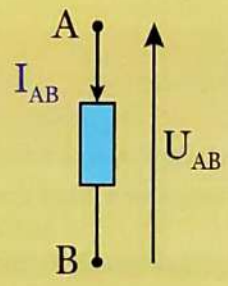
Modélisations d'une diode.

2. De même pour la diode Zener, on obtient les modèles des graphiques ci-contre.
$U = -6$ V $\forall$ $I < 0$ A
$U = 0{,}7$ V $\forall$ $I > 0$ A
$I = 0$ A pour -6 V $< U < 0{,}7$ V

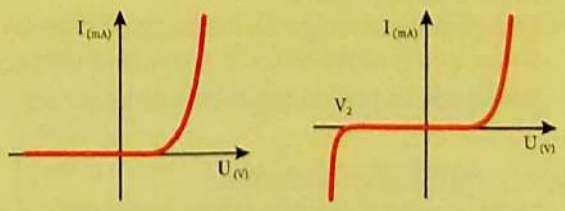


Modélisations d'une diode Zener.

Retiens l'essentiel



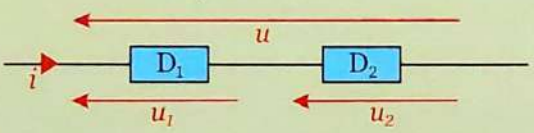
- Un dipôle passif est un dipôle qui présente une tension nulle entre ses bornes quand il est isolé.
  Soumis à une tension U_{AB} positive, il est éventuellement parcouru par un courant I_{AB} positif.
- Le conducteur ohmique est un dipôle passif non polarisé dont la caractéristique est linéaire.
- L'équation de la caractéristique traduit la loi d'Ohm : $U_{AB} = RI_{AB}$.
- Pour un conducteur ohmique, l'intensité qui traverse le conducteur est proportionnelle à la tension qui est appliquée à ses bornes.
- R, résistance du conducteur, s'exprime en ohm, de symbole Ω.
  U, tension aux bornes du conducteur, s'exprime en volt, de symbole V.
  I, intensité du courant parcourant le conducteur, s'exprime en ampère, de symbole A.
- Les conducteurs ohmiques peuvent être associés :
  – en série : $R = \Sigma R_i$
  – en dérivation : $\frac{1}{R} = \Sigma \frac{1}{R_i}$
- La courbe qui traduit la relation entre tension et intensité pour un dipôle passif est appelée caractéristique tension-intensité du dipôle.
  Cette courbe passe nécessairement par le point $U = 0$ V ; $I = 0$ A.
  Elle renseigne sur le comportement du dipôle face à une sollicitation en tension.
  Les caractéristiques des diodes ne sont ni linéaires ni symétriques.
  Lorsque cette courbe est complexe, on peut essayer de la modéliser en la linéarisant par parties.



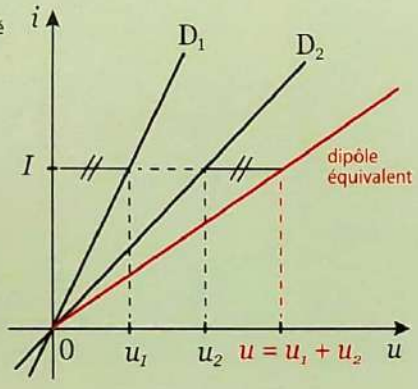
Scanné avec CamScanner

✔ À partir des caractéristiques de dipôles associés, on peut obtenir la caractéristique de l'association, soit en utilisant :
– la propriété d'additivité des tensions pour les associations en série ;
– la propriété d'additivité des intensités pour les associations en dérivation.

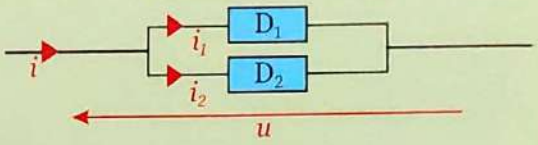
Dipôles en série



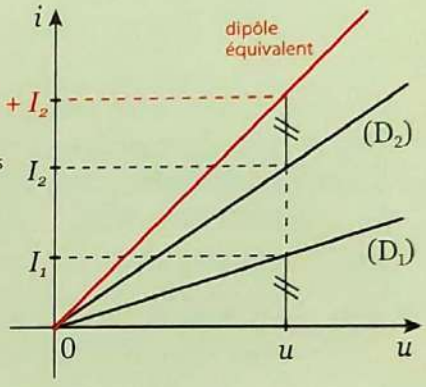
Même intensité dans les deux dipôles.
$u = u_1 + u_2$



Dipôles en dérivation



Même tension aux bornes des deux dipôles.
$I = I_1 + I_2$



Fiche expérimentale

◆ **Tu disposes du matériel nécessaire pour tracer graphiquement, point par point, la caractéristique des conducteurs ohmiques.**

Schématise le montage nécessaire.
Dresse la liste du matériel nécessaire à la réalisation du circuit.
Réalise le montage.

◆ **Tu disposes de deux conducteurs ohmiques de résistances de valeurs différentes R_1 et R_2, mais du même ordre de grandeur.**

Dans le même repère (I_{AB}, U_{AB}), trace leurs caractéristiques.

1. Tu les associes en série.
Trace la caractéristique de l'association dans le même repère.
Vérifie que la relation $U = U_1 + U_2$ est vérifiée pour toute valeur de I.
Vérifie que la relation d'association des résistances en série est satisfaite.

2. Tu les associes en dérivation.
Trace la caractéristique de l'association dans le même repère.
Vérifie que la relation $I = I_1 + I_2$ est vérifiée pour toute valeur de U.
Vérifie que la relation d'association des résistances en dérivation est satisfaite.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis pour chaque affirmation si elle est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
La caractéristique intensité-tension d'un conducteur ohmique est une droite qui passe par l'origine du repère.		
L'association en dérivation de deux conducteurs ohmiques de résistances respectives R_1 et R_2 est équivalente à un conducteur ohmique de résistance égale à R_1-R_2.		
Une diode au silicium est un dipôle symétrique.		
Une pile de 4,5 V est un dipôle passif.		
Une diode au silicium branchée dans le sens inverse équivaut à un interrupteur ouvert.		
La tension de seuil d'une diode est la tension minimale qu'il faut lui appliquer pour qu'elle conduise le courant électrique.		
La diode Zener laisse passer le courant en sens inverse et non en sens direct.		

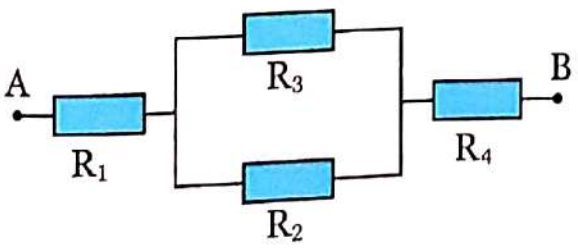
Exercice 2

Complète le tableau ci-dessous en indiquant soit la résistance, soit la conductance du conducteur ohmique.

Résistance R	47 Ω		22 Ω		1 kΩ
Conductance G		0,147 mS		$9{,}1.10^{-3}$ S	

Exercice 3

Calcule la résistance équivalente à cette association de quatre conducteurs ohmiques identiques de valeur R = 220 Ω.



Exercice 4

La tension aux bornes d'un conducteur ohmique vaut U = 12 V lorsque l'intensité du courant qui le traverse est I = 176 mA.

1. **Calcule sa résistance.**
2. **Calcule sa conductance.**
3. **Calcule l'intensité du courant qui le parcourt s'il est soumis à une tension U = 18 V.**

Exercice 5

Un conducteur ohmique porte les anneaux colorés suivants : orange, orange, noir, doré.

1. **Détermine la valeur normale de sa résistance.**
2. **Détermine les valeurs qui encadrent cette résistance en tenant compte de la tolérance affichée.**

Associée en dérivation avec un autre conducteur ohmique, la mesure de la résistance équivalente donne $R_{éq}$ = 13,2 Ω.

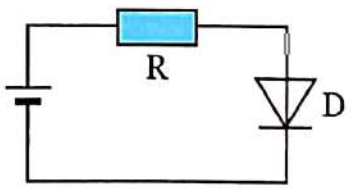
3. **Détermine la valeur de la résistance du conducteur ohmique qui lui est associé.**
4. **Détermine les couleurs des anneaux qu'il doit porter.**

Exercice 6

L'équation de la caractéristique d'un conducteur ohmique est : $I = 10^{-2}\,U$ lorsque I et U sont exprimées dans les unités du système international.

1. **Rappelle les noms et les unités des grandeurs U et I.**
2. **Donne le nom de la grandeur dont la valeur est ici égale à 10^{-2}. Donne son unité.**
3. **Détermine la résistance de ce conducteur ohmique.**

Exercice 7



Dans le circuit schématisé ci-dessus, la diode présente une tension de seuil : U_S = 0,6 V.

Un voltmètre branché aux bornes du générateur indique U = 4,5 V.

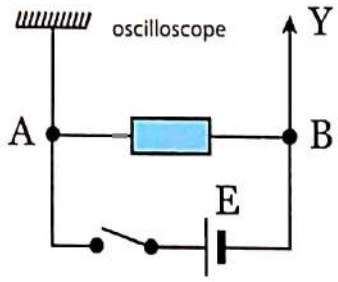
La résistance du conducteur ohmique est R = 1 kΩ.

1. **Détermine la valeur de la tension aux bornes du conducteur ohmique.**
2. **Détermine l'intensité du courant dans le circuit.**

Scanné avec CamScanner

Réinvestis tes acquis

Exercice 8



Le schéma décrit un conducteur ohmique alimenté par une pile de tension E = 9 V.

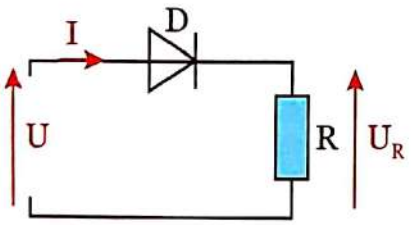
Il est relié comme précisé sur le schéma à un oscilloscope préalablement étalonné.

La sensibilité verticale est de 5 V/division.

La sensibilité horizontale est de 10 ms/division.

1. **Indique la forme de la trace sur l'écran :**
   – interrupteur ouvert ;
   – interrupteur fermé.
2. **Indique le sens et l'amplitude du déplacement de la trace sur l'écran.**

Exercice 9



U est une fonction créneau alternative, symétrique et périodique.

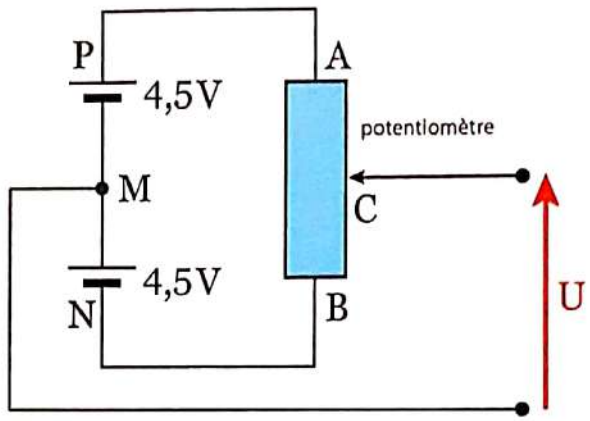
Sa période est T = 0,1 s. La tension vaut U = + ou – 300 V.

1. **Représente la tension U(t) dans un repère à l'échelle suivante :**
   – 1 cm représente t = 0,1 s ;
   – 1 cm représente u = 100 V.

La tension de seuil de la diode est $U_S = 0,6$ V.

2. **Représente la tension $U_R(t)$ dans le même repère à la même échelle.**
3. **Indique si dans ce cas on peut négliger la tension de seuil et considérer la diode comme idéale, c'est-à-dire avec une tension de seuil nulle.**
4. **Détermine la période de la tension $U_R(t)$.**

Exercice 10



Considère le montage potentiométrique schématisé ci-dessus.

1. **Détermine la valeur de la tension de sortie U lorsque le curseur est à l'extrémité A.**
2. **Détermine la valeur de la tension de sortie U lorsque le curseur est à l'extrémité B.**
3. **Détermine la valeur de la tension de sortie U lorsque le curseur est au milieu de l'enroulement AB.**
4. **Réalise le montage et vérifie tes calculs.**
5. **Indique quel est l'avantage d'un tel montage potentiométrique.**

Exercice 11

Le relevé des mesures concernant un dipôle AB a donné les résultats suivants :

U(V)	– 5,5	– 5,2	– 5,0	– 4,7	– 4	– 3	– 2	– 1	0	0,5	0,7	0,8	0,9
I(mA)	– 100	– 50	– 10	– 5	0	0	0	0	0	0	3	10	50

1. **Trace la caractéristique tension-intensité de ce dipôle.**

   Échelle : en abscisse : 2 cm ↔ 1 V ; En ordonnées : 1 cm ↔ 10 mA
2. **Indique la nature du dipôle.**
3. **Précise les noms et les valeurs des tensions particulières.**

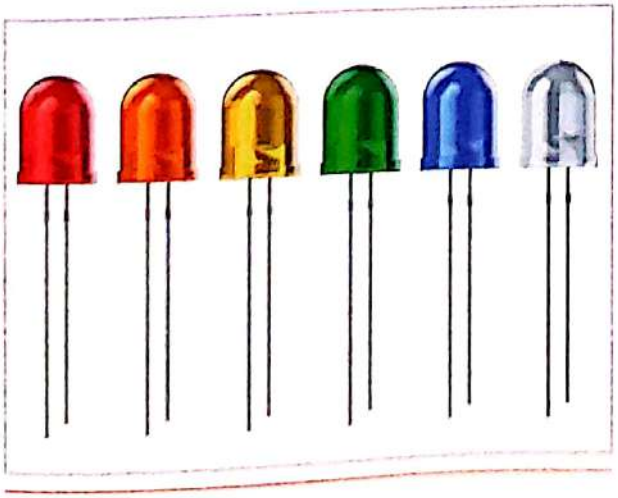
Scanné avec CamScanner

Les secrets des LED

Une LED (*light emitting diode*, ou diode électro luminescente) est un composant électronique capable d'émettre de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.
Nous avons rencontré les semi-conducteurs dans le chapitre sur le courant électrique.
Une diode est constituée d'un semi-conducteur dopé P et d'un autre dopé N.
Lorsqu'un électron « excédentaire » vient occuper une place vacante constituée par un trou positif, il perd de l'énergie. Cette énergie est libérée sous forme lumineuse. Le rayonnement peut se produire dans le spectre visible comme invisible.
On peut choisir la quantité d'énergie libérée en sélectionnant le dopage des semi-conducteurs. Cela entraîne que l'on peut choisir la couleur de la lumière émise.



Doc. 17 *Insectes autour d'une lampe la nuit.*



Doc. 18 *Diodes de couleur.*



Doc. 16 *Éclairage par LED.*

Bien que dépendant d'une technologie récente (la première LED émettant dans le spectre visible date de 1962), les LED ont envahi notre quotidien.
Les LED ont remplacé en quelques années les lampes électroluminescentes qui avaient elles-mêmes remplacé les lampes à incandescence.
Leur faible consommation en énergie, leur petite taille, leur robustesse mécanique et leur durée de vie emportent l'adhésion.
Les LED associées à la production d'énergie solaire permettent de résoudre de façon économique et durable l'éclairage dans les zones isolées.

Elles sont présentes dans tous les écrans des smartphones, des ordinateurs, des téléviseurs.
La technologie évolue très vite : on est déjà passé des écrans LED aux écrans OLED puis AMOLED.

Les progrès continueront vers des écrans plus fins, plus légers, souples ou pliables, et surtout, plus économes en énergie.
Et puis les LED seront un jour remplacées par une technologie encore plus performante. Ainsi va la science !

Si l'éclairage par LED permet de réduire considérablement la consommation d'énergie électrique, il n'est pas sans effets négatifs. L'éclairage public perturbe les équilibres écologiques des papillons, insectes et de leurs prédateurs, oiseaux, chauves-souris ou araignées.

La proportion de couleur bleue émise par les LED des écrans peut entraîner une fatigue oculaire et des troubles du sommeil. Une protection peut s'imposer pour certaines personnes par le port de lunettes adaptées.

Scanné avec CamScanner

Étude expérimentale d'un dipôle actif – Point de fonctionnement

Habiletés et contenus

- ✔ Connaître le schéma du montage rhéostatique.
- ✔ Tracer la caractéristique d'un dipôle actif : la pile.
- ✔ Déterminer :
  - la force électromotrice (f.é.m) E ;
  - la résistance interne r ;
  - l'intensité du courant de court-circuit Icc.
- ✔ Connaître et utiliser la relation U = E – rI.
- ✔ Distinguer un dipôle passif d'un dipôle actif.
- ✔ Déterminer le point de fonctionnement de l'association d'un dipôle actif et d'un dipôle passif.
- ✔ Connaître et appliquer la loi de Pouillet.

Découvre le sujet



Doc. 1 Téléphone portable.

Le ***document 1*** montre un signal d'alarme bien connu.
Indique l'objet que représente le symbole sur l'écran.
Indique si tu utilises le même type d'objet dans ton environnement quotidien.
Indique ce que représente le petit rectangle rouge.
Indique ce qu'il faut faire en pareil cas.
Rappelle tes connaissances acquises en classe de 5e sur ce type d'objet.

Développe le sujet

Activité 1 Caractérise un dipôle actif



Doc. 2 Tension aux bornes d'une pile.

À l'aide d'un multimètre utilisé en voltmètre, mesure la tension aux bornes d'une pile ronde, d'une pile plate, d'une batterie d'automobile, etc.

1. Donne tes constatations.
2. Indique les différences observées avec les mêmes mesures aux bornes d'un conducteur ohmique, d'une diode, d'une lampe, etc.
3. Propose un classement pour tous ces dipôles.

Bilan de l'activité

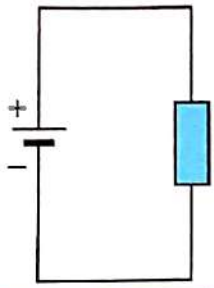
- La tension mesurée aux bornes d'une pile, d'une batterie, d'un générateur, n'est pas nulle. Elle est positive ou négative suivant le sens de branchement de l'appareil de mesure.
  Elle est positive quand la borne « COM » est reliée comme il se doit à la borne négative du générateur.
- On appelle dipôle actif un dipôle qui présente une tension non nulle entre ses bornes quand il est isolé.
- On appelle dipôle passif un dipôle qui présente une tension nulle entre ses bornes quand il est isolé.

Scanné avec CamScanner

Activité 2 Caractérise les courants et tensions dans un circuit électrique

Réalise le circuit représenté sur le ***document 3***.

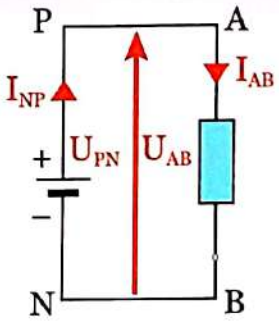
1. Réfléchis au sens conventionnel du courant et aux signes des tensions aux bornes des dipôles.
2. Représente tensions et intensités symboliquement sur le schéma du circuit.
3. Écris les relations qui existent entre elles.



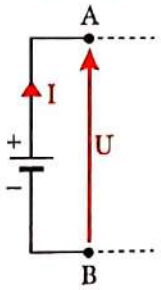
Doc. 3 *Un circuit simple.*

Bilan de l'activité

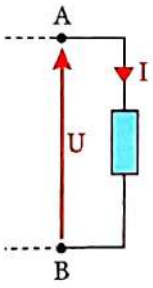
- On constate que le circuit comporte deux parties distinctes :
  – la partie générateur, constituée d'un ou de plusieurs dipôles actifs ;
  – la partie récepteur, constituée d'un ou de plusieurs dipôles passifs.
- Avec les conventions représentées sur le schéma, le circuit est caractérisé par les relations :
  $U_{PN} = U_{AB}$ et $I_{NP} = I_{AB}$.
  Avec les conventions choisies, toutes ces grandeurs sont positives.
- On peut résumer ce choix d'orientations ainsi :



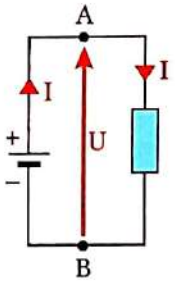
Orientations des grandeurs intensité et tension.



Convention générateur



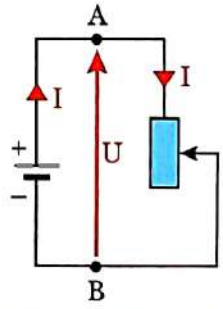
Convention récepteur



Générateur et récepteur associés

Activité 3 Étudie la caractéristique intensité-tension d'une pile

Tu disposes du matériel nécessaire pour réaliser le circuit schématisé ci-contre. L'appareil schématisé est un rhéostat. Il s'agit d'un potentiomètre dont on n'utilise que deux bornes : une borne extrême et la borne reliée au curseur.



Doc. 4 *Montage rhéostatique.*

1. Quand on déplace le curseur, la tension entre A et B varie.
   Prévois :
   – la valeur maximale de cette tension et la position correspondante du curseur ;
   – la valeur minimale de cette tension et la position correspondante du curseur.
   Une de ces positions est dangereuse pour la pile. Détermine laquelle.
2. Tu souhaites mesurer la valeur de la tension aux bornes de la pile et la valeur de l'intensité qui la traverse.
   Reproduis le schéma du circuit et complète-le en positionnant les appareils de mesure nécessaires.
3. Respecte les consignes de sécurité données par le professeur en ne dépassant pas une valeur maximale de l'intensité qu'il indiquera en fonction de la pile étudiée.
   Déplace le curseur afin de remplir le tableau de valeurs suivant :

U (V)						U_{Max}
I (mA)	I_{Max}					

4. Trace la caractéristique intensité-tension de la pile.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

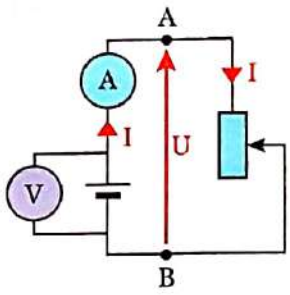
1. Lorsque le curseur est à l'extrémité opposée à A, la tension U est maximale puisque prise aux bornes de la plus grande résistance possible.
Lorsque le curseur est positionné à l'extrémité A, le dipôle rhéostat est en court-circuit : la tension U est nulle.
Cette position du curseur est dangereuse car la pile elle-même est en court-circuit. La pile chauffe et risque rapidement la destruction.

2. Le voltmètre est monté en dérivation aux bornes de la pile et l'ampèremètre en série.

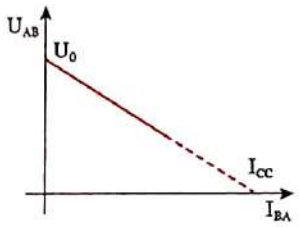
3. Il est nécessaire de commencer par les faibles intensités et d'effectuer les mesures le plus rapidement possible pour que la pile conserve ses propriétés.
On évitera de dépasser l'intensité de 1 ampère pour les piles de type Leclanché.

4. La courbe obtenue est une portion de droite.

Remarque : si l'on exige de la pile une intensité trop importante, elle s'échauffe, ses propriétés se modifient et la courbe n'est plus rectiligne.



Montage d'étude d'une pile.



Caractéristique intensité-tension d'une pile.

Activité 4 Détermine l'équation de la caractéristique d'une pile

Avec les valeurs que tu as obtenues à l'activité précédente, détermine l'équation de la courbe caractéristique de la pile que tu as utilisée.

1. Deux points sont remarquables. Détermine lesquels.

2. Établis leurs coordonnées.

3. Indique leur signification physique.

Bilan de l'activité

- La portion de droite a pour équation une relation de la forme $U = aI + b$.
- La valeur de b est celle de U quand $I = 0$. Elle est notée U_0 sur le graphique ci-dessus. $b = U_0$.
  La grandeur b est une tension, elle s'exprime en volt.
- On calcule la valeur de a lorsque $U = 0$: $0 = aI + b$; $a = -b/I_0$; $a = -U_0/I_0$.
  La grandeur a est un quotient d'une tension par une intensité, il s'agit d'une résistance, elle s'exprime en ohm.
- Les points remarquables sont les points de coordonnées :
  – $(I = 0 ; U = U_0)$; U_0 est la tension aux bornes de la pile quand elle ne délivre aucun courant. C'est sa tension à vide. On l'appelle également force électromotrice de la pile, en abrégé f.é.m., on la note E. C'est une tension, elle s'exprime en volt.
  – $(I = I_{cc} ; U = 0)$; I_{CC} est l'intensité de court-circuit, celle du courant qui traverse la pile lorsque la tension à ses bornes est nulle. $I_{CC} = E/r$.
- L'équation de la caractéristique s'écrit alors : $U_{PN} = E - rI$.
- La tension aux bornes d'une pile, U_{PN}, est égale à sa tension à vide, E, diminuée du produit rI, dans lequel r est la résistance interne de la pile et I l'intensité du courant qui la traverse.
- L'intensité du courant qui traverse une pile est également l'intensité du courant qui parcourt le circuit extérieur à la pile.

Scanné avec CamScanner

Activité 5 Détermine graphiquement le point de fonctionnement d'une association pile/conducteur ohmique

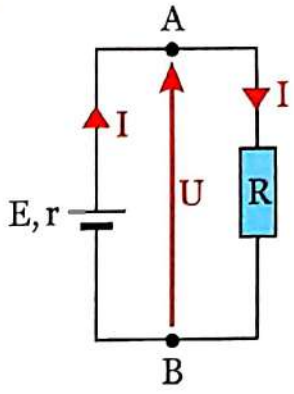
Étudie le circuit schématisé ci-contre.
Il associe :
- un dipôle actif, une pile caractérisée par sa f.é.m. E = 4,5 V et sa résistance interne r = 1,5 Ω ;
- et un dipôle passif, un conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω.

1. Représente dans le même repère la caractéristique de la pile et celle du conducteur ohmique.

Ces deux courbes se coupent en un point F.

2. Détermine les coordonnées du point F.

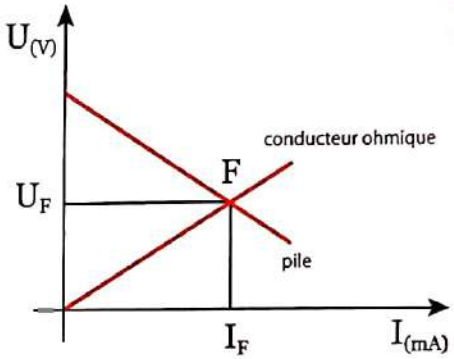
3. Indique ce qu'elles représentent.



Doc. 5 Grandeurs électriques.

Bilan de l'activité

- Les deux caractéristiques sont tracées dans le même repère.
- On utilise pour la pile et pour le conducteur ohmique les caractéristiques intensité-tension.
- Quand ces deux dipôles sont associés pour former un circuit fermé, les tensions à leurs bornes sont égales et les intensités du courant qui les parcourent en sont égales.
- Cette double égalité se traduit graphiquement par les coordonnées du point de concours des deux courbes.
- Ce point F est appelé point de fonctionnement du circuit.
  Ses coordonnées sont U_F et I_F :
  - U_F, tension aux bornes de la pile comme aux bornes du conducteur ohmique.
  - I_F, intensité commune dans la pile et dans le conducteur ohmique.
- Avec les données choisies, on trouve $U_F = 3{,}9$ V et $I_F = 0{,}39$ A.



Point de fonctionnement.

Activité 6 Détermine la tension aux bornes d'une association de piles

Deux piles caractérisées par leurs f.é.m. E_1 et E_2 et leurs résistances internes r_1 et r_2 sont montées en série concordante. Elles alimentent un dipôle passif.

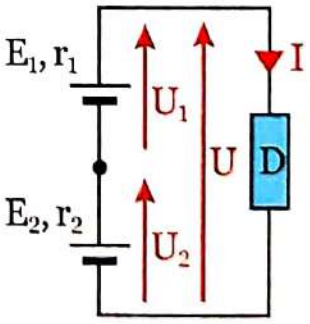
1. Écris la tension aux bornes de la première pile.

2. Écris la tension aux bornes de la seconde pile.

3. Écris la tension aux bornes de l'association de piles.

Tu souhaites remplacer ces deux piles en série par une pile unique qui serait équivalente à l'association.

4. Détermine les caractéristiques que devrait avoir cette pile équivalente à l'association.



Doc. 6 Association de piles en série concordante.

Scanné avec CamScanner

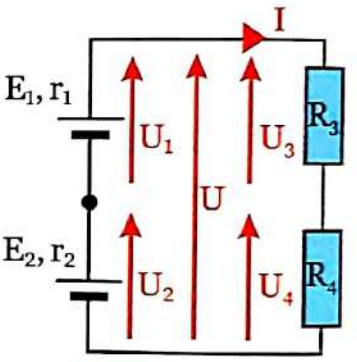
Bilan de l'activité

- La tension aux bornes de la première pile est $U_1 = E_1 - r_1 I$.
- La tension aux bornes de la seconde pile est $U_2 = E_2 - r_2 I$.
- La tension aux bornes de l'association est :
  $U = U_1 + U_2$
  $U = E_1 - r_1 I + E_2 - r_2 I$
  $U = E_1 + E_2 - r_1 I - r_2 I$
  $U = (E_1 + E_2) - (r_1 + r_2) I$
- Pour remplacer cette association de piles par une pile unique équivalente, il faudrait que sa f.é.m. soit $E = E_1 + E_2$ et que sa résistance interne soit $r = r_1 + r_2$.
- Dans une association en série concordante de piles, les f.é.m. s'ajoutent ainsi que les résistances internes.

Activité 7 Détermine algébriquement le point de fonctionnement d'une association de piles et de conducteurs ohmiques en série

Soit le circuit électrique schématisé ci-contre.

1. Écris les relations entre la tension et l'intensité aux bornes de chaque dipôle.
2. Écris la propriété de l'intensité du courant dans ce circuit.
3. Écris les relations entre les tensions.
4. Écris la relation caractéristique de chaque dipôle.
5. Propose une écriture générale de ton résultat.



Doc. 7 *Étude d'un circuit avec associations.*

Bilan de l'activité

- Avec les conventions habituelles indiquées sur le schéma :
  $U_1 = E_1 - r_1 I$
  $U_2 = E_2 - r_2 I$
  $U_3 = R_3 I$
  $U_4 = R_4 I$
  L'intensité est constante au long du circuit.
- La tension aux bornes de l'association de piles est :
  $U = U_1 + U_2$
  $U = E_1 - r_1 I + E_2 - r_2 I$
  $U = E_1 + E_2 - r_1 I - r_2 I$
  $U = (E_1 + E_2) - (r_1 + r_2) I$
- La tension aux bornes de l'association de conducteurs ohmiques est :
  $U = (R_1 + R_2) I$

Scanné avec CamScanner

Donc :

$(E_1 + E_2) - (r_1 + r_2)\, I = (R_3 + R_4)\, I$

$(E_1 + E_2) = (R_3 + R_4)\, I + (r_1 + r_2)\, I$

$(E_1 + E_2) = (r_1 + r_2 + R_3 + R_4)\, I$

$$I = \frac{(E_1 + E_2)}{(r_1 + r_2 + R_3 + R_4)}$$

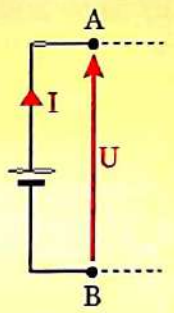
- Relation que l'on peut généraliser :

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R}$$

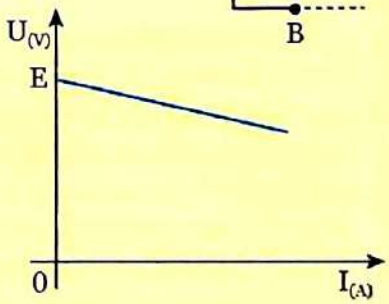
- Si dans un circuit on associe plusieurs générateurs linéaires avec plusieurs conducteurs ohmiques en série, l'intensité du courant est égale au quotient de la somme des forces électromotrices des générateurs par la somme des résistances présentes dans le circuit.
Cette loi est connue sous le nom de loi de Pouillet.

Remarque : cette relation est valable si des générateurs sont montés en opposition. La somme des tensions à vide des générateurs est une somme algébrique. On affecte du signe (–) les valeurs de E des générateurs qui tendent à produire un courant de sens opposé à celui choisi.

Retiens l'essentiel



- ✔ **On appelle dipôle actif un dipôle qui, isolé de tout circuit, présente une tension entre ses bornes.**
Une pile est un dipôle actif.
- ✔ **Les conventions d'orientation sont choisies de façon à avoir simultanément I et U positifs en utilisation normale.**
- ✔ **Les piles ont une caractéristique linéaire pour une intensité restant inférieure à une valeur limite.**



- ✔ **Avec la convention d'orientation choisie, l'équation de la caractéristique d'une pile est :**

$U_{PN} = E - rI$

E : force électromotrice de la pile. Elle s'exprime en volt (V).
r : résistance interne de la pile. Elle s'exprime en ohm (Ω).

- ✔ **Le point de fonctionnement d'un circuit comprenant un générateur et un récepteur correspond au couple de valeurs (U, I) qui satisfont les relations tension-intensité aux bornes du dipôle générateur comme du dipôle récepteur.**
On peut obtenir ce couple de valeurs graphiquement :
(U_F, I_F) est alors le couple de coordonnées du point de concours des deux caractéristiques. On peut l'obtenir algébriquement quand les caractéristiques sont linéaires.

- ✔ **Loi de Pouillet**
L'intensité I du courant qui traverse un circuit constitué par des générateurs et des conducteurs ohmiques montés en série est telle que :

$$I = \frac{\Sigma E}{\Sigma R}$$

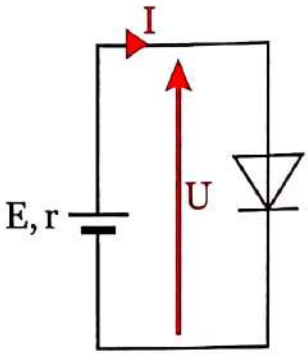
ΣE : somme algébrique de toutes les f.é.m. en volt (V).
ΣR : somme des résistances de tous les dipôles conducteurs ohmiques et dipôles actifs en ohm (Ω).
I : intensité en ampère (A).

Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

Détermine le point de fonctionnement d'une association pile/diode

◆ **Tu disposes du matériel nécessaire pour tracer graphiquement, point par point, la caractéristique des dipôles passifs ou actifs.**



Circuit avec diode.

Étudie le circuit schématisé ci-dessus.
Il associe :
– un dipôle actif (une pile caractérisée par sa f.é.m. E et sa résistance interne r) ;
– et un dipôle passif (une diode montée dans le sens passant).
La recherche du point de fonctionnement par une méthode algébrique est délicate puisque la diode est un dipôle passif non linéaire. La recherche du point de fonctionnement se fait donc de façon graphique.

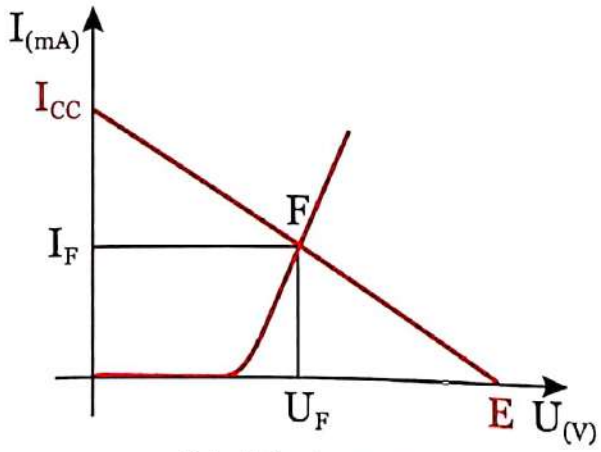
1. Avant de réaliser ce circuit, tu dois prendre certaines précautions pour ne pas détériorer les dipôles.
Décris ces précautions.

2. Ayant choisi convenablement les dipôles, tu dois tracer leurs caractéristiques dans un même repère.

a. Schématise et réalise le montage permettant de tracer la caractéristique de la pile.
Établis un tableau de mesures et trace la caractéristique tension-intensité de la pile.

b. Schématise et réalise le montage permettant de tracer la caractéristique tension-intensité de la diode.
Établis un tableau de mesures et trace la caractéristique dans le repère précédent.

c. Vérifie que ces deux courbes se coupent en un point F.
Détermine les coordonnées du point F.
Indique ce qu'elles représentent.



Point de fonctionnement.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

Un dipôle isolé de tout circuit est ..... quand il présente une tension entre ses bornes.

Un dipôle est actif quand il débite ..... quand on le relie à un ..... ohmique.

Quand la ..... d'un dipôle actif est un segment de droite, il est dit linéaire.

Un dipôle actif linéaire a une caractéristique d'équation ..... dans laquelle E est la ..... et r la ..... .

Dans un circuit ..... fermé, un dipôle générateur est traversé par le ..... qu'il débite.

Exercice 2

Choisis la bonne réponse.

Un générateur dont la tension aux bornes est peu sensible à l'intensité qu'il débite possède :

❑ une grande résistance interne.

❑ une faible résistance interne.

Exercice 3

Choisis la bonne réponse.

Un voltmètre mesure la tension à vide entre les bornes d'une pile, la mesure sera d'autant plus précise que le voltmètre possède :

❑ une grande résistance interne.

❑ une faible résistance interne.

Exercice 4

Un générateur de f.é.m. E = 12 V, de résistance interne r = 2 Ω, alimente une lampe de résistance R = 20 Ω dans les conditions d'utilisation.

1. **Schématise le circuit.**
2. **Indique sur le schéma tes conventions d'orientation.**
3. **Détermine l'intensité du courant qui parcourt le circuit.**
4. **Détermine l'intensité théorique si l'on négligeait la résistance interne du générateur.**
5. **Détermine l'erreur relative que l'on ferait alors.**

Exercice 5

On effectue deux mesures de la tension U_{PN} aux bornes d'une pile ainsi que de l'intensité du courant qu'elle délivre.

On obtient les couples de valeurs :

$U_{PN} = 3$ V pour I = 100 mA

$U_{PN} = 2$ V pour I = 200 mA

Détermine les valeurs de E et r.

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Un générateur de f.é.m. E = 12 V possède une résistance interne nulle.

1. **Trace sa caractéristique intensité-tension.**

On le monte en série avec une résistance r = 12 Ω. L'ensemble constitue un dipôle de bornes A et B.

2. **Indique si ce dipôle AB est un dipôle actif ou passif.**
3. **Trace la caractéristique du dipôle AB dans le repère utilisé en 1.**

Exercice 7

Deux piles identiques sont montées en série concordante.

Leurs caractéristiques sont E = 4,5V ; r = 1,5 Ω.

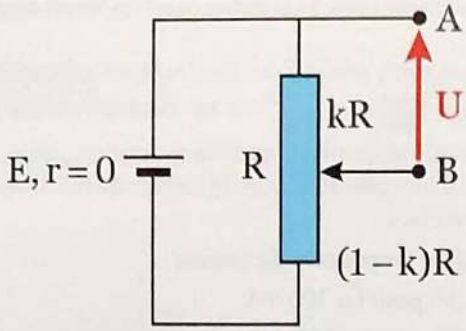
Elles alimentent un circuit récepteur constitué de trois conducteurs ohmiques associés en dérivation. Chacun d'eux possède une résistance R = 220 Ω.

1. **Schématise le circuit.**
2. **Indique conventionnellement les courants et les tensions sur le schéma.**
3. **Écris les relations entre tension et intensité pour chacun des dipôles.**
4. **Écris les relations utiles entre les intensités et les relations utiles entre les tensions.**
5. **Détermine la valeur numérique de chacune des tensions.**
6. **Détermine la valeur numérique de chacune des intensités.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 8



Étudie le montage schématisé ci-dessus.

La pile possède une f.é.m. E et une résistance interne négligeable.

Le potentiomètre possède une résistance totale R.

Le curseur partage cette résistance en deux parties, l'une de résistance kR et l'autre de résistance (1-k)R, avec $0 < k < 1$.

L'ensemble forme un dipôle de bornes A et B.

1. **Indique si ce dipôle AB est un dipôle actif ou passif.**
2. **Exprime la tension U en fonction des grandeurs du montage.**
3. **Détermine entre quelles valeurs cette tension U peut varier.**

Le curseur étant dans une position médiane quelconque, tu court-circuites les bornes A et B en les reliant par un conducteur de résistance nulle.

4. **Détermine alors l'expression de l'intensité du courant débité par la pile.**

Le dipôle AB se comporte comme un générateur de tension de valeur adaptable.

5. **Réalise le montage et vérifie la validité des expressions trouvées.**

Exercice 9

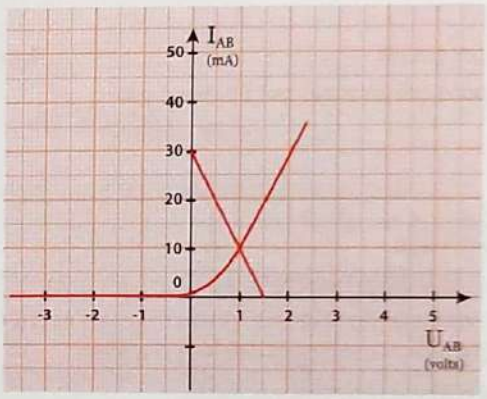
Une batterie d'automobile est composée de six éléments identiques qui sont des dipôles actifs.

Ils sont montés en série concordante.

La batterie délivre une tension à vide $U_0 = 12$ V.
Sa résistance interne est très faible $r = 30$ mΩ.

1. **Détermine la f.é.m. E et la résistance interne de chaque élément.**
2. **Les batteries ne sont pas des générateurs linéaires, mais en supposant qu'elles le soient, détermine l'intensité de court-circuit d'une de ces batteries.**
3. **Documente-toi et relate quels sont les dangers encourus si l'on court-circuite les bornes d'une batterie d'automobile.**

Exercice 10



Le document ci-dessus représente les caractéristiques de deux dipôles différents.

1. **Identifie ces dipôles.**

Ils constituent un circuit série.

2. **Schématise ce circuit.**
3. **Représente conventionnellement les tensions et les intensités sur ce schéma.**
4. **Détermine les caractéristiques du dipôle actif.**
5. **Détermine les coordonnées du point de fonctionnement du circuit.**

Scanné avec CamScanner

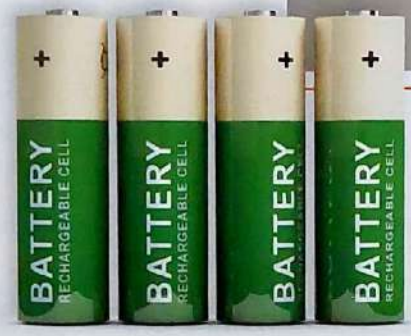
Les secrets des piles

Les piles sont indispensables à notre quotidien.
Elles sont présentes dans nos téléphones, nos montres, nos télécommandes, nos lampes, nos détecteurs, etc.
Elles sont connues depuis longtemps puisque Alessandro Volta conçut la première en 1800.
Il en existe de deux types : les piles à usage unique, jetables lorsqu'elles sont déchargées, et les « piles » rechargeables qui sont en fait des accumulateurs.



Doc. 8 *Différents types de piles.*

Elles fonctionnent toutes sur le même principe : un réducteur cède des électrons à un oxydant par l'intermédiaire du circuit électrique connecté aux bornes de la pile.



Quand l'un des deux réactifs est épuisé, la réaction de transfert d'électrons s'arrête, la pile est déchargée.
Dans le cas d'un accumulateur, le transfert d'électrons est réversible. Le chargeur impose aux composés chimiques de reprendre leur état initial. Une fois fait, la décharge peut reprendre.

Les piles se présentent sous différentes formes : boutons, cylindres, plates, et couvrent une large plage de tensions.



Doc. 9 *Indispensable bac de récupération de piles.*

L'avantage principal des piles est qu'elles ne se déchargent que très peu lorsqu'elles sont inutilisées. Elles conviennent donc aux appareils à usage intermittent, les télécommandes par exemple.
En revanche, pour tous les appareils à usage régulier et intensif, téléphones, ordinateurs, perceuses et outils sans fil, les accumulateurs s'imposent.

Lorsqu'une pile est usée, ou qu'un accumulateur est en fin de vie, il faut évidemment les jeter, mais tous contiennent des produits toxiques et polluants. Il est indispensable de les placer dans des bacs de récupération prévus à cet effet.
On évite ainsi de polluer la nature, d'empoisonner les nappes phréatiques et l'on permet de recycler certains métaux qu'ils contiennent.

Scanné avec CamScanner

Le transistor : un amplificateur de courant – La chaîne électronique

Habiletés et contenus

- ✔ Décrire le transistor à jonction.
- ✔ Connaître les symboles du transistor.
- ✔ Tracer la courbe $I_C = f(I_B)$.
- ✔ Connaître les domaines de fonctionnement.
- ✔ Déterminer le gain en courant ou le coefficient d'amplification β.
- ✔ Utiliser le transistor comme amplificateur de courant.
- ✔ Identifier les éléments d'une chaîne électronique.
- ✔ Connaître le rôle de chaque élément d'une chaîne électronique.

Découvre le sujet

Un microprocesseur est au cœur de la carte mère d'un ordinateur. Ses performances sont liées au nombre de transistors qu'il contient. Les microprocesseurs contemporains en possèdent plusieurs milliards sur quelques millimètres carrés.
Documente-toi :
– qu'est-ce qu'un transistor ?
– en trouve-t-on ailleurs que dans les microprocesseurs ?
– peut-on en voir chez un réparateur de circuits électroniques ?
– quel est son principe ?



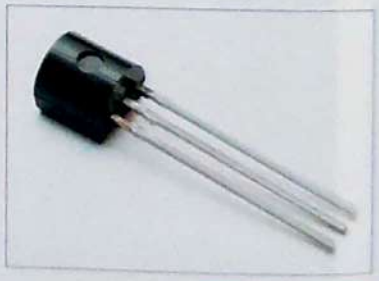
Doc. 1 *Microprocesseur.*

Développe le sujet

Activité 1 Identifie et décris des transistors macroscopiques

Procure-toi des transistors chez un réparateur de téléviseurs.

1. Indique leurs différences de formes.
2. Indique leur point commun.
3. Recherche sur Internet la signification de leurs dénominations.
4. Recherche leurs symboles graphiques et représente-les.



Doc. 2 *Transistor.*

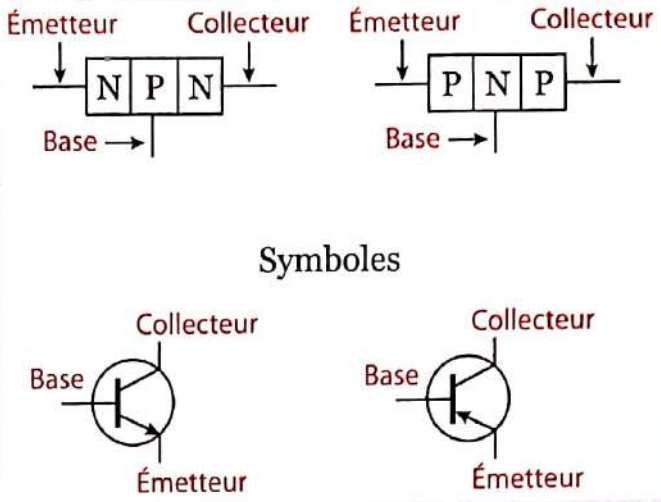
Bilan de l'activité

- Il existe de nombreuses formes physiques de transistors, cylindriques, plats, etc. Leur point commun est de posséder trois bornes. Ce sont des tripôles.
- Il existe deux types de transistors :
  – transistor NPN ;
  – transistor PNP.

Scanné avec CamScanner

- Ces lettres P et N rappellent les mots « positif » et « négatif » et correspondent au type de dopage des semi-conducteurs utilisés.
- Leurs symboles se distinguent par le sens de la flèche entre les bornes E et B.
- La signification des lettres B, C, E est :
  – B : base ;
  – C : collecteur ;
  – E : émetteur.

Remarque : les transistors intégrés dans les microprocesseurs sont microscopiques, leurs dimensions sont de l'ordre de quelques nanomètres à quelques dizaines de nanomètres.



Symboles des transistors.

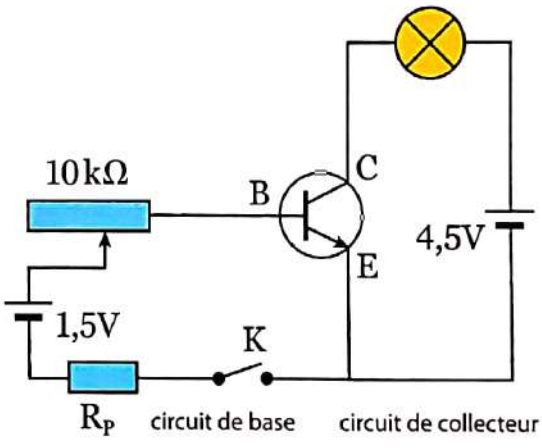
Activité 2 Réalise un montage à émetteur commun

Établis la liste du matériel nécessaire pour réaliser le circuit schématisé sur le ***document 3***.
Réalise-le en respectant les sens de branchement des piles et les connexions aux bornes du transistor.
Place le curseur du rhéostat de façon à ce que sa résistance soit maximale : 10 kΩ.

1. L'interrupteur K est ouvert.
- Détermine l'intensité du courant qui circule dans le circuit de base.
- Indique l'état de la lampe.

2. Ferme l'interrupteur K et déplace doucement le curseur de façon à diminuer la résistance du rhéostat.
Décris ce que tu observes.

3. L'interrupteur étant toujours fermé, ramène doucement le curseur du rhéostat à sa position d'origine.
Décris tes observations.



Doc. 3 *Montage d'un transistor.*

Bilan de l'activité

1. L'interrupteur K est ouvert, aucun courant ne circule dans le circuit de base : $I_B = 0$.
On constate que la lampe est éteinte.

2. Quand on ferme l'interrupteur, la lampe reste éteinte.
Lorsqu'on déplace le curseur du rhéostat, sa résistance diminue. On constate qu'à partir d'une certaine position, le filament de la lampe rougit puis en déplaçant le curseur, l'éclat de la lampe augmente.
À partir d'une certaine position, l'éclat de la lampe n'augmente plus.

3. Quand on ramène le curseur vers sa position d'origine, on observe les mêmes phénomènes dans l'ordre inverse. L'éclat de la lampe diminue, elle finit par s'éteindre. Les effets sont réversibles.

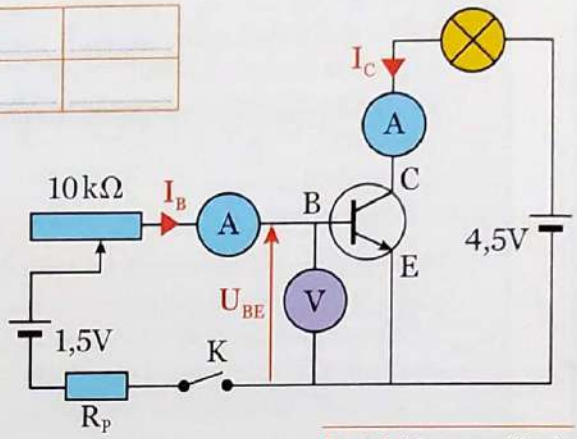
Scanné avec CamScanner

Activité 3 Effectue des mesures confirmant tes observations

Complète le circuit précédent en plaçant des appareils de mesure conformément au schéma du ***document 4***. Reprends les étapes suivies à l'activité 2 et remplis un tableau de mesures en relevant I_B et I_C.

I_B (mA)							
I_C (mA)							

1. Trace la courbe I_C en fonction de I_B.
2. Décris tes observations concernant la valeur de la tension U_{BE}.
3. Place le voltmètre de façon à mesurer U_{CE}.
4. Décris tes observations.
5. Propose tes conclusions.



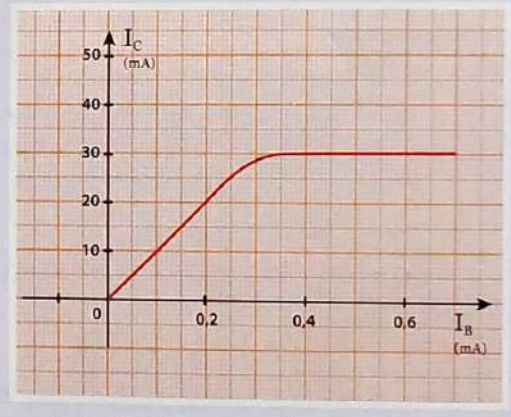
Doc. 4 *Montage d'étude.*

Bilan de l'activité

- La courbe I_C en fonction de I_B fait apparaître deux parties rectilignes reliées par une courbe plus ou moins marquée.
- Dans la première partie, on constate que I_C est proportionnelle à I_B.

  $I_C = \beta I_B$

  Le coefficient de proportionnalité β est appelé gain en courant, le transistor se comporte comme un amplificateur de courant.
- Dans la deuxième partie rectiligne, I_C demeure constant pour toute valeur de I_B supérieure à une certaine valeur. Le transistor est dit « saturé ». I_C est déterminée par les caractéristiques du circuit collecteur et ne dépend plus de I_B. Le transistor fonctionne comme un interrupteur fermé.



Intensité du courant collecteur en fonction du courant de base.

- Dès que le transistor conduit le courant, on constate que la tension U_{BE} prend une valeur de l'ordre de 0,6 V qui reste constante. La jonction BE se comporte comme une diode.
- La tension U_{CE} diminue au fur et à mesure que I_C augmente. Elle est pratiquement nulle en régime saturé.
- Le circuit de base permet de commander, de « piloter » le circuit de collecteur.

Activité 4 Applique la loi des nœuds au transistor

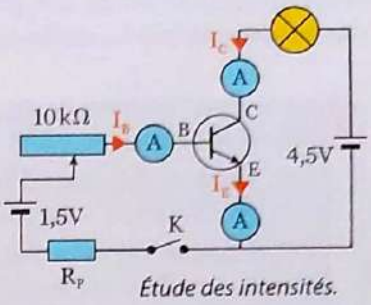
Modifie le montage précédent en supprimant le voltmètre et en insérant un ampèremètre pour mesurer la valeur de l'intensité I_E.

1. Représente le schéma du nouveau montage.
2. Applique la loi des nœuds en considérant le transistor comme un nœud.
3. Écris la relation prévue entre les intensités I_B, I_C et I_E.
4. Effectue les mesures de ces intensités.
5. Vérifie la relation prévue.
6. Indique si on peut la simplifier.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- En considérant le transistor comme un nœud, on peut écrire :
  $I_E = I_B + I_C$
  Les mesures confirment cette relation.
- Comme on observe que I_B est très petit devant I_C, la relation peut se simplifier en :
  $I_E \approx I_C$



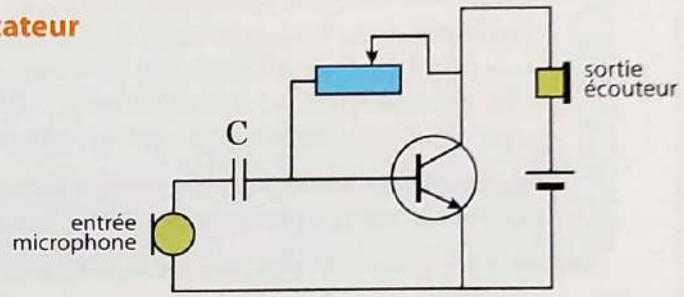
Étude des intensités.

Activité 5 Utilise un transistor en amplificateur

Le schéma du ***document 5*** représente le schéma de principe d'un amplificateur de courant.
Rassemble le matériel nécessaire à sa réalisation.

Attention !
- La tension du générateur doit être adaptée à la tension d'usage de l'écouteur (ou du haut-parleur).
- Le rhéostat doit avoir une grande résistance : 10 à 100 kΩ.

Réalise le montage, adapte la valeur de la résistance du rhéostat et vérifie l'efficacité du montage.
Explique le principe de fonctionnement de ce montage.



Doc. 5 *Montage amplificateur.*

Remarque : le condensateur filtre le courant continu et ne laisse circuler que les courants variables.

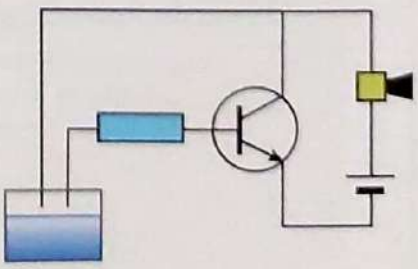
Bilan de l'activité

- La résistance du microphone varie avec les vibrations de l'air qui l'affectent. Cela induit une variation de l'intensité du courant qui circule dans la base du transistor. Le circuit de collecteur est alors parcouru par un courant d'intensité variable mais proportionnel à l'intensité traversant le microphone. L'écouteur retranscrit le son capté par le microphone.
- On a là un exemple de chaîne électronique :
  – un système électronique ayant une fonction déterminée, ici l'amplification ;
  – un signal d'entrée, ici celui fourni par le microphone ;
  – un signal de sortie, ici celui fourni par l'écouteur ;
  – une source d'énergie permettant au système de fonctionner, ici le générateur.

Activité 6 Utilise un transistor en interrupteur

Le schéma du ***document 6*** représente le schéma de principe d'un détecteur de niveau d'eau dans un réservoir.
Rassemble le matériel nécessaire à sa réalisation.

Attention !
- La tension du générateur doit être adaptée à la tension d'usage de la sirène (ou de la lampe).
- La résistance de protection de la base est adaptée au circuit du collecteur, elle est de l'ordre du kΩ.


Doc. 6 *Montage « tout ou rien ».*

Scanné avec CamScanner

Réalise le montage et vérifie son efficacité.
Explique le principe de fonctionnement de ce montage.
Retrouve et décris les différents éléments constitutifs d'une chaîne électronique.

Bilan de l'activité

- Lorsque le niveau d'eau est bas dans le réservoir, la base du transistor est en circuit ouvert, le transistor est bloqué, aucun courant ne circule dans le circuit de collecteur, la sirène est éteinte.
- Lorsque le niveau d'eau atteint les deux sondes métalliques, le courant circule dans la base du transistor, le circuit collecteur se débloque et la sirène se déclenche.
- Le transistor fonctionne ici en interrupteur commandé par le niveau d'eau.
- Les éléments de la chaîne électronique sont :
  - le système électronique ayant une fonction déterminée, ici la fermeture ou l'ouverture d'un circuit électrique déclenchant une alarme ;
  - un signal d'entrée, ici l'atteinte d'un niveau d'eau ;
  - un signal de sortie, ici le déclenchement d'une alarme ;
  - une source d'énergie permettant au système de fonctionner, ici le générateur.

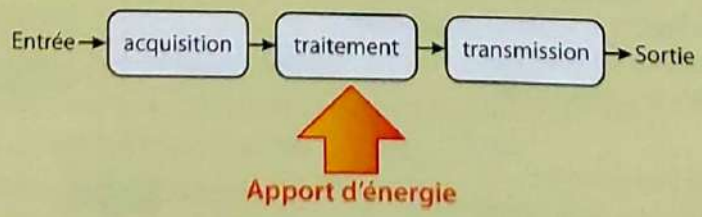
Remarque : la sirène peut être remplacée par une alarme lumineuse ou un système de commande qui déclencherait une pompe pour vider le réservoir, ou la fermeture d'un robinet d'arrivée d'eau, etc.

Retiens l'essentiel

- ✔ **Un transistor est un composant électronique présentant deux jonctions PN.**
- ✔ **Il comporte trois bornes : la base, le collecteur et l'émetteur.**
- ✔ **Le symbole d'un transistor NPN est :**



- ✔ **Le transistor présente trois états de fonctionnement :**
  - **Si $I_B = 0$, le transistor est bloqué, aucun courant ne peut circuler entre le collecteur et l'émetteur.**
  - **Un faible courant de base I_B (typiquement de l'ordre du µA) débloque le transistor, la partie entre le collecteur et l'émetteur devient conductrice. Le transistor fonctionne alors en amplificateur de courant. $I_C = \beta I_B$, le gain en courant, β, dépend du transistor mais sa valeur est typiquement de l'ordre de 100.**
  - **Une augmentation de I_B amène le circuit collecteur à imposer une valeur limite pour l'intensité I_C, alors le transistor fonctionne en mode saturé. I_C reste constante pour toute valeur de I_B.**
- ✔ **Lorsque le transistor est débloqué, la tension aux bornes du dipôle BE est constante et de l'ordre de 0,6 V.**
- ✔ **Un transistor est utilisé soit en amplificateur de courant, soit en « tout ou rien » c'est-à-dire comme interrupteur commandé par un faible courant.**
- ✔ **Le transistor est un composant essentiel des chaînes électroniques.**



Scanné avec CamScanner

Fiche expérimentale

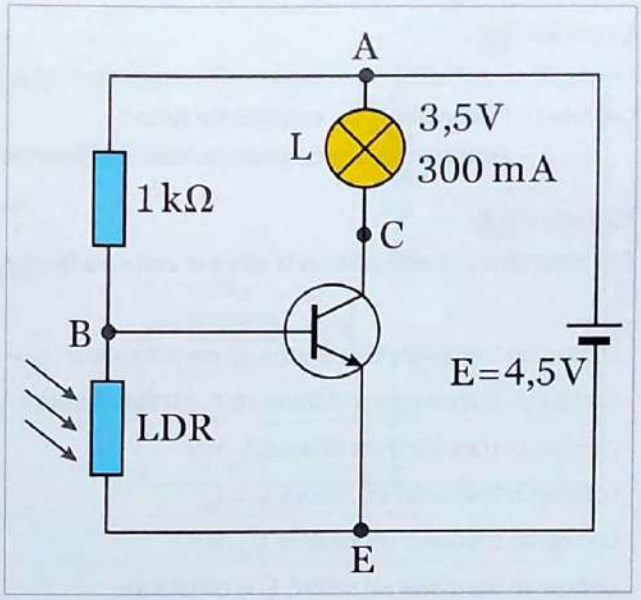
Réalise un allumage automatique

- Dresse la liste du matériel nécessaire à la réalisation du circuit représenté ci-contre.

- Une LDR *(light dependent resistor)* est une photo-résistance, c'est-à-dire un dipôle dont la valeur de la résistance varie avec son éclairement.



Une LDR



Typiquement, la valeur de la résistance d'une LDR dans l'obscurité est de l'ordre de 10 MΩ et de 10 Ω en pleine lumière.

- **Réalise le montage.**

1. À la lumière du jour, dans la salle de classe, indique quel est l'état de la lampe.
2. Recouvre la LDR d'un objet opaque (tissu noir, carton, etc.).
   Indique quel est alors l'état de la lampe.
3. Indique quel peut être l'intérêt d'un tel montage et ses possibles applications pratiques.
4. Explique tes observations.
   Pour cela, considère que la résistance de 1 kΩ et la LDR constituent un diviseur de tension.
   a. Détermine les valeurs des tensions aux bornes de la résistance et de la LDR éclairée.
   b. Détermine les valeurs des tensions aux bornes de la résistance et de la LDR dans l'obscurité.
   c. Explique alors le blocage et le déblocage du transistor.

- **Réalise maintenant un système d'alarme.**

Reprends le montage précédent et remplace la LDR par un fil de cuivre très fin.
Remplace la lampe par un buzzer, une sirène, une sonnette ou n'importe quelle alarme sonore.
Indique ce que tu constates.
Casse le fil. Indique ce que tu constates.
Indique l'intérêt d'un tel montage et ses possibles applications pratiques.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Le gain d'amplification en courant d'un transistor est $\beta = 200$. En régime d'amplification linéaire, on mesure $I_C = 350$ mA.

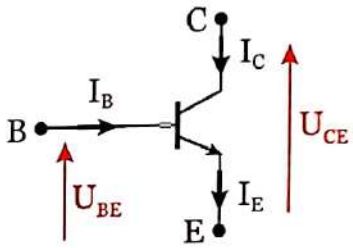
Calcule : – l'intensité I_B du courant de base ;

– l'intensité I_E du courant sortant de l'émetteur.

Exercice 2

Dis pour chaque affirmation si elle est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Lorsqu'un transistor fonctionne en amplificateur : $I_C = \beta I_B$.		
Lorsqu'un transistor est débloqué, I_C est supérieure à I_B.		
Lorsqu'un transistor est bloqué, $I_C = 0$.		
Lorsqu'un transistor est saturé, $I_C = I_B$.		
Lorsqu'un transistor est bloqué, $U_{BE} = 0$.		
Lorsqu'un transistor est saturé, I_C = constante.		
Lorsqu'un transistor est saturé, I_B = constante.		
Un transistor est un dipôle passif.		



Exercice 3

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

Un transistor présente ..... bornes. Elles sont identifiées par leurs noms qui sont : ....., ... et ..... .

Un transistor peut se comporter en amplificateur d'..... , alors $I_C =$ ..... .

Lorsqu'un transistor conduit le courant, la valeur de la ..... U_{BE} est ..... .

Lorsque le transistor fonctionne en mode saturé, l'intensité du courant ..... est constante.

Il existe deux types de transistors désignés par les lettres ..... ou ..... .

Exercice 4

Au cours d'une séance de travaux pratiques, en utilisant un montage analogue à celui du document 4 de l'activité 3, tes camarades ont relevé les mesures suivantes dans l'étude d'un transistor :

i_B (µA)	0	50	60	70	80	90	100	200	300
i_C (mA)	0	7,03	8,45	9,87	11,2	12,6	13,8	14,8	14,9
i_B/i_C	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
v_{BE} (mV)	0	690	695	700	705	710	716	736	747
v_{CE} (V)	15,0	8,07	6,62	5,17	3,81	2,46	1,20	0,17	0,14

1. **Trace la courbe i_c en fonction de i_B.**
2. **Identifie les différentes parties :**
   - **le transistor est bloqué ;**
   - **i_c est proportionnelle à i_B ;**
   - **le transistor est saturé.**
3. **Complète le tableau et détermine le gain en courant β.**
4. **Indique la propriété de v_{BE} en fonctionnement linéaire.**
5. **Observe les valeurs de v_{CE} et déduis-en la valeur de la f.é.m. de la pile qui alimente le circuit de collecteur.**

Scanné avec CamScanner

Réinvestis tes acquis

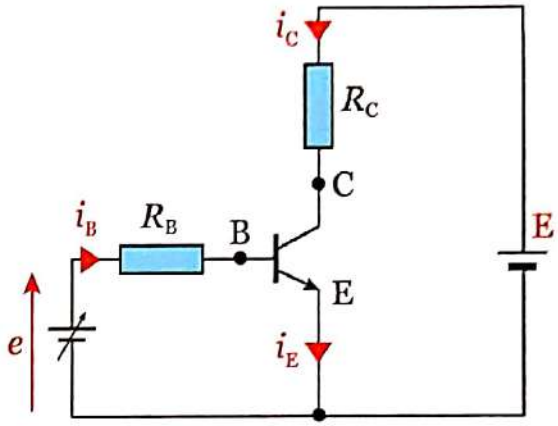
Exercice 5

Un transistor NPN au silicium est utilisé dans le montage ci-contre.

On donne $\beta = 200$, $E = 12\,V$, $U_{BE} = 0{,}7\,V$, $R_C = 100\,\Omega$.

La f.é.m. e peut varier de 0 V à + 6 V.

1. **Détermine à partir de quelle valeur de e le transistor cesse d'être bloqué.**
2. **Détermine l'intensité i_C qui traverse la résistance R_C lorsque le transistor est saturé. (Tu considères alors que la tension U_{CE} est nulle.)**
3. **Détermine la valeur de i_B qui permet d'atteindre la saturation.**
   Détermine alors la valeur maximale de la résistance R_B qu'il faut utiliser pour pouvoir atteindre la saturation.



Exercice 6

On considère le circuit schématisé ci-contre.

$V_{CC} = 20\,V$

$V_{CE} = 10\,V$

$V_{BE} = 0{,}3\,V$

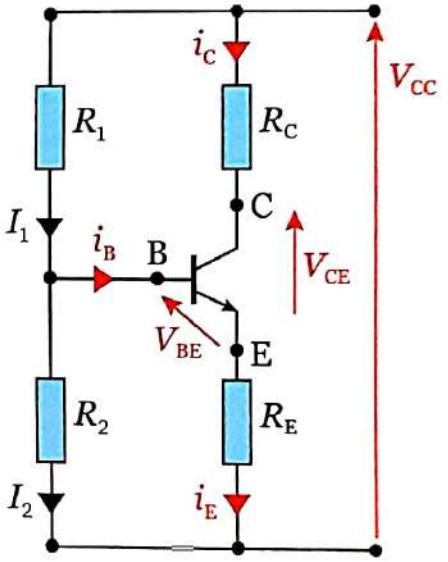
$R_E = 0{,}5\,k\Omega$

$R_2 = 10\,k\Omega$

$I_B = 20\,\mu A$

$I_C = 2\,mA$

1. **Indique ce qui permet d'affirmer que le transistor n'est pas en mode saturé.**
2. **Calcule le coefficient d'amplification en courant du transistor.**
3. **Détermine la valeur de la résistance R_C.**
4. **Détermine la valeur de l'intensité I_2.**
5. **Détermine la valeur de l'intensité I_1.**
6. **Détermine la valeur de la résistance R_1.**



Exercice 7

Tu lis dans une revue :

« Un four de boulangerie doit être maintenu à la température de 240 °C. Son chauffage est automatique et piloté par des capteurs qui sont reliés à un dispositif commandant soit le chauffage, soit le refroidissement du four. Le chauffage est assuré par des résistances électriques intégrées dans la voûte du four et le refroidissement par une circulation d'air par l'ouverture de trappes. »

1. **Relève dans ce texte ce qui permet d'affirmer qu'on est ici en présence d'une chaîne de commande électronique.**
2. **Résume sous forme d'un schéma la chaîne des opérations.**
3. **Dans un tel dispositif, si des transistors sont utilisés, précise s'ils le sont en amplification ou en interrupteurs commandés et à quelle étape du processus.**

Scanné avec CamScanner

Le transistor et les microprocesseurs

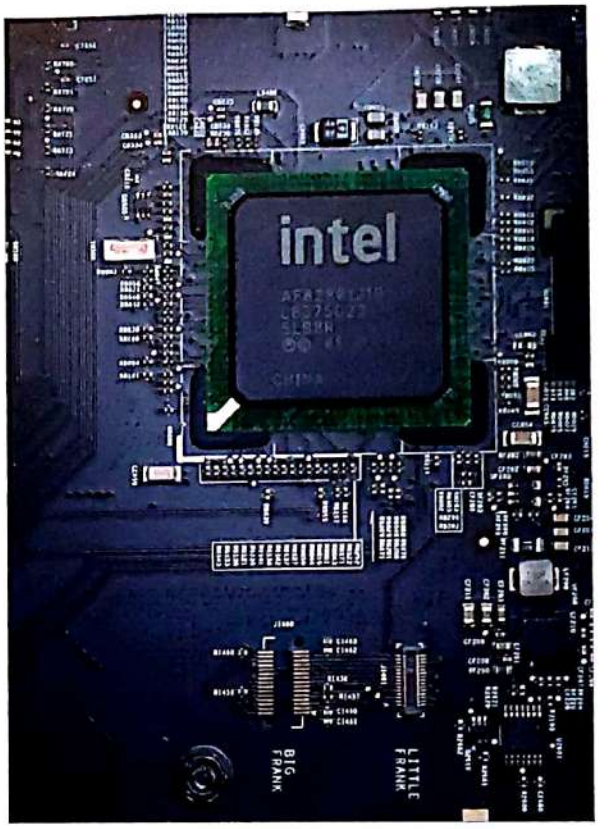
Dans les microprocesseurs, les transistors sont utilisés en « tout ou rien ».
Bloqués, ils peuvent représenter la valeur 0 ; saturés, la valeur 1.
Ils permettent ainsi les opérations en mode binaire et gèrent les quantités élémentaires d'information : les bits (contraction des mots anglais *binary digit*, qui signifient « chiffre binaire »).
Beaucoup d'informations sont de type binaire : vrai/faux ; oui/non ; plus/moins ; ouvert/fermé, etc.
Une suite ordonnée de bits forme un byte, souvent de huit bits, il s'agit alors d'un octet. La capacité de mémoire des ordinateurs mais aussi des téléphones s'exprime en Go pour « giga octets », c'est-à-dire milliards d'octets : 1 Go = 10^9 octets.
Le gigantisme du stockage actuel oblige à utiliser des préfixes multiplicateurs de plus en plus importants.
De même, la vitesse de traitement de l'information utilise des préfixes multiplicateurs permettant d'exprimer des durées très brèves.

nom	abréviation	valeur
yotta	Y	10^{24}
zetta	Z	10^{21}
exa	E	10^{18}
péta	P	10^{15}
téra	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
méga	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}

nom	abréviation	valeur
milli	m	10^{-3}
micro	µ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}
zepto	z	10^{-21}
yocto	y	10^{-24}



Doc. 8 *Vérification d'un disque de silicium.*



Doc. 7 *Microprocesseur.*

La firme américaine IBM propose le premier ordinateur à base de transistors en 1960. Le premier circuit intégré apparaît en 1963 puis tout va très vite. L'entreprise américaine Intel fournit son premier microprocesseur commercial en 1971, dont la lenteur fait aujourd'hui sourire. Il possédait 2 300 transistors de dimensions de l'ordre du micromètre. Celui de décembre 2019 possède 43 milliards de transistors de dimensions inférieures à 10 nanomètres. Le tout dans un boîtier plat de 70 mm de côté !

Y a-t-il des limites à ces performances ? Sans doute ! La technologie atteint des dimensions qui ne concernent plus que quelques atomes ou dizaines d'atomes.
Le coût de cette technologie impose des compromis entre l'investissement industriel et la rentabilité commerciale.
Et puis surtout ces transistors chauffent et il faut évacuer la chaleur.

Mais la science peut toujours nous surprendre !

Scanné avec CamScanner

L'élément chimique

Habiletés et contenus

- ✔ Écrire l'équation-bilan de la réaction chimique entre :
  - le métal cuivre et le dioxygène ;
  - l'oxyde de cuivre II et le carbone ;
  - la solution de sulfate de cuivre II et le fer.
- ✔ Définir l'élément chimique.
- ✔ Connaître les symboles de quelques éléments chimiques.
- ✔ Nommer quelques éléments chimiques.

Découvre le sujet

Le gaz contenu dans cet extincteur, la coquille de cet escargot et ce diamant ont un point commun. Ils partagent un même élément chimique dans leur constitution. Documente-toi et trouve lequel.
Dresse une liste de corps, d'organismes ou d'objets possédant également cet élément chimique dans leur constitution.



Doc. 1 *Un point commun dans des apparences variées.*

Développe le sujet

Activité 1 Réalise la réaction entre le métal cuivre et le dioxygène

Tu disposes de cuivre en poudre et d'un bec Bunsen.
Tu renouvelles l'expérience effectuée en classe de troisième.
En inclinant la flamme du bec Bunsen, tu verses un peu de poudre de cuivre dans celle-ci.
Décris tes observations.

1. Indique le nom et la formule de la poudre noire recueillie sous la flamme.

2. Écris l'équation-bilan de cette réaction en précisant les réactifs et produits.

3. Documente-toi et précise s'il existe un seul ou plusieurs oxydes de cuivre.

Bilan de l'activité

Le cuivre en poudre projeté dans la flamme du bec Bunsen colore celle-ci en vert.
Sous la flamme, on recueille une poudre noire.

1. Sous l'action de la chaleur, le cuivre réagit avec le dioxygène de l'air pour produire de l'oxyde de cuivre de couleur noire. Cet oxyde de cuivre a pour formule CuO. Son nom est « monoxyde de cuivre ». On l'appelle également oxyde cuivrique ou oxyde de cuivre II.



Scanné avec CamScanner

2. Les réactifs sont le cuivre et le dioxygène. Le produit est le monoxyde de cuivre.
L'équation-bilan s'écrit :

$2\,Cu + O_2 \rightarrow 2\,CuO$

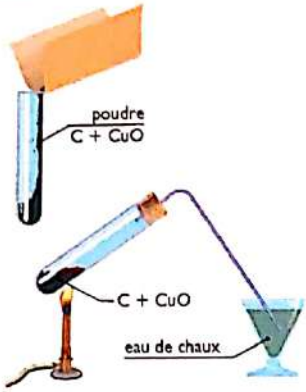
3. Il existe un deuxième oxyde de cuivre de formule Cu_2O. C'est l'oxyde cuivreux de couleur rouge.

Activité 2 Réalise la réaction entre l'oxyde de cuivre II et le carbone

Tu disposes d'oxyde de cuivre II et de carbone en poudre.
Tu disposes du matériel nécessaire à la réalisation de l'expérience décrite sur le ***document 2***.
Respecte les consignes de sécurité données par le professeur, réalise l'expérience et décris tes observations.

1. Écris l'équation-bilan de cette réaction en précisant les réactifs et produits.

2. Nomme ce type de réaction.



Doc. 2 *Action du carbone sur l'oxyde de cuivre.*

Bilan de l'activité

- Sous l'action d'un chauffage énergique, l'oxyde de cuivre réagit avec le carbone. On observe une vive incandescence au sein du milieu réactionnel.
  Il se forme un gaz qui trouble l'eau de chaux : il s'agit de dioxyde de carbone.
- Après refroidissement, on récupère le milieu réactionnel. On observe la présence d'une poudre de couleur rose et un film de couleur rouge et d'aspect métallique sur le tube à essai.

1. Les réactifs sont l'oxyde de cuivre et le carbone.
Les produits sont le dioxyde de carbone et le cuivre.
L'équation-bilan s'écrit :

$2\,CuO + C \rightarrow 2\,Cu + CO_2$

2. Cette réaction permet d'obtenir le métal cuivre Cu à partir de son oxyde CuO, il s'agit d'une réaction de réduction.



Activité 3 Réalise la réaction entre une solution de sulfate de cuivre et le fer

1. Réalise l'expérience présentée sur le ***document 3*** et décris tes observations.

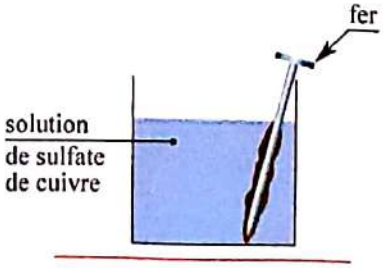
2. Réalise la même réaction entre le fer et les ions cuivre II suivant le protocole expérimental du ***document 4***.
Décris tes observations.
Interprète la couleur verte de la solution obtenue.

3. Interprète la formation du métal cuivre à partir des ions cuivre II.
Écris l'équation de cette transformation.

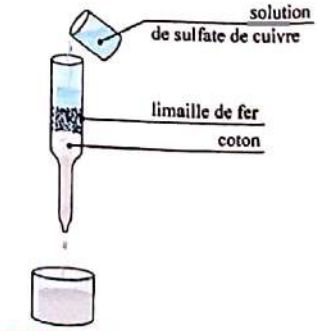
4. Interprète la formation d'ions fer II à partir du métal fer.
Écris l'équation de cette transformation.

5. Écris sous forme d'équation-bilan l'action du métal fer sur les ions cuivre II.

6. Décris ce type de réaction du point de vue des électrons.



Doc. 3 *Réaction entre le métal fer et les ions cuivre.*

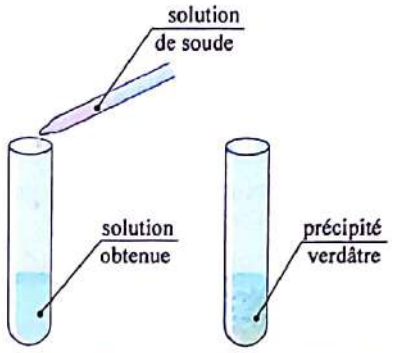


Doc. 4 *Réaction entre le métal fer divisé et les ions cuivre II.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. On observe un dépôt rougeâtre de cuivre métallique sur le fer.
   Si on laisse l'expérience se poursuivre suffisamment longtemps, on observe une décoloration de la solution, montrant la consommation des ions cuivre responsables de la couleur bleue.
2. En utilisant ce protocole expérimental, on observe un dépôt de cuivre sur la limaille de fer et le filtrat obtenu est de couleur vert pâle.
   Cette couleur permet de supposer la présence d'ions Fe^{2+}.
   La confirmation de cette présence peut être obtenue par addition d'une solution de soude.



Caractérisation des ions Fe^{2+}.

3. L'obtention d'un atome de cuivre à partir d'un ion cuivre II nécessite un apport de deux électrons.
   $Cu^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Cu$
4. L'obtention d'un ion fer II à partir d'un atome de fer nécessite que l'atome de fer cède deux électrons.
   $Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$
5. L'équation-bilan s'écrit :
   $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$
6. Cette réaction correspond à un transfert d'électrons de l'atome de fer à l'ion cuivre II.
   Le fer cède des électrons, l'ion cuivre capte des électrons.

Activité 4 Définis la notion d'« élément chimique »

Le cuivre est présent dans ce morceau de malachite comme il l'est dans les conducteurs électriques.
À partir de cette constatation, des résultats des activités précédentes, mais aussi de tes connaissances sur les atomes, essaie de préciser ce qu'on entend par « élément chimique ».

1. Rappelle la constitution d'un atome.
2. Documente-toi et décris un atome de cuivre.
3. Recherche ce qui est permanent au cours des transformations chimiques que subit le cuivre dans les activités précédentes.
4. La notion d'élément chimique traduit cette permanence.
   Propose une définition.



Doc. 5 *Malachite.*

Bilan de l'activité

1. Un atome est constitué d'un noyau portant une charge électrique positive et d'un cortège électronique portant une charge électrique négative.
   - Un atome est électriquement neutre : la charge positive du noyau est égale à la charge négative portée par l'ensemble des électrons.
   - Les charges positives sont portées par des particules appelées « protons ». Chaque proton porte une charge +e et chaque électron porte une charge égale à –e.
   - Ainsi, pour un atome, le nombre de protons du noyau est égal au nombre d'électrons du cortège électronique.

Scanné avec CamScanner

2. L'atome de cuivre possède 29 électrons et donc 29 protons dans son noyau.

3. Au cours des transformations chimiques :
- le cuivre peut s'associer à d'autres corps, par exemple l'oxygène dans l'oxyde de cuivre CuO ;
- le cuivre peut être séparé de ses associations avec d'autres corps, par exemple le carbone sépare le cuivre de l'oxygène ;
- l'atome de cuivre peut céder deux électrons et l'ion cuivre II peut capter deux électrons.

- Mais au cours de ces transformations, les noyaux des atomes de cuivre qui réagissent ne sont pas concernés par les réactions.
- Les noyaux des atomes de cuivre sont « permanents ».

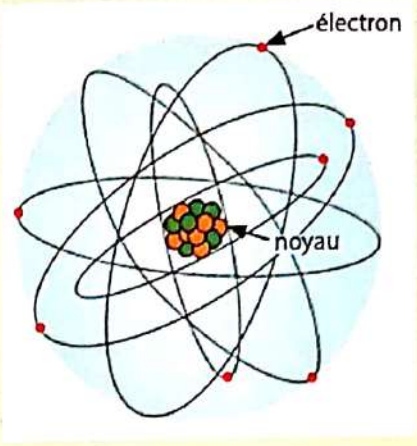


Image symbolique d'un atome.

4. On appelle élément cuivre l'ensemble des entités qui possèdent 29 charges positives dans leur noyau, que celles-ci soient engagées ou non dans des associations, qu'elles aient une structure atomique ou ionique.

- On appelle élément chimique l'ensemble des représentants (atomes ou ions) qui possèdent le même nombre de protons dans leur noyau.

Activité 5 Donne quelques exemples d'« éléments chimiques » et écris leurs symboles

Le cuivre est un élément chimique qui a pour symbole Cu.
Tu as rencontré aux cours de tes études scientifiques de nombreux autres éléments chimiques.

1. Dresse un tableau de ceux que tu connais. Précise leur symbole.

2. Rappelle la règle d'écriture de leurs symboles.

Nom	Symbole
.....	.....
.....	.....
.....	.....

Bilan de l'activité

1.

Nom	Symbole	Nom	Symbole
Aluminium	Al	Fluor	F
Azote	N	Hydrogène	H
Calcium	Ca	Magnésium	Mg
Carbone	C	Mercure	Hg
Chlore	Cl	Oxygène	O
Chrome	Cr	Plomb	Pb
Cuivre	Cu	Sodium	Na
Fer	Fe	Soufre	S

2. La première lettre du symbole est en général la première lettre du nom français, elle est écrite en majuscule droite.
La deuxième lettre du symbole est extraite du nom et s'écrit en minuscule.
Certains symboles sont écrits à partir du nom latin :
- azote (nitrogenium N) ;
- mercure (hydrargyrum Hg) ;
- sodium (natrium Na).

Scanné avec CamScanner

Activité 6 Retrouve et précise la définition de corps pur simple ou composé

1. Explique la différence qui existe entre l'élément oxygène et le gaz oxygène.
Indique si le gaz oxygène est un corps pur simple ou composé.
Indique le nom scientifique qui le désigne.
2. Utilise la notion d'élément pour préciser les notions de :
– corps pur simple ;
– corps pur composé.
Donne des exemples.

Bilan de l'activité

1. L'élément oxygène est l'ensemble des atomes individuels, célibataires ou engagés dans des liaisons, et des ions qui possèdent le nombre caractéristique de huit protons dans leur noyau.
- Le symbole de cet élément est O. Il n'a pas de propriétés physiques définies.
- Le gaz oxygène est constitué de molécules formées de deux atomes de l'élément oxygène. Sa formule est O_2 et son nom est le dioxygène.

2. On appelle corps pur un ensemble d'entités identiques formant une substance matérielle.
Exemples :
– l'eau formée de molécules H_2O ;
– le butane formé de molécules C_4H_{10} ;
– le dichlore formé de molécule Cl_2 ;
– l'ozone formé de molécules O_3.
- Un corps pur est simple si les atomes des molécules sont identiques, c'est-à-dire s'il est formé de représentants d'un seul élément :
– le dioxygène O_2 ;
– l'ozone O_3 ;
– l'octosoufre S_8.
- Un corps pur est composé si les atomes des molécules sont de natures différentes, c'est-à-dire s'il est formé de représentants de plusieurs éléments :
– l'eau H_2O ;
– le trioxyde de soufre SO_3 ;
– l'aspirine $C_9H_8O_4$.

Retiens l'essentiel

- ✔ **On appelle élément chimique l'ensemble des représentants (atomes ou ions) qui possèdent le même nombre de protons dans leur noyau.**
- ✔ **On appelle corps pur une substance formée d'entités identiques.**
- ✔ **Si ces entités sont formées d'un seul élément chimique, le corps pur est simple.**
- ✔ **Si ces entités sont formées de plusieurs éléments chimiques, le corps pur est composé.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis si chacune des propositions est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
L'ensemble des entités caractérisées par le même nombre de protons dans le noyau constitue un élément chimique.		
Un atome d'hydrogène H et un ion hydrogène H^+ sont des représentants du même élément chimique.		
Le symbole chimique de l'élément sodium est So.		
La molécule d'eau est constituée d'atomes appartenant à des éléments chimiques différents.		
La molécule d'azote N_2 est constituée d'un seul élément chimique.		
NO_2 est constitué de trois éléments chimiques.		
Une molécule de CO_2 est constituée de trois atomes.		
Les molécules C_2H_6O et $C_2H_4O_2$ ont sept éléments en commun.		

Exercice 2

Pour chacune des molécules suivantes, précise le nombre d'atomes et le nombre d'éléments qui la composent.

Formule de la molécule	Nombre d'atomes	Nombre d'éléments
H_2O		
Cl_2		
C_3H_8		
C_2H_6O		
HCl		
N_2		
NaClO		

Exercice 3

Tu as étudié précédemment certains oxydes.

1. **Donne le nom et la formule d'oxydes que tu connais.**
   Indique le ou les éléments qu'ils ont en commun.

Tu as étudié précédemment certains hydrocarbures.

2. **Donne le nom et la formule d'hydrocarbures que tu connais.**
   Indique le ou les éléments qu'ils ont en commun.

Exercice 4

Parmi les symboles suivants, détermine ceux qui sont corrects et ceux qui sont incorrects en cochant la case correspondante.

Propose une correction et nomme les éléments alors symbolisés.

Symbole	Correct	Incorrect	Correction	Nom
hg				
FE				
cu				
co				
Si				
CL				
mg				
Pb				
aG				
Al				

Exercice 5

Recherche le symbole de l'or.

Recherche son origine.

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

La formule du propane est C_3H_8.

1. **Écris l'équation-bilan de sa combustion dans le dioxygène.**
2. **Précise quels sont les réactifs et quels sont les produits.**
3. **Recherche le nombre d'éléments présents dans les réactifs.**
4. **Recherche le nombre d'éléments présents dans les produits.**
5. **Recherche le nombre d'atomes de chaque élément présent dans les réactifs.**
6. **Conclus.**

Scanné avec CamScanner

L'évolution de la chimie à travers l'histoire

Nous vivons comme si notre environnement technologique et la connaissance qui lui est associée avaient toujours existé, mais il n'en est rien.

Ainsi, l'aluminium, si banal dans notre quotidien, fut obtenu pour la première fois en 1854, et sa fabrication industrielle ne commença qu'en 1907.

Si l'existence des éléments chimiques nous semble évidente aujourd'hui, il n'en a pas toujours été ainsi.

Cette connaissance fait partie des acquis de l'humanité et s'est construite doucement, siècle après siècle.

Pour les Grecs, il y a 2 500 ans, la matière est un assemblage de quatre éléments : la terre, l'eau, l'air et le feu. On voit ici une prise de conscience des différents états de la matière : solide, liquide, gazeux. Le feu est perçu comme un élément qui préexiste dans la matière combustible et qui est absent dans la matière minérale.

Cette conception atteindra le Moyen Âge occidental qui tentera une synthèse avec l'alchimie moyen-orientale basée sur une conception dualiste mâle-femelle de la matière. Toute matière est une association de soufre (principe mâle) et de mercure (principe femelle).

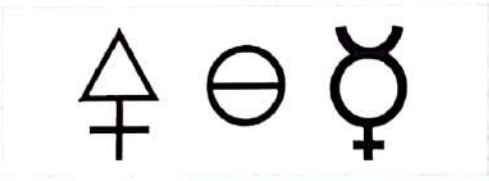
Il faudra attendre le 16e siècle pour que la chimie expérimentale se dégage progressivement des préjugés magiques ou religieux.

La notion d'élément que nous connaissons n'apparaît qu'à la fin du 18e siècle.

Ainsi, le gaz hydrogène ne fut isolé et étudié qu'en 1766 par Cavendish, et nommé hydrogène (qui engendre l'eau) qu'en 1783 par Lavoisier.



Doc. 6 *Objets en aluminium.*



Doc. 7 *Symboles alchimiques : soufre, sel et mercure.*

Il faudra encore presque un siècle pour passer du gaz hydrogène à la compréhension que chacune de ses particules (que nous appelons aujourd'hui molécule) est composée de deux autres particules (que nous appelons atomes).

Enfin, la notion scientifique d'atome et sa représentation seront le lent travail réalisé dans la première moitié du 20e siècle.

La connaissance scientifique est le fruit d'un long travail coopératif.



Doc. 8 *Chimistes d'hier et d'aujourd'hui.*

Scanné avec CamScanner

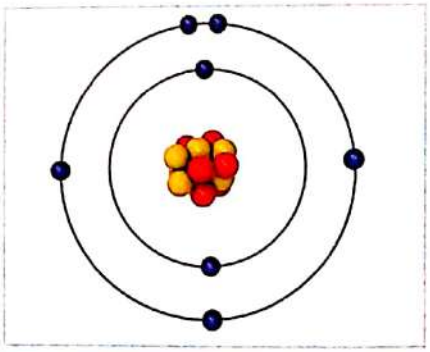
La structure de l'atome

Habiletés et contenus

- ✔ Connaître les constituants d'un atome.
- ✔ Connaître les constituants du noyau de l'atome.
- ✔ Écrire le symbole d'un noyau.
- ✔ Expliquer la structure lacunaire de l'atome.
- ✔ Montrer la neutralité électrique d'un atome.
- ✔ Définir l'isotopie.
- ✔ Déterminer les structures électroniques de quelques atomes.
- ✔ Écrire les représentations de Lewis de quelques atomes.

Découvre le sujet

Au cours de la lecture d'un article scientifique, tu rencontres l'illustration du ***document 1***.
Indique ce qu'elle évoque pour toi.
Nomme si tu le peux les sphères bleues, rouges et jaunes.
Indique si cette illustration est conforme à ce que tu sais.



Doc. 1 *Une représentation très symbolique.*

Développe le sujet

Activité 1 Rappelle les constituants de l'atome

En classe de cinquième, tu as appris à distinguer atomes et molécules.
En classe de quatrième, tu as esquissé la description des atomes.

1. Définis un atome, une molécule.

2. Décris la structure d'un atome et donne ses propriétés que tu connais.

3. Indique comment on schématise un atome.

Bilan de l'activité

1. L'atome est la particule qui caractérise un élément chimique. C'est le constituant élémentaire de la matière ordinaire.

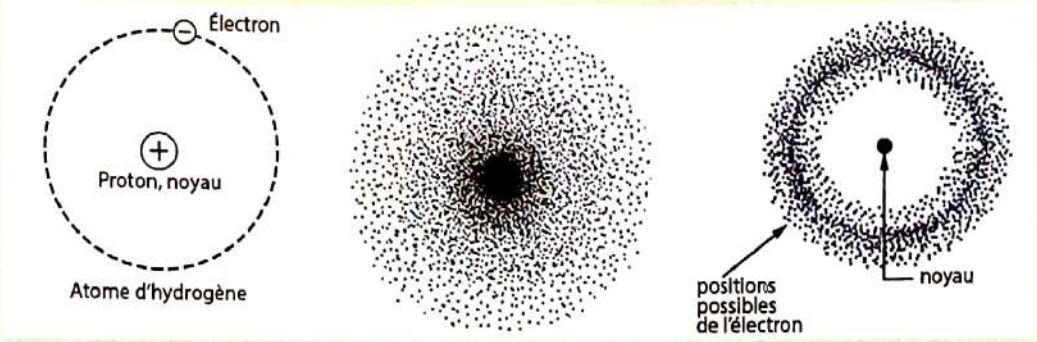
- Une molécule est une entité chimique formée par un assemblage d'atomes liés entre eux.

2. Un atome est formé de deux parties :
– un noyau chargé d'électricité positive ;
– un cortège électronique chargé d'électricité négative.

- Un atome est électriquement neutre, la charge de l'ensemble des électrons est exactement opposée à la charge du noyau.
- Un atome peut céder ou capter un ou plusieurs électrons, il devient alors un ion chargé positivement ou négativement.

Scanné avec CamScanner

3. Les dimensions des électrons et du noyau sont telles qu'aucune représentation schématique à l'échelle n'est possible. Les illustrations ne sont que des images didactiques qui ne traduisent aucune réalité.



Des représentations schématiques d'atomes.

Activité 2 Étudie les constituants du noyau

Le ***document 1*** présente un atome dont le noyau comporte deux types de particules.
Un de ces types symbolise une particule portant une charge positive de valeur $e = 1{,}6.10^{-19}$ C : le proton.
L'autre type symbolise une particule électriquement neutre : le neutron.
Les billes bleues symbolisent des électrons.
Recherche les propriétés dimensionnelles et massiques de ces particules.

Bilan de l'activité

- On trouve dans la littérature ou sur Internet les valeurs résumées dans le tableau ci-dessous.

Particule	Masse (kg)	Charge (C)	Rayon (m)
proton	$1{,}673 \times 10^{-27}$	$1{,}602 \times 10^{-19}$	$0{,}84 \times 10^{-15}$
neutron	$1{,}675 \times 10^{-27}$	0	1×10^{-15}
électron	$9{,}109 \times 10^{-31}$	$-1{,}602 \times 10^{-19}$	$2{,}8 \times 10^{-15}$

- On trouve pour le rayon de l'électron des valeurs variables. Cela dépend de la façon dont on le considère. En mécanique classique, sa valeur admise est de $2{,}8.10^{-15}$ m, en mécanique quantique, on admet qu'elle est inférieure à 10^{-22} m.

Activité 3 Compare les masses et les dimensions des constituants du noyau

1. Déduis de l'électroneutralité de l'atome la relation entre le nombre de protons du noyau et le nombre d'électrons du cortège électronique.
2. Compare la masse du proton à celle du neutron.
3. Compare la masse du proton à celle de l'électron.
4. Compare la masse du noyau à la masse de l'atome.
5. Le plus simple de tous les atomes est celui d'hydrogène. Son rayon vaut $R = 53.10^{-12}$ m. Son noyau comporte un seul proton et il possède un seul électron.
Essaie de représenter l'atome, son noyau et son électron en choisissant une échelle et conclus.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. La charge du proton ayant même valeur absolue que celle d'un électron, le nombre de protons du noyau est égal au nombre d'électrons de l'atome.
2. La masse d'un proton est pratiquement égale à celle d'un neutron.
   Ces particules sont appelées nucléons.
3. Le rapport de la masse du nucléon à la masse de l'électron est égal à 1 836.
   La masse d'un nucléon est environ 2 000 fois plus grande que celle d'un électron.
4. La masse des électrons est le plus souvent négligeable dans le calcul de la masse d'un atome.
   La masse d'un atome est concentrée dans son noyau.
5. Le diamètre du proton vaut $d = 1{,}7.10^{-15}$ m alors que celui de l'atome vaut $D = 106.10^{-12}$ m.
   Le rapport $D/d = 62\,000$.

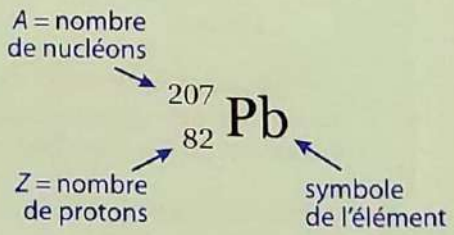
- En représentant le proton par une sphère de 1 mm de diamètre, l'atome d'hydrogène aurait un diamètre de 62 mètres.
- Aucune représentation « réaliste » de l'atome d'hydrogène n'est possible.
- On constate que l'atome d'hydrogène est un espace pratiquement vide. Les deux petites billes de 1 mm représentant les particules proton et électron occuperaient un espace de près de 45 000 m^3.
- L'atome, et plus généralement la matière, a une structure lacunaire.

Activité 4 Découvre la notation d'un atome d'un élément

Chaque élément possède un symbole et est caractérisé par le nombre de protons contenus dans son noyau.
Soit l'élément plomb.
Écris son symbole.
Le noyau contient 82 protons et 125 neutrons.
Détermine le nombre de nucléons du noyau.
Le nombre de protons est noté Z et le nombre de nucléons est noté A.
Écris les valeurs de Z et de A.

Bilan de l'activité

- Le symbole du plomb est Pb.
- Il possède 82 + 125 = 207 nucléons.
  Ainsi Z = 82 et A = 207.
  Z est le nombre de protons, aussi appelé nombre de charge.
  A est le nombre de nucléons, aussi appelé nombre de masse.
- Conventionnellement, on note cet atome comme sur le document ci-contre.



Notation d'un atome.

Activité 5 Découvre la notion d'isotopie

On constate qu'il existe dans la nature quatre noyaux différents possibles pour l'élément plomb.
Ils sont caractérisés par les nombres de nucléons suivants :
A = 204 ; A = 206 ; A = 207 ; A =208.

1. Décris leurs structures.
2. Écris leurs notations symboliques.

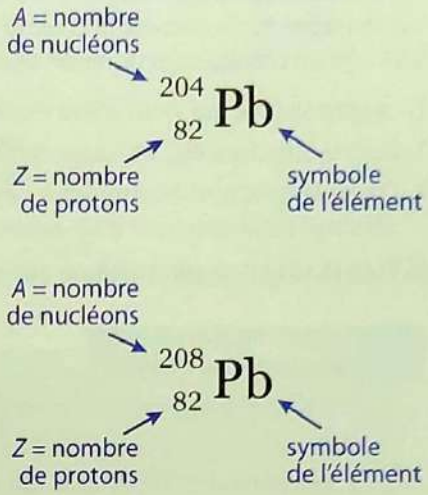
Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Le symbole du plomb demeure Pb.

- Le nombre de protons est caractéristique de l'élément, il est donc constant : Z = 82.
- La différence du nombre de nucléons ne peut venir que des neutrons.
  Ainsi, si A = 204, le nombre de neutrons est :
  N = A – Z ; N = 204 – 82 ; N = 122.
- De même, le plomb 206 possède 124 neutrons, le plomb 207, 125 neutrons et le plomb 208, 126 neutrons.
- Tous ces atomes sont des représentants de l'élément plomb. Ils ont même nombre de protons et même nombre d'électrons dans leur cortège électronique. Ils ne diffèrent que par leur nombre de neutrons, ce sont des isotopes.

2. On les note suivant le principe étudié à l'activité 4.



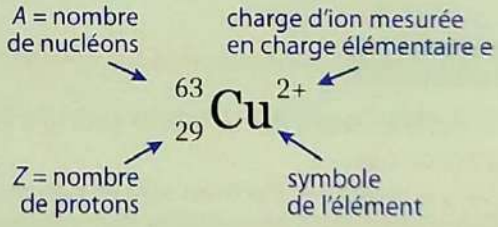
Notation des isotopes.

Activité 6 Établis la notation complète d'un ion

On utilise le même principe de notation lorsque l'on veut décrire complètement un ion.
Écris la notation d'un ion cuivre II correspondant à un noyau possédant 29 protons et 34 neutrons.

Bilan de l'activité

- Pour cet ion :
  – le nombre de protons est Z = 29 ;
  – le nombre de nucléons est A = 29 + 34 ; A = 63.
- La charge de cet ion est deux fois la charge élémentaire e, car l'atome a cédé deux électrons.
- Il possède 29 protons et seulement 27 électrons.
  Sa notation est indiquée sur le document ci-contre.



Notation d'un ion.

Activité 7 Découvre la structure du cortège électronique

Au sein d'un atome, les électrons ne se répartissent pas au hasard, de façon aléatoire.
On observe qu'au fur et à mesure que leur nombre augmente, ils se répartissent sur des couches d'énergie de plus en plus élevées.
Chaque couche possède des propriétés particulières. En dehors de la première, chaque couche possède des sous-couches qui seront étudiées ultérieurement.
La première couche est notée K, la deuxième L, la troisième M et ainsi de suite.
La couche K peut contenir au maximum deux électrons, la couche L, huit électrons, et la couche M, dix-huit électrons.
Une structure électronique d'un atome est notée de la façon suivante :
– on écrit le nom des couches occupées ;
– on les affecte en exposant du nombre d'électrons présents.

Scanné avec CamScanner

Exemple : K^2L^6 signifie que le cortège électronique observé contient :
– 2 électrons sur la première couche K. Elle est saturée ;
– 6 électrons sur la deuxième couche L. Cette couche pourrait encore accepter 2 électrons.
S'il s'agit du cortège électronique d'un atome, celui-ci possède 8 protons dans son noyau, il s'agit de l'oxygène.

En appliquant ce qui vient d'être exposé :

1. Écris la structure électronique de l'atome d'hydrogène.

2. Décris la structure électronique symbolisée par $K^2L^8M^1$.
S'il s'agit de la structure d'un atome, indique le nombre de protons présents dans le noyau.

3. Écris la structure électronique des vingt premiers éléments.

Bilan de l'activité

1. L'atome d'hydrogène ne possède qu'un électron, sa structure s'écrit donc K^1.

2. Cette structure possède n = 2 + 8 + 1 électrons. Soit 11 électrons répartis sur trois couches.
Les deux premières sont saturées.

- L'atome possède donc un noyau à 11 protons.

3. Écrivons les structures des premiers éléments :
– La structure des deux premiers atomes correspondant au remplissage de la première couche est donc : K^1 et K^2.
– La structure des huit suivants correspondant au remplissage de la deuxième couche est : K^2L^1, K^2L^2, K^2L^3, K^2L^4, K^2L^5, K^2L^6, K^2L^7, K^2L^8.
– Puis pour le remplissage de la troisième couche :
$K^2L^8M^1$, $K^2L^8M^2$, $K^2L^8M^3$, $K^2L^8M^4$, $K^2L^8M^5$, $K^2L^8M^6$, $K^2L^8M^7$, $K^2L^8M^8$,
et là apparaît une première anomalie : la couche suivante commence à se remplir avant que la couche M ne soit complète.
– Le remplissage se poursuit ainsi $K^2L^8M^8N^1$, $K^2L^8M^8N^2$, nous arrêterons là pour cette année…

Activité 8 Découvre la représentation de Lewis

La représentation de Lewis de la structure électronique est une convention de schématisation du cortège électronique.
Dans la réalité, les électrons sont en perpétuels mouvements dans l'espace. Dans cette représentation, on les représente immobiles et dans un plan.
Les électrons se répartissent sur plusieurs couches, on ne représente ici que les électrons de la dernière couche. Les électrons internes ne sont pas représentés.
Le symbole de l'élément représente le noyau de l'atome et les couches internes.
Les observations expérimentales montrent que les électrons sur les couches ont tendance à former des paires à partir d'un certain nombre. Pratiquement, on retiendra que pour les couches L et M, les électrons restent « célibataires » ou non appariés pour les quatre premiers, ils commencent à former des paires à partir du cinquième.
Pour la couche K, la formation de paires apparaît dès le deuxième électron.
Ces observations se traduisent par la convention de dessin : un électron non apparié est représenté par un point, une paire d'électrons par un tiret.

Exemples :

a. Représentons le cas de l'élément caractérisé par Z = 13. Il s'agit de l'aluminium de symbole Al.
L'atome possède un cortège électronique de 13 électrons.
Sa structure électronique est $K^2L^8M^3$.

La représentation de Lewis de cet atome est :

Le symbole Al représente le noyau de l'atome et ses couches K et L complètes.
Les trois points représentent les trois électrons non appariés de la couche M.

Scanné avec CamScanner

b. Représentons le cas de l'élément caractérisé par Z = 8. Il s'agit de l'oxygène de symbole O.
L'atome possède un cortège électronique de 8 électrons.
Sa structure électronique est K^2L^6.

La représentation de Lewis de cet atome est : 

Le symbole O représente le noyau de l'atome et sa couche K complète.
Les deux points représentent les deux électrons non appariés de la couche L.
Chaque tiret représente une paire d'électrons.

Avec les mêmes conventions, représente l'atome de carbone pour lequel Z = 6 et celui de l'azote pour lequel Z = 7.

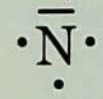
Bilan de l'activité

- L'atome de carbone possède un cortège électronique de 6 électrons.
Sa structure électronique est K^2L^4.
La représentation de Lewis de cet atome est :



Le symbole C représente le noyau de l'atome et sa couche K complète.
Les quatre points représentent les quatre électrons non appariés de la couche L.

- L'atome d'azote possède un cortège électronique de 7 électrons.
Sa structure électronique est K^2L^5.
La représentation de Lewis de cet atome est :



Le symbole N représente le noyau de l'atome et sa couche K complète.
Les trois points représentent les trois électrons non appariés de la couche L.
Le tiret représente une paire d'électrons de la couche L.

Retiens l'essentiel

- ✔ **Un atome est formé d'un noyau et d'un cortège électronique.**
- ✔ **Le noyau de l'atome est formé de nucléons : protons et neutrons.**
- ✔ **Un atome est électriquement neutre : le nombre de protons du noyau est égal au nombre d'électrons du cortège.**
- ✔ **La masse des électrons est très faible par rapport à celle des nucléons. La masse d'un atome est pratiquement égale à la masse de son noyau.**
- ✔ **On note par Z le nombre de protons du noyau et par A son nombre de nucléons.**
- ✔ **Le nombre de protons, Z, caractérise un élément chimique.**
- ✔ **Pour une même valeur de Z, A peut varier du fait de la variabilité du nombre de neutrons, on observe alors des isotopes.**
- ✔ **L'atome possède une structure « lacunaire », c'est-à-dire que l'espace occupé par le noyau et les électrons est négligeable devant l'espace occupé par l'atome.**
- ✔ **Les électrons se répartissent sur des couches et la structure électronique est notée symboliquement soit par une formule électronique, soit par une représentation de Lewis.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. Les briques élémentaires qui constituent la matière ordinaire sont des _____.
2. Les atomes sont électriquement _____.
3. Les atomes sont constitués d'un _____ autour duquel gravitent des _____.
4. Les protons sont des particules constituant le _____, elles sont chargées _____.
5. Les électrons sont des particules chargées _____.
6. La masse des _____ est négligeable devant celle des nucléons.
7. Le nombre de protons est noté _____, le nombre de nucléons est noté _____.

Exercice 2

Dis si chaque proposition est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
L'ensemble des nucléons forme le noyau d'un atome.		
Deux atomes d'un même élément chimique peuvent avoir des noyaux différents.		
Le nombre de nucléons caractérise un élément chimique.		
Le neutron est une particule de masse nulle.		
La masse de l'électron a même valeur que celle du proton.		
Un atome possède 7 protons dans son noyau, sa formule électronique est K^2L^5.		
K^2L^4 est la formule électronique de l'atome de carbone.		
Dans la représentation de Lewis, on dessine toutes les couches électroniques.		

Exercice 3

Les dix premiers éléments sont :

l'hydrogène, l'hélium, le lithium, le béryllium, le bore, le carbone, l'azote, l'oxygène, le fluor et le néon.

1. **Écris leurs formules électroniques.**
2. **Établis leur représentation de Lewis.**

Exercice 4

Les dix éléments suivants sont :

le sodium, le magnésium, l'aluminium, le silicium, le phosphore, le soufre, le chlore, l'argon, le potassium et le calcium.

1. **Écris leurs formules électroniques.**
2. **Établis leur représentation de Lewis.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Réinvestis tes acquis

Exercice 5

La valeur de la charge élémentaire portée par un proton comme par un électron est $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.

1. **Indique l'unité représentée par la lettre C.**
2. **Indique la grandeur qui lui correspond.**

Un ion porte une charge $q = +3{,}2.10^{-19}$ C.

3. **Détermine la forme générale de son symbole.**

La charge de son noyau est égale à $Q = 32.10^{-19}$ C.

4. **Détermine le nombre de protons du noyau. Indique le nom de cet élément.**
5. **Indique alors l'écriture symbolique correcte de son ion.**

Exercice 6

L'atome d'oxygène possède 8 protons et 8 neutrons dans son noyau.

1. **Écris la formule électronique de cet atome.**
2. **Écris la notation complète de cet atome.**
3. **Établis sa représentation de Lewis.**

Exercice 7

L'oxygène peut donner l'ion oxyde couramment noté O^{2-}.

1. **Écris la formule électronique de cet ion.**
2. **Écris la notation complète de cet ion.**
3. **Établis sa représentation de Lewis.**

Exercice 8

Un atome possède un nombre de nucléons A, tel que $A = 2Z + 1$.

La charge totale de son noyau est égale à $Q = 14{,}4.10^{-19}$ C.

1. **Détermine le nombre de protons de son noyau.**
2. **Détermine le nombre de neutrons de son noyau.**
3. **Détermine la formule de son cortège électronique.**
4. **Écris la notation complète de cet atome.**
5. **Établis sa représentation de Lewis.**

Exercice 9

En utilisant les résultats des exercices 3 et 4, associe les atomes qui ont des représentations de Lewis comparables.

Exercice 10

L'atome d'or est caractérisé par les nombres $A = 197$ et $Z = 79$.

1. **Détermine la masse d'un atome d'or.**
2. **Calcule le nombre d'atomes d'or contenus dans une pépite de 1 gramme d'or.**

Exercice 11

Des atomes numérotés de 1 à 9 sont caractérisés par les couples (Z, A) suivants :

1 : (6, 12) ; 2 : (1, 1) ; 3 : (17, 37) ; 4 : (1, 2) ; 5 : (6, 14) ; 6 : (17, 35) ; 7 : (8, 16) ; 8 : (1, 3) ; 9 : (8, 18).

1. **Détermine le nombre d'éléments représentés.**
2. **Détermine et regroupe les isotopes.**
3. **Écris la notation complète de chacun des atomes.**

Scanné avec CamScanner

Des connaissances récentes

Si la notion d'atome est apparue philosophiquement dès l'Antiquité, son existence réelle et la réalité de ses composants sont des connaissances récentes.

L'électron n'est découvert qu'en 1897 par l'Anglais Thompson, qui propose ensuite en 1904 un modèle d'atome conçu comme une boule pleine de substance positive dans laquelle baignent les électrons.

En 1912, le Néo-Zélandais Rutherford prouve expérimentalement la structure lacunaire de la matière. En bombardant une feuille d'or avec des noyaux d'hélium, il constate avec surprise que la feuille d'or est traversée sans encombre par l'immense majorité des particules incidentes.

C'est la découverte du noyau, dense mais très petit, chargé positivement.

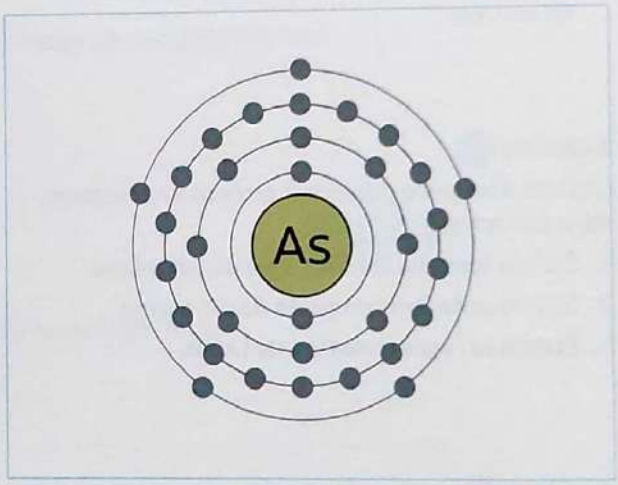
Se construit alors un modèle « planétaire » : les électrons se déplacent autour du noyau comme les planètes autour du Soleil.

La force électrique attractive du noyau sur l'électron joue le rôle de la force de gravitation à l'œuvre pour les planètes.

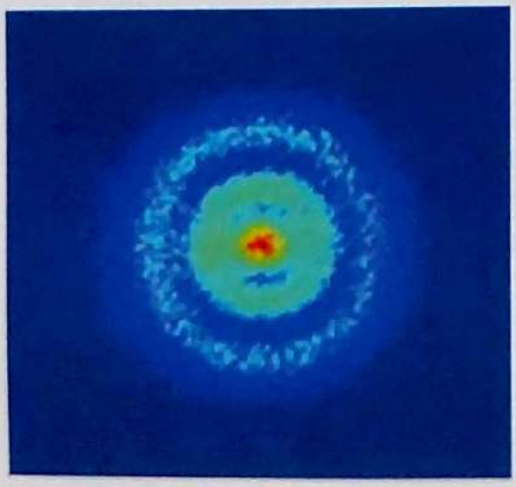
Le Danois Niels Bohr affine en 1913 ce modèle planétaire et en supposant que les électrons ne pouvaient occuper que certaines orbites bien précises, il explique les spectres d'émission de lumière observés.

Le modèle de Bohr est le dernier modèle obéissant à la physique classique.

En 1924, le Français Louis de Broglie postule la dualité onde-particule.



Doc. 2 *L'atome de Bohr. Ici, l'arsenic.*



Doc. 3 *L'atome quantique.*

En 1925, l'Autrichien Pauli postule que deux électrons d'un atome ne peuvent pas être dans le même état quantique.

L'Anglais Dirac, l'Italien Fermi, l'Allemand Planck et tant d'autres conduisent par leurs travaux à l'équation proposée par l'Autrichien Schrödinger qui envisage l'électron par son énergie et sa probabilité de présence en un point de l'espace.

Pour une particule telle que l'électron, il n'est pas possible de déterminer simultanément la position et la vitesse. Le monde quantique impose de nouvelles règles.

Le neutron, aujourd'hui si familier, n'est découvert qu'en 1932 par Chadwick !

Aujourd'hui, les nucléons ne sont plus des particules élémentaires, ils sont constitués de quarks.

Ces quarks n'ont pas encore été observés directement. Qui sait, peut-être seras-tu leur découvreur ?

Scanné avec CamScanner

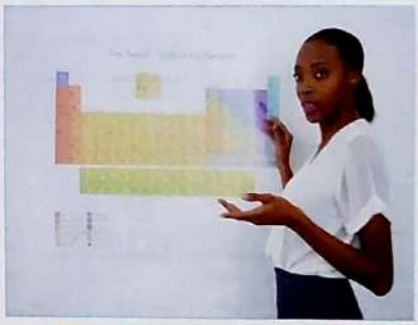
Classification périodique des éléments chimiques

Habiletés et contenus

- ✔ Décrire le tableau de classification périodique des éléments chimiques.
- ✔ Connaître le principe de remplissage du tableau de classification périodique.
- ✔ Indiquer la place d'un élément chimique dans le tableau de classification périodique.
- ✔ Analyser les principales familles du tableau de classification périodique :
  - familles des métaux alcalins ;
  - familles des métaux alcalino-terreux ;
  - familles des halogènes ;
  - familles des gaz rares.
- ✔ Justifier les propriétés chimiques semblables des éléments chimiques d'une même famille.

Découvre le sujet

Cette étudiante indique une case précise d'un tableau qui est présent dans de nombreuses classes de sciences.
Recherche un tableau de ce genre, dans ta classe, dans ton manuel et indique ce que contient la case que l'étudiante pointe avec son stylet.
Décode si possible les renseignements que contient cette case.



Doc. 1 *Une situation d'enseignement.*

Développe le sujet

Activité 1 Décris les grandes propriétés du tableau

Aide-toi du tableau présent page 143.

1. Indique le nom de ce tableau.
2. Indique ce que contient chaque case du tableau.
3. Indique le nombre de lignes du tableau. Précise le nom qu'on leur donne.
4. Indique le nombre de colonnes du tableau. Précise à quoi il peut correspondre.

Bilan de l'activité

1. Ce tableau est appelé « classification périodique des éléments ».
2. Les cases contiennent le nom et le symbole des éléments chimiques. Elles contiennent également le numéro atomique et la masse molaire.
3. Le tableau comporte sept lignes numérotées de I à VII. On observe deux lignes additionnelles mais conservant les numéros VI et VII. Ces lignes sont appelées « périodes ».
4. Le tableau comporte dix-huit colonnes. On observe que ces colonnes ne sont pas complètement remplies pour les trois premières périodes. La première période ne comporte que deux cases et la deuxième que huit cases, ce qui fait penser au nombre d'électrons sur les premières couches.

Scanné avec CamScanner

Classification périodique des éléments

période	I	II	III	IV	V	VI	VII
1	1,0 H Hydrogène						
2	6,9 Li Lithium	4 9,0 Be Béryllium	10,8 B Bore	12,0 C Carbone	14,0 N Azote	16,0 O Oxygène	19,0 F Fluor
3	23,0 Na Sodium	24,3 Mg Magnésium	27,0 Al Aluminium	28,1 Si Silicium	31,0 P Phosphore	32,1 S Soufre	35,5 Cl Chlore
4	39,1 K Potassium	40,1 Ca Calcium	45,0 Sc Scandium	47,9 Ti Titane	50,9 V Vanadium	52,0 Cr Chrome	54,9 Mn Manganèse
5	85,5 Rb Rubidium	87,6 Sr Strontium	88,9 Y Yttrium	91,2 Zr Zirconium	92,9 Nb Niobium	95,9 Mo Molybdène	99 Tc Technétium
6	132,9 Cs Césium	137,3 Ba Baryum	138,9 La Lanthane	178,5 Hf Hafnium	180,9 Ta Tantale	183,9 W Tungstène	186,2 Re Rhénium
7	223 Fr Francium	226 Ra Radium	227 Ac Actinium				

4,0 He Hélium															
20,2 Ne Néon															
39,9 Ar Argon															
83,8 Kr Krypton	58,7 Ni Nickel	63,5 Cu Cuivre	65,4 Zn Zinc	69,7 Ga Gallium	72,6 Ge Germanium	74,9 As Arsenic	79,0 Se Sélénium	79,9 Br Brome							
131,3 Xe Xénon	106,4 Pd Palladium	107,9 Ag Argent	112,4 Cd Cadmium	114,8 In Indium	118,7 Sn Etain	121,8 Sb Antimoine	127,6 Te Tellure	126,9 I Iode							
222 Rn Radon	195,1 Pt Platine	197,0 Au Or	200,6 Hg Mercure	204,4 Tl Thallium	207,2 Pb Plomb	209,0 Bi Bismuth	210 Po Polonium	210 At Astate							
	192,2 Ir Iridium	195 Pt Platine													
	190,2 Os Osmium														
	186,2 Re Rhénium														
	183,9 W Tungstène														
	180,9 Ta Tantale														
	178,5 Hf Hafnium														

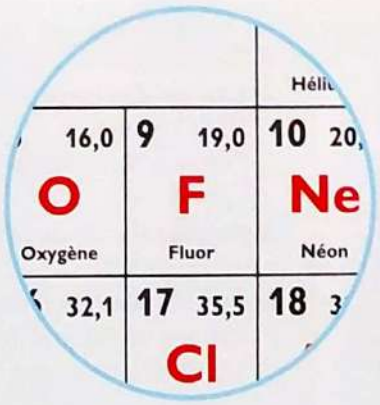
VI	140,1 Ce Cérium	140,9 Pr Praséodyme	144,2 Nd Néodyme	145 Pm Prométhium	150,4 Sm Samarium	152,0 Eu Europium	157,3 Gd Gadolinium	158,9 Tb Terbium	162,5 Dy Dysprosium	164,9 Ho Holmium	167,3 Er Erbium	168,9 Tm Thulium	173,0 Yb Ytterbium	175,0 Lu Lutétium
VII	232,0 Th Thorium	231,0 Pa Protactinium	238,0 U Uranium	237,0 Np Neptunium	242 Pu Plutonium	243 Am Américium	247 Cm Curium	247 Bk Berkélium	251 Cf Californium	254 Es Einsteinium	253 Fm Fermium	256 Md Mendélévium	254 No Nobélium	257 Lr Lawrencium

Scanné avec CamScanner

Activité 2 Décris ce que tu peux lire dans une case

Retrouve la case indiquée par l'étudiante du ***document 1***.

1. Indique le nom de l'élément qu'elle contient.
2. Indique le numéro de la case de cet élément.
   En t'appuyant sur les exemples traités dans les leçons précédentes, détermine à quoi correspond ce numéro.
3. Déduis également de ce numéro de case la formule électronique de cet élément.
4. Dessine sa représentation de Lewis.
5. Cette case comporte également une autre valeur numérique.
   La légende du tableau donne son nom et son unité.
   Précise ce nom et cette unité.



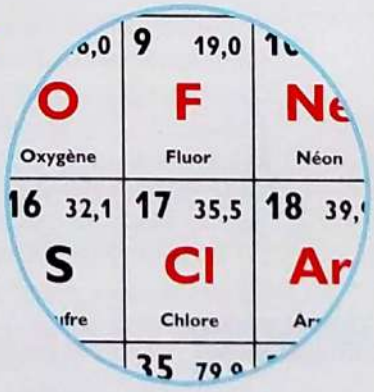
Doc. 2 *La case du fluor.*

Bilan de l'activité

1. Cette case de la classification est celle du fluor de symbole F.
2. Il s'agit de la neuvième case, neuvième élément de la classification.
   Pour cette raison, 9 est le numéro atomique de l'élément fluor.
   Quand on le rapproche de l'élément précédent, l'oxygène, et des résultats de l'activité 8 de la leçon précédente, on constate que ce numéro correspond à Z, le nombre de protons dans le noyau.
   Le numéro atomique est égal à Z, nombre de protons, caractéristique de l'élément.
3. Ce numéro atomique est aussi égal au nombre d'électrons du cortège électronique de l'atome.
   L'atome de fluor possède donc 9 électrons, répartis sur deux couches : 2 sur la couche K, 7 sur la couche L.
   Formule électronique : K^2L^7.
4. Représentation de Lewis : 
5. La valeur 19,0 est la masse molaire atomique en $g.mol^{-1}$.
   Cette nouvelle grandeur sera étudiée dans une prochaine leçon.

Activité 3 Décris l'élément situé dans la case immédiatement sous celle du fluor

1. Indique le nom de l'élément qu'elle contient.
2. Indique le numéro atomique de cet élément.
3. Déduis de ce numéro atomique la formule électronique de cet élément.
4. Dessine sa représentation de Lewis.
5. Conclus.



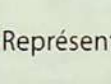
Doc. 3 *La case du chlore.*

Bilan de l'activité

1. Cette case de la classification est celle du chlore de symbole Cl.
2. Le numéro atomique du chlore est Z = 17.
   Le noyau des représentants de cet élément comporte 17 protons.

Scanné avec CamScanner

3. Ce numéro atomique est égal au nombre d'électrons du cortège électronique de l'atome.
L'atome de chlore possède donc 17 électrons, répartis sur trois couches : 2 sur la couche K, 8 sur la couche L et 7 sur la couche M.
Formule électronique : $K^2L^8M^7$.

4. Représentation de Lewis : 

5. On constate que la couche externe de l'atome de chlore a même configuration que la couche externe de l'atome de fluor.
Les deux atomes ont des représentations de Lewis similaires.

Activité 4 Propose les règles qui président à la construction de la classification périodique des éléments

1. Indique où se situe l'élément de numéro atomique Z = 1.
Indique où se situe l'élément de plus grand numéro atomique.
Propose une règle à laquelle obéit l'organisation générale de la classification.
2. Indique la règle de classement des éléments sur une ligne.
3. Indique la règle de changement de période.

Bilan de l'activité

1. L'élément hydrogène, de numéro atomique Z = 1, se situe en haut et à gauche du tableau.
Il est sur la première ligne et dans la première colonne.
L'élément lawrencium, de numéro atomique Z = 103, se situe en bas et à droite du tableau.
Règle : les éléments sont classés dans l'ordre de numéro atomique croissant.
2. Sur une ligne, les éléments sont classés successivement en fonction du remplissage d'une même couche électronique.
3. **Règle : une nouvelle ligne (ou période) du tableau est utilisée chaque fois que la formule électronique fait intervenir une nouvelle couche.**

Attention : une période ne correspond pas à une couche. Une nouvelle période correspond juste au commencement du remplissage d'une nouvelle couche. Ainsi, les éléments 19 et 20, potassium et calcium, de la quatrième période, correspondent au début du remplissage de la couche N, mais les éléments 21 à 30, scandium à zinc, correspondent à la fin du remplissage de la couche M.
Puis les éléments 31 à 36, gallium à krypton, reprennent le remplissage de la couche N.
Toutes ces particularités seront étudiées dans les années suivantes.

Activité 5 Déduis de ces règles de construction l'existence de familles d'éléments

1. Nomme les quatre premiers éléments de la première colonne.
2. Établis la formule électronique de ces éléments.
3. Indique si tu peux mettre en évidence une propriété commune.
4. Indique comment cela se traduit en représentation de Lewis.
5. Recherche les éléments qui ont deux électrons sur leur couche externe.
6. Recherche les éléments qui ont une couche externe complète.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Les éléments sont l'hydrogène, le lithium, le sodium, le potassium.

2. Formules électroniques :
- H : K^1
- Li : $K^2 L^1$
- Na : $K^2 L^8 M^1$
- K : $K^2 L^8 M^8 N^1$

3. Tous ces éléments ont une couche externe ne comportant qu'un seul électron.

4. Les représentations de Lewis sont similaires.
Tous ces atomes ont donc une couche électronique externe de même nature. Cela se traduit par des propriétés chimiques voisines.
En dehors de l'hydrogène, le plus petit des atomes ayant des propriétés spécifiques, les éléments de la première colonne sont des métaux.
On leur attribue le nom de métaux alcalins car leurs oxydes ont des propriétés basiques. Ils présentent des réactions chimiques comparables et forment ce qu'il est convenu d'appeler la « famille des métaux alcalins ». Les autres membres de la famille sont le rubidium, le césium et le francium.

5. Les éléments qui présentent deux électrons sur leur couche externe sont ceux de la deuxième colonne de la classification.

6. Les éléments qui présentent une couche externe complète sont ceux de la dernière colonne.
Il existe ainsi d'autres familles remarquables :
- Les éléments de la deuxième colonne, du béryllium au radium, qui présentent une couche externe à deux électrons forment la famille des métaux alcalino-terreux.
- Les éléments de l'avant-dernière colonne, du fluor à l'astate, qui présentent une couche externe à sept électrons forment la famille des halogènes.
- Les éléments de la dernière colonne, du néon au radon, qui présentent une couche externe à huit électrons forment la famille des gaz nobles ou gaz rares ou gaz inertes avec l'hélium qui en possède deux.

Les éléments d'une même famille réagissent chimiquement de façons très proches.

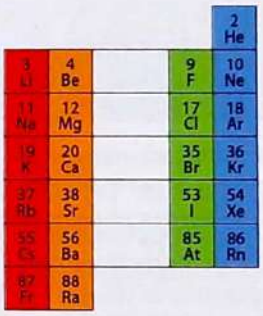
H•

Li•

Na•

K•

Les éléments de la première colonne, représentation de Lewis.



Les grandes « familles ».

Retiens l'essentiel

- ✔ La classification périodique des éléments regroupe tous les éléments connus et les ordonne par ordre de numéro atomique croissant.
- ✔ Le tableau utilise une nouvelle période (ligne) chaque fois que la formule électronique fait intervenir une nouvelle couche.
- ✔ Les éléments dont les atomes ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe sont ainsi classés dans une même colonne. Ils forment une « famille d'éléments chimiques ».
- ✔ Les éléments de la première colonne qui possèdent un seul électron sur la couche externe forment les alcalins.
- ✔ Les éléments de la deuxième colonne qui possèdent deux électrons sur la couche externe forment les alcalino-terreux.
- ✔ Les éléments de l'avant-dernière colonne qui possèdent sept électrons sur la couche externe forment les halogènes.
- ✔ Les éléments de la dernière colonne qui possèdent huit électrons (deux seulement pour l'hélium) sur la couche externe forment les gaz rares.
- ✔ Les atomes des éléments d'une même famille ont des propriétés chimiques voisines.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Les éléments sont rangés dans la classification périodique en fonction de la date de leur découverte.		
Deux isotopes d'un même élément ont des numéros atomiques différents.		
Le numéro atomique renseigne sur le nombre de neutrons du noyau.		
Le numéro atomique permet d'obtenir la formule électronique d'un atome.		
Deux éléments d'une même famille sont situés sur une même ligne de la classification.		
L'élément de numéro atomique immédiatement supérieur à celui d'un gaz rare commence une nouvelle période.		
Les éléments de la première ligne possèdent tous un seul électron sur la couche externe.		
Les éléments de la première colonne possèdent tous une seule couche électronique.		

Exercice 2

Utilise la classification périodique et écris les formules électroniques des atomes des éléments de numéro atomique :

$Z = 6$ ..... $Z = 14$ .....

$Z = 8$ ..... $Z = 16$ .....

Exercice 3

1. **Dessine les représentations de Lewis des atomes des éléments de l'exercice 2.**
2. **Indique s'ils appartiennent à une même famille ou à des familles différentes.**

Réinvestis tes acquis

Exercice 4

Détermine le nom et le symbole de l'élément dont l'atome possède trois couches électroniques et trois électrons sur sa couche externe.

Exercice 5

Utilise une classification périodique et détermine le nom et le symbole des atomes dont la structure électronique est :

K^2 .....

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

$K^2L^8M^6$ .....

$K^2L^8M^2$ .....

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

K^2L^1 .....

Exercice 6

Un ion noté X^+ a pour formule électronique K^2L^8.

Détermine le symbole et le nom de X.

Exercice 7

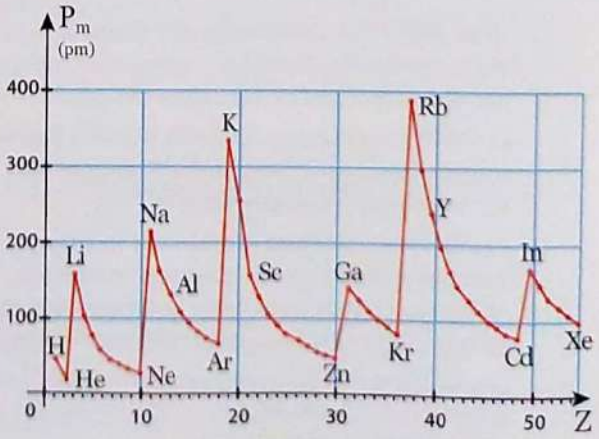
Un ion noté X^- a pour formule électronique K^2L^8.

Détermine le symbole et le nom de X.

Exercice 8

La courbe ci-dessous indique l'évolution du rayon des atomes en fonction de leur numéro atomique.

1. **Indique si le rayon atomique augmente régulièrement avec le numéro atomique.**
2. **Indique à quelle famille appartiennent les atomes ayant les plus grands rayons.**
3. **Indique à quelle famille appartiennent les atomes de plus petits rayons.**
4. **Indique à quoi correspondent pour la classification périodique les importantes variations de rayon.**



Scanné avec CamScanner

L'histoire de la classification

L'idée de la classification des éléments est ancienne.

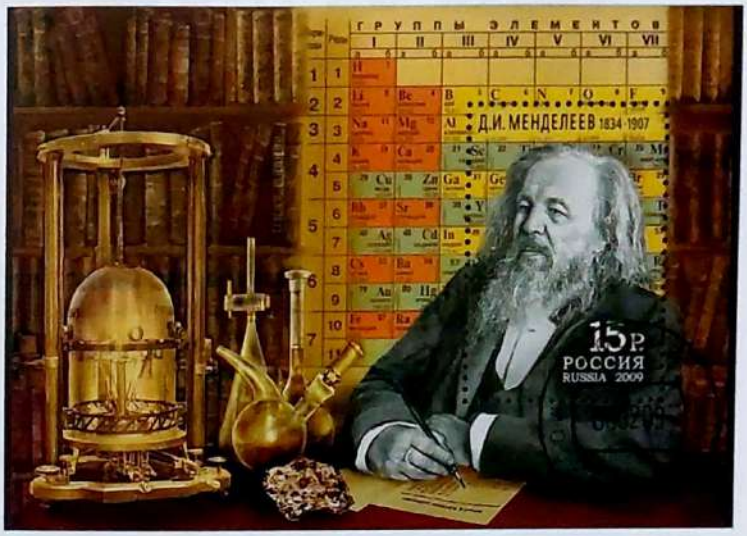
Les alchimistes antiques ou du Moyen Âge ont perçu très tôt que des corps différents avaient des propriétés voisines.

Il était alors tentant de les regrouper dans des « familles ».

Le même désir de classement par familles a entraîné les chimistes modernes à vouloir classer les éléments.

Il était assez simple de percevoir la proximité chimique des éléments lithium, sodium et potassium, ou d'apparenter le fluor, le chlore et le brome mais cela l'était moins pour de nombreux autres éléments.

Diverses tentatives eurent lieu.



Doc. 4 *Dmitri Mendeleïev (1834-1907).*

La première de l'histoire est celle d'Antoine-Laurent de Lavoisier en 1789. Il classa les 37 éléments connus à son époque en fonction de leur comportement chimique.

Mais la première classification vraiment efficace est celle du chimiste russe Dmitri Mendeleïev.

Il publia en 1869 un tableau avec la soixantaine d'éléments connus à l'époque en les classant par ordre de masse atomique croissante et tenant compte de la proximité de comportement chimique.

L'intérêt de ce tableau était qu'il était à la fois explicatif et prédictif (Mendeleïev prédisant l'existence d'éléments encore inconnus pour remplir les espaces vacants de son tableau).

Les découvertes progressives de ces éléments assurèrent le succès du tableau du savant russe.

Le tableau de Mendeleïev comportait une colonne de moins que le tableau actuel car à l'époque, on ignorait l'existence des gaz rares.

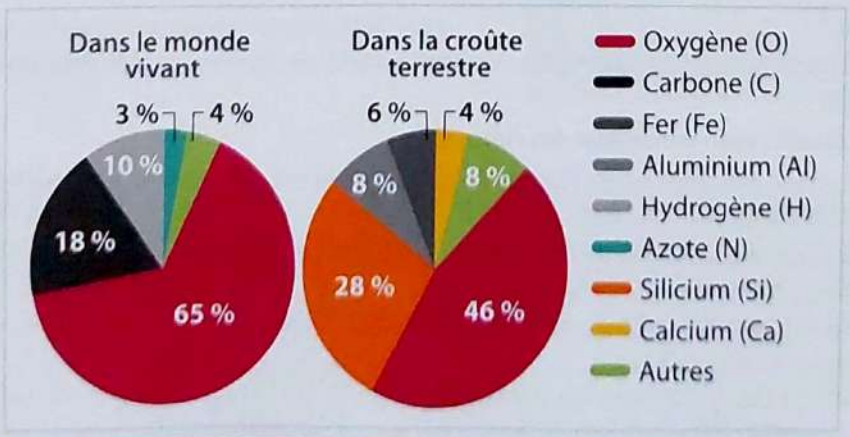
La classification actuelle repose sur le numéro atomique et non sur la masse atomique, elle n'est donc plus tout à fait celle de Mendeleïev.

Le tableau actuel comporte 118 éléments dont seulement 94 existent sur Terre.

Les autres ont été obtenus en laboratoire.

Sur les 94 éléments naturels, certains n'existent qu'à l'état de trace.

Sur les 24 éléments fabriqués par l'homme, beaucoup n'ont qu'une durée de vie de quelques millisecondes. Difficile donc de faire de la chimie avec eux !



Doc. 5 *Abondance comparée des éléments sur Terre et dans le monde vivant.*

Scanné avec CamScanner

Ions et molécules

Habiletés et contenus

- ✔ Énoncer la règle de l'octet.
- ✔ Interpréter l'évolution chimique des atomes vers les ions monoatomiques.
- ✔ Écrire :
  – la formule de quelques ions monoatomiques ;
  – la formule de quelques ions polyatomiques.
- ✔ Expliquer la formation des molécules.
- ✔ Définir la liaison de covalence.
- ✔ Donner les représentations de Lewis de quelques molécules.
- ✔ Distinguer :
  – un corps pur simple d'un corps pur composé ;
  – un corps pur d'un mélange.
- ✔ Écrire les formules développées de quelques molécules.
- ✔ Écrire les formules statistiques de quelques composés ioniques.
- ✔ Différencier un composé ionique d'un composé moléculaire.

Découvre le sujet

Le sel de cuisine est un produit naturel. Il est formé des ions Na^+ et Cl^-.
Avec tes camarades, tu te demandes pourquoi les ions Na^+ et Cl^- sont si abondants sur Terre alors qu'il est impossible d'y trouver un atome de sodium ou un atome de chlore.
Fais bien la distinction entre atome et ion.



Doc. 1 *Chlorure de sodium extrait de l'eau de mer.*

Développe le sujet

Activité 1 Étudie l'exemple du chlorure de potassium

Le chlorure de potassium est un solide blanc souvent associé au chlorure de sodium. Il est composé des ions K^+ et Cl^-.

En utilisant la classification périodique des éléments :

1. Indique la formule électronique de l'atome de potassium et celle de l'atome de chlore.
   Réalise leur représentation de Lewis.
2. Indique la formule électronique de l'ion potassium et celle de l'ion chlorure.
   Réalise leur représentation de Lewis.
3. Indique la formule électronique de l'atome d'argon.
   Réalise sa représentation de Lewis.
4. Conclus.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. L'atome de potassium a pour formule électronique :
$K^2L^8M^8N^1$
L'atome de chlore a pour formule électronique :
$K^2L^8M^7$

Les représentations de Lewis sont : $K^{\bullet}$ $|\underline{\overline{Cl}}|^{\bullet}$

2. L'ion potassium est issu d'un atome de potassium ayant cédé un électron, sa formule électronique est :
$K^2L^8M^8$
L'ion chlorure est issu d'un atome de chlore ayant capté un électron, sa formule électronique est :
$K^2L^8M^8$

Les représentations de Lewis sont : $|\underline{\overline{K}}|^{+}$ $|\underline{\overline{Cl}}|^{-}$

3. L'atome d'argon a pour formule électronique :
$K^2L^8M^8$

Sa représentation de Lewis est : $|\underline{\overline{Ar}}|$

4. On constate que le potassium acquiert la structure électronique du gaz rare le plus proche, l'argon, par perte d'un électron.
On constate que le chlore acquiert la structure électronique du gaz rare le plus proche, l'argon, par gain d'un électron.
Les gaz rares sont également appelés gaz inertes car, très stables, ils ne présentent pratiquement pas de réactivité chimique.

En acquérant la structure électronique d'un gaz rare par perte ou gain d'un électron, le potassium et le chlore produisent des ions d'une grande stabilité, présentant peu de réactivité chimique.

Activité 2 Étudie l'exemple du lithium

Le lithium est un métal alcalin très réactif. On le conserve dans une huile spéciale. Il réagit aussi bien avec l'air qu'avec l'eau. Dans la nature, on ne le trouve que sous forme ionique Li^+ associé à un anion assurant l'électroneutralité de la matière.

1. Indique la structure électronique de l'atome de lithium et celle de l'ion lithium.

2. Conclus.



Doc. 2 Lithium.

Bilan de l'activité

- L'atome de lithium a pour formule électronique :
K^2L^1
- L'ion lithium provient d'un atome de lithium ayant cédé un électron, sa formule électronique est :
K^2
- On constate que le lithium acquiert la structure électronique du gaz rare le plus proche : l'hélium.
- En acquérant la structure électronique de l'hélium par perte d'un électron, le lithium produit un ion d'une grande stabilité, présentant peu de réactivité chimique.

Scanné avec CamScanner

Activité 3 Généralise tes études précédentes

Tu as déjà rencontré d'autres ions : l'ion oxyde, l'ion sulfure, l'ion calcium, l'ion magnésium, etc.
Retrouve leur formule et vérifie que l'on passe de l'atome à l'ion par perte ou gain d'électrons mais qui visent toujours à acquérir la structure du gaz rare le plus proche.

Remarque : les ions des métaux de transition comme le fer, le cuivre, ne répondent pas à cette règle. Ils seront étudiés ultérieurement.

Bilan de l'activité

- Les ions O^{2-}, F^-, Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+} ont la structure électronique K^2L^8 du néon.
- Les ions S^{2-}, Cl^-, K^+, Ca^{2+} ont la structure électronique $K^2L^8M^8$ de l'argon.
  Règle : les atomes ont tendance à acquérir, lorsque cela est possible, une structure externe en octet constituée de quatre doublets d'électrons.
  Pour les atomes voisins de l'hélium, la structure électronique stable est un duet constitué d'un doublet d'électrons.
- L'expérience montre que cette structure, qui est celle des gaz inertes, est plus stable que la structure électronique d'origine.

Activité 4 Établis la formule chimique de composés ioniques

1. Tu trouves dans la pharmacie familiale un sachet sur lequel est indiqué chlorure de magnésium.
Détermine la formule électronique des atomes concernés.
Déduis alors la nature des ions qu'ils peuvent donner.
Détermine la formule chimique du chlorure de magnésium.

2. Détermine de même la formule chimique du sulfure d'aluminium.



Doc. 3 *Des sachets de chlorure de magnésium.*

Bilan de l'activité

1. Ce composé est formé des ions chlorure et des ions magnésium.

- La classification périodique nous indique la formule électronique des atomes de chlore et de magnésium :
  Cl : $K^2L^8M^7$
  Mg : $K^2L^8M^2$
- La règle de l'octet nous indique que ces atomes vont donner des ions pour obtenir une couche externe à 8 électrons.
  L'atome de chlore capte un électron et l'atome de magnésium en cède deux.
  On obtient les ions Cl^- et Mg^{2+}.
  Le composé chimique doit être électriquement neutre. Il faut donc deux ions chlorure pour un ion magnésium. La formule du chlorure de magnésium est donc : $(Mg^{2+}, 2Cl^-)$ sous forme ionique, ou $MgCl_2$ sous forme classique.

2. Ce composé est formé des ions sulfure et des ions aluminium.

- La classification périodique nous indique la formule électronique des atomes de soufre et d'aluminium :
  S : $K^2L^8M^6$
  Al : $K^2L^8M^3$

Scanné avec CamScanner

- La règle de l'octet nous indique que ces atomes vont donner des ions pour obtenir une couche externe à 8 électrons.
L'atome de soufre capte deux électrons et l'atome d'aluminium en cède trois.
On obtient les ions S^{2-} et Al^{3+}.
Le composé chimique doit être électriquement neutre. Il faut donc trois ions sulfure pour deux ions aluminium.
La formule du sulfure d'aluminium est donc : ($2\ Al^{3+}$, $3\ S^{2-}$) sous forme ionique, ou Al_2S_3 sous forme classique.

Activité 5 Découvre une autre façon de satisfaire les règles du duet et de l'octet

1. L'hydrogène gazeux n'est pas atomique, il est formé de molécules de dihydrogène, de formule H_2.
La non-existence d'atomes libres d'hydrogène dans notre environnement terrestre prouve que, dans ces conditions, le dihydrogène moléculaire est plus stable que l'hydrogène atomique.
Étudie la formule électronique de l'atome d'hydrogène et détermine comment la règle de stabilité, ici du duet, peut être satisfaite dans la molécule de dihydrogène.

2. Le chlore gazeux n'est pas atomique, il est formé de molécules de dichlore, de formule Cl_2.
La non-existence d'atomes libres de chlore prouve que le dichlore moléculaire est plus stable que le chlore atomique.
Étudie la formule électronique de l'atome de chlore et détermine comment la règle de stabilité de l'octet peut être satisfaite dans la molécule de dichlore.



Doc. 4 *Un distributeur de dihydrogène.*

Bilan de l'activité

1. L'atome d'hydrogène est le plus simple de tous. Son noyau comporte un seul proton et son cortège un seul électron.

- Sa formule électronique est K^1 et sa représentation de Lewis est : $H^{\bullet}$

- Dans la molécule H_2, deux atomes mettent en commun leurs électrons, ce qui forme un doublet partagé. Ainsi, chaque atome atteint une structure stable en duet comme l'atome d'hélium.
Le doublet mis en commun est un doublet qui lie les deux atomes d'hydrogène. C'est un **doublet liant** ou **doublet de liaison**.

$$H{\bullet\bullet}H \qquad H{:}H \qquad H-H$$

Le tiret entre les deux symboles H représente le doublet de liaison.

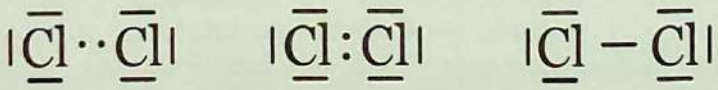
2. L'atome de chlore a pour numéro atomique $Z = 17$. Son noyau comporte 17 protons et son cortège 17 électrons.

- Sa formule électronique est $K^2L^8M^7$ et sa représentation de Lewis est : $|\overline{\underline{Cl}}^{\bullet}$

- Dans la molécule Cl_2, deux atomes mettent en commun leur électron non apparié (on dit aussi « célibataire »), ce qui forme un doublet partagé. Ainsi, chaque atome atteint une structure stable en octet comme l'atome d'argon.

Scanné avec CamScanner

Le doublet mis en commun est un doublet qui lie les deux atomes de chlore. C'est un **doublet liant** ou **doublet de liaison**.



Le tiret entre les deux symboles Cl représente le doublet de liaison.

- Cette mise en commun de doublet d'électrons forme une **liaison covalente**.
- Une liaison covalente consiste en la mise en commun par deux atomes d'un doublet d'électrons appelé doublet de liaison ou doublet liant.
- Le doublet mis en commun doit être pris en compte dans le total des électrons de chacun des atomes. Ainsi, tout se passe comme si chaque atome avait une structure électronique en octet, identique à celle d'un gaz noble.

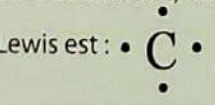
Activité 6 Généralise la notion de liaison covalente et découvre la notion de valence

1. Écris la formule électronique de l'atome de carbone.
Établis sa représentation de Lewis.
Écris la formule électronique de l'atome d'hydrogène.
Établis sa représentation de Lewis.
Explique la structure du méthane de formule brute CH_4.

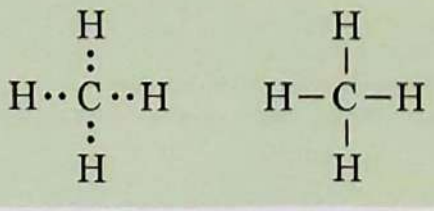
2. L'oxygène gazeux n'est pas atomique, il est formé de molécules de dioxygène, de formule O_2.
La non-existence d'atomes libres d'oxygène prouve que le dioxygène moléculaire est plus stable que l'oxygène atomique.
Étudie la formule électronique de l'atome d'oxygène et détermine comment la règle de stabilité de l'octet peut être satisfaite dans la molécule de dioxygène.

3. L'azote gazeux n'est pas atomique, il est formé de molécules de diazote, de formule N_2.
La non-existence d'atomes libres d'azote prouve que le diazote moléculaire est plus stable que l'azote atomique.
Étudie la formule électronique de l'atome d'azote et détermine comment la règle de stabilité de l'octet peut être satisfaite dans la molécule de diazote

Bilan de l'activité

1. L'atome de carbone, de numéro atomique Z = 6, a pour formule électronique K^2L^4 et sa représentation de Lewis est : 

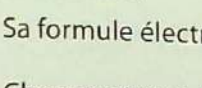
- L'atome d'hydrogène a pour formule électronique K^1 et sa représentation de Lewis est : 
- L'atome d'hydrogène doit gagner un électron pour satisfaire la règle du duet, et l'atome de carbone doit en gagner quatre pour satisfaire la règle de l'octet.
- L'atome d'hydrogène peut créer une liaison covalente, l'atome de carbone peut en créer quatre.



Scanné avec CamScanner

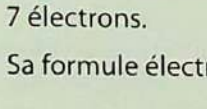
Dans cette structure moléculaire, le carbone acquiert une couche externe en octet et l'hydrogène une couche externe en duet.
L'atome de carbone peut donner quatre liaisons covalentes.

2. L'atome d'oxygène a pour numéro atomique Z = 8. Son noyau comporte 8 protons et son cortège 8 électrons.

- Sa formule électronique est K^2L^6 et sa représentation de Lewis est : 
- Chaque atome d'oxygène possède deux électrons non appariés. Chacun d'eux peut former une liaison covalente.
- Dans la molécule O_2, deux atomes mettent en commun leurs électrons non appariés, ce qui forme deux doublets partagés. Ainsi chaque atome atteint une structure stable en octet comme l'atome de néon.
- Les doublets mis en commun lient les deux atomes d'oxygène. Il se forme une double liaison covalente.



3. L'atome d'azote a pour numéro atomique Z = 7. Son noyau comporte 7 protons et son cortège 7 électrons.

- Sa formule électronique est K^2L^5 et sa représentation de Lewis est : 
- Chaque atome d'azote possède trois électrons non appariés. Chacun d'eux peut former une liaison covalente.
- Dans la molécule N_2, deux atomes mettent en commun leurs électrons non appariés, ce qui forme trois doublets partagés. Ainsi, chaque atome atteint une structure stable en octet comme l'atome de néon.
- Les doublets mis en commun lient les deux atomes d'azote. Il se forme une triple liaison covalente.



- Dans une molécule, les atomes sont liés par des liaisons covalentes. Celles-ci peuvent être multiples.
- On appelle **valence** d'un élément, le nombre de liaisons covalentes qu'un de ses atomes peut établir. Ainsi, la valence de l'hydrogène est 1, la valence de l'oxygène est 2, la valence de l'azote est 3 et celle du carbone est 4.
- Conventions pour la représentation de Lewis des molécules :
  - Le symbole de l'élément représente le noyau de l'atome et les couches internes d'électrons.
  - Les doublets d'électrons des couches externes sont représentés par des tirets.
  - Un doublet liant est représenté par un tiret entre les deux symboles (qui lie les atomes).
  - Un doublet non liant d'un atome est représenté par un tiret autour du symbole de l'atome.

Activité 7 Étudie la structure de quelques ions polyatomiques

Tu as déjà rencontré de nombreux ions polyatomiques. Comment expliquer leur stabilité ?

Étudie quelques exemples.

1. Détermine la structure de l'ion hydroxyde HO^-.
Pour cela, écris les formules électroniques des atomes concernés et leurs représentations de Lewis.

2. Détermine la structure de l'ion H_3O^+. Son nom d'usage est ion hydronium et le nom recommandé est ion oxonium.
Établis d'abord la structure moléculaire de la molécule d'eau.
L'ion s'obtient par une protonation de cette molécule.

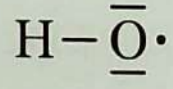
Scanné avec CamScanner

3. Détermine la structure de l'ion ammonium NH_4^+.
Établis d'abord la structure de la molécule d'ammoniac NH_3.
Indique comment l'on passe de la molécule NH_3 à l'ion ammonium.

Bilan de l'activité

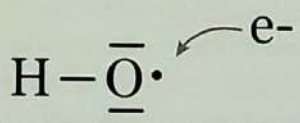
1. L'atome d'oxygène a pour numéro atomique Z = 8.

- Sa formule électronique est K^2L^6 et sa représentation de Lewis est : 
- L'atome d'hydrogène a pour formule électronique K^1 et sa représentation de Lewis est : 
- Chaque atome d'oxygène possède deux électrons non appariés. Chacun d'eux peut former une liaison covalente.
  L'atome d'hydrogène ne peut former qu'une seule liaison covalente.
- La structure de l'association HO est ainsi :

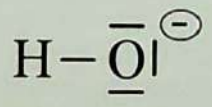


Cette structure est électriquement neutre. L'atome d'hydrogène possède ainsi une structure en duet, mais l'atome d'oxygène n'a pas acquis une structure en octet, il lui manque un électron.

- Cet électron est capté aux dépens d'une autre structure.

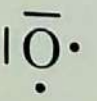


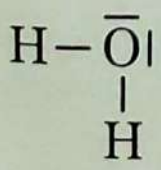
La structure devient alors :



- L'oxygène atteint ainsi une structure en octet. La structure est stable mais elle n'est plus neutre. Elle comporte un électron supplémentaire par rapport au nombre de protons des noyaux.
  Il s'agit d'un ion portant une charge négative excédentaire. Celle-ci est portée par l'oxygène.
  D'où la notation HO^- de l'ion hydroxyde.

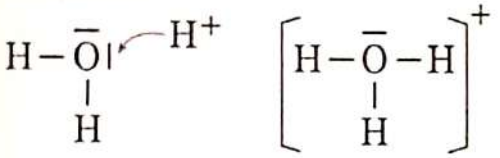
2. L'atome d'oxygène a pour numéro atomique Z = 8.

- Sa formule électronique est K^2L^6 et sa représentation de Lewis est : 
- L'atome d'hydrogène a pour formule électronique K^1 et sa représentation de Lewis est : 
- Chaque atome d'oxygène possède deux électrons non appariés. Chacun d'eux peut former une liaison covalente.
  L'atome d'hydrogène ne peut former qu'une seule liaison covalente.
  La structure de la molécule H_2O est ainsi :



Scanné avec CamScanner

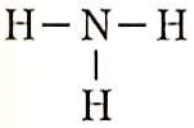
- La protonation consiste en la captation d'un proton, c'est-à-dire d'un noyau d'atome d'hydrogène. Ce proton vient se lier à un doublet non liant de l'atome d'oxygène. Il acquiert ainsi une structure en duet, stable.



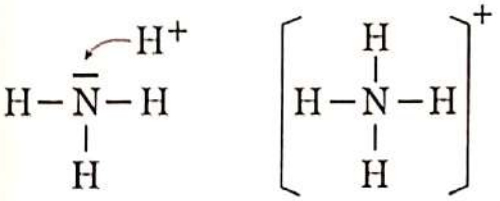
- La liaison qui s'établit est particulière puisqu'il s'agit de la mise en commun d'un doublet liant, mais le doublet est fourni par un seul atome.

3. L'atome d'azote a pour numéro atomique Z = 7.

- Sa formule électronique est K^2L^5 et sa représentation de Lewis est : $\cdot\overline{\underset{\cdot}{N}}\cdot$
- Chaque atome d'azote possède trois électrons non appariés. Chacun d'eux peut former une liaison covalente.
- L'atome d'hydrogène a pour formule électronique K^1 et sa représentation de Lewis est : $H\cdot$
- Il ne peut établir qu'une seule liaison covalente.
- La molécule d'ammoniac a donc pour structure :



- On passe de la molécule NH_3 à l'ion ammonium NH_4^+ par protonation :



- Le proton vient se fixer sur un doublet non liant de l'atome d'azote, le transformant ainsi en un doublet liant.
- Les structures stables, en duet ou en octet, sont satisfaites pour tous les éléments, mais globalement, la structure est un ion portant une charge positive.

Activité 8 Étudie la structure géométrique de quelques molécules

Tu disposes d'une boîte de modèles moléculaires.

1. Identifie les différents modèles d'atomes disponibles par leur couleur.

2. Construis les modèles des molécules :
- d'eau : H_2O ;
- d'ammoniac : NH_3 ;
- de méthane : CH_4.

3. Indique pour chacune d'elles la forme donnée par les modèles.

4. Propose une explication à ces différentes formes géométriques.

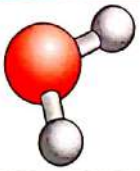
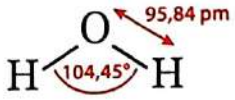
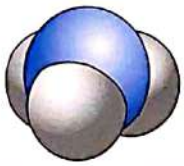
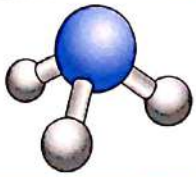
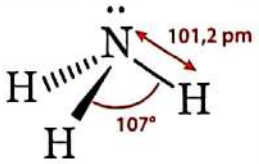
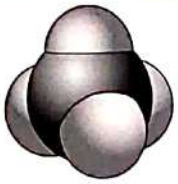
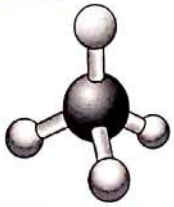
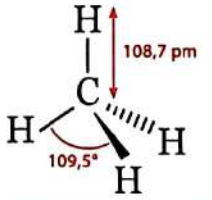


Doc. 5 *Utilisation de modèles moléculaires.*

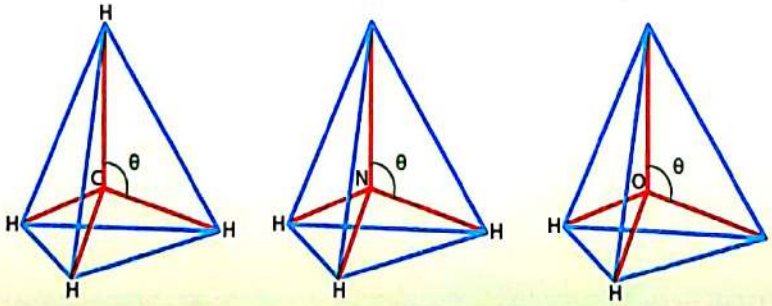
Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Il existe deux types de modèles moléculaires :
  – Le modèle compact fournit une idée de la forme et du volume occupé par la molécule.
  – Le modèle éclaté fournit des précisions sur les directions des liaisons entre les atomes.
  Les structures obtenues sont représentées ci-dessous.

Molécule	Modèle compact	Modèle éclaté	Angles
Eau			
Ammoniac			
Méthane			

- On constate que la molécule d'eau est coudée, que la molécule d'ammoniac est pyramidale et que la molécule de méthane est tétraédrique.
- On constate des valeurs d'angles très voisines d'une structure à l'autre. Ces faibles variations de la valeur des angles ne sont pas mises en évidence par les modèles utilisés.
- En fait, toutes ces structures obéissent à un même principe. Il faut se représenter l'atome central comme porteur de quatre doublets d'électrons qui se répartissent à la surface d'une sphère en étant éloignés les uns des autres le plus possible.
- On arrive alors à la structure tétraédrique pour les doublets d'électrons, qu'ils soient liants ou non liants.



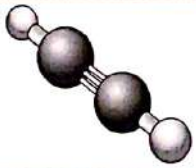
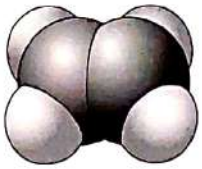
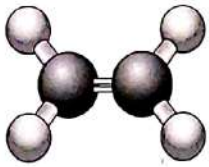
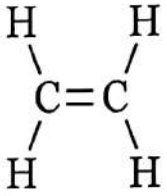
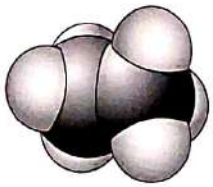
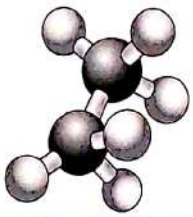
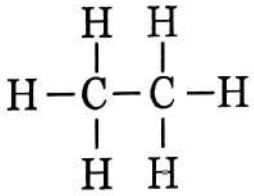
Activité 9 Compare la structure géométrique de quelques molécules à leurs représentations de Lewis

1. Réalise les modèles moléculaires des molécules :
- l'éthyne C_2H_2
- l'éthène C_2H_4
- l'éthane C_2H_6

2. Dessine leurs représentations de Lewis.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

Molécule	Modèle compact	Modèle éclaté	Représentation de Lewis
Éthyne			
Éthène			
Éthane			

- La molécule d'éthyne est linéaire, celle d'éthène est plane et celle d'éthane est doublement tétraédrique.
- On observe entre les deux atomes de carbone une liaison :
  – triple pour l'éthyne ;
  – double pour l'éthène ;
  – simple pour l'éthane.
- L'atome d'hydrogène ne pouvant créer qu'une seule liaison ne peut être dans le squelette de la molécule. L'atome d'hydrogène est nécessairement à la périphérie des molécules.
- La représentation de Lewis étant plane, elle ne rend pas compte de la géométrie des molécules dans l'espace.

Activité 10 Rappelle par des exemples les définitions des corps purs et des mélanges

En utilisant les modèles moléculaires, construis des exemples :

1. de corps purs.
2. de corps purs simples.
3. de corps purs composés.
4. de mélanges.

Bilan de l'activité

Rappel :

1. Un corps pur est un composé chimique dont toutes les molécules sont identiques.
2. Un corps pur est simple lorsque les molécules sont formées d'atomes du même élément.
3. Un corps pur est composé lorsque les molécules sont identiques mais formées d'atomes d'éléments différents.
4. Un mélange est un produit formé de molécules différentes.

Scanné avec CamScanner

Retiens l'essentiel

- ✔ Les atomes les plus stables sont ceux des gaz rares. On les appelle également pour cela gaz inertes car leur réactivité chimique est très faible. Ce sont des gaz monoatomiques.
- ✔ Au cours des transformations chimiques, les atomes ont tendance à acquérir une structure électronique externe en octet (ou en duet) semblable à celle du gaz rare le plus proche.
- ✔ Pour cela deux possibilités se présentent.
  - La formation d'ions : les atomes cèdent ou captent un ou plusieurs électrons pour obtenir la structure stable en octet (ou en duet) de leur couche externe.
  - La formation de liaison covalente : les atomes mettent en commun des paires d'électrons pour obtenir la structure stable en octet (ou en duet) de leur couche externe.
- ✔ Lorsque les édifices chimiques sont formés par liaisons covalentes, on obtient des édifices moléculaires.
- ✔ Lorsque les édifices chimiques sont formés d'ions, on obtient des édifices ioniques.
- ✔ Dans tous les cas, la matière est électriquement neutre.
- ✔ Un solide ionique est nécessairement formé d'ions positifs (cations) et d'ions négatifs (anions) en proportions telles que la neutralité électrique soit assurée.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Complète les phrases par les mots ou expressions qui conviennent.

1. Les structures électroniques les plus stables sont celles des _____.
2. La couche électronique externe des gaz rares possède _____ électrons, qui forment quatre _____. La structure est dite en _____.
3. Une liaison covalente consiste en la mise en _____ d'un doublet _____ entre deux atomes. Sur les schémas de Lewis, elle est représentée par un _____ entre les deux _____.
4. La valence d'un élément est égale au nombre de _____ covalentes qu'il peut _____.
5. La valence du carbone est _____, celle de l'azote vaut _____.
6. Dans la représentation de Lewis, le symbole de l'élément représente _____ de l'atome et les électrons _____. Les doublets d'électrons sont représentés par des _____.

Exercice 2

1. Indique le nom et le symbole des trois premiers métaux alcalins. Écris les formules des ions qu'ils donnent.
2. Indique le nom et le symbole des trois premiers métaux alcalino-terreux. Écris les formules des ions qu'ils donnent.
3. Indique le nom et le symbole des trois premiers halogènes. Écris les formules des ions qu'ils donnent.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 3

Dis si chacune des propositions est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
L'ensemble des électrons d'un atome forme un octet.		
Un atome de carbone peut former quatre liaisons covalentes.		
Le nombre d'électrons de l'ion fluorure est égal à 10.		
Une molécule est électriquement neutre.		
Il existe un hydrocarbure de formule CH_5.		
Un atome dont la formule électronique est K^2L^6 donne un ion négatif.		
K^2L^8 peut être la formule électronique de l'ion Na^+.		
Les liaisons covalentes multiples entre deux atomes sont impossibles.		

Exercice 4

1. Écris la formule électronique de l'atome de lithium.
2. Écris la formule électronique de l'ion lithium.
3. Écris son symbole.

Exercice 5

1. Écris la formule électronique de l'atome d'oxygène.
2. Écris la formule électronique de l'ion oxygène.
3. Écris son symbole.

Exercice 6

En utilisant les résultats des exercices 4 et 5, écris la formule de l'oxyde de lithium.

Réinvestis tes acquis

Exercice 7

1. Écris la formule électronique des atomes de carbone et d'oxygène.
2. Dessine leur représentation de Lewis.
3. Propose le schéma de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone.

Exercice 8

Représente la formule de Lewis de la molécule de propane C_3H_8.

Exercice 9

Nous avons rencontré en classe de troisième la notion d'isomérie.

Deux espèces chimiques sont isomères lorsqu'elles ont même formule brute mais des molécules spatialement différentes.

Recherche les représentations de Lewis possibles pour les molécules de formule brute C_4H_{10}.

Construis les modèles moléculaires correspondants.

Exercice 10

1. Détermine la valence du chlore, de l'hydrogène et de l'oxygène.
2. Représente la formule de Lewis de l'acide hypochloreux de formule brute HClO.

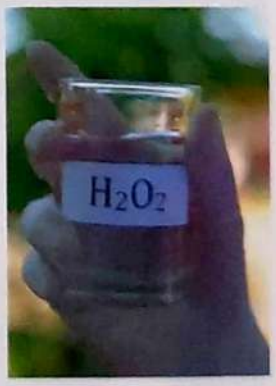
Exercice 11

Le sulfure d'hydrogène est un gaz malodorant et toxique. Sa molécule a pour formule H_2S.

1. Détermine la formule électronique des atomes de soufre et d'hydrogène.
2. Détermine la valence du soufre et de l'hydrogène.
3. Établis la représentation de Lewis de la molécule H_2S.
4. Indique à quelle molécule elle peut te faire penser et propose une forme géométrique pour la molécule H_2S.

Exercice 12

On utilise parfois de l'eau oxygénée comme désinfectant des plaies. Son nom scientifique est peroxyde d'hydrogène, sa formule moléculaire est H_2O_2.



1. Détermine la valence de l'oxygène et de l'hydrogène.
2. Établis la représentation de Lewis de la molécule H_2O_2.

Exercice 13

L'atome d'azote peut donner un ion négatif : l'ion nitrure et des composés comme le nitrure de calcium.

1. Détermine la formule électronique de l'atome d'azote.
2. Détermine la formule électronique de l'ion nitrure.
3. Détermine la formule du nitrure d'aluminium.

Scanné avec CamScanner

Des métaux bien connus

Les métaux usuels comme le fer, le cuivre, le nickel, le chrome, le manganèse forment des ions positifs qui n'obéissent pas à la règle de l'octet.

Ce sont des éléments pour lesquels Z est compris entre 21 et 29. On les appelle éléments de transition.

En fait, la formation de leurs ions obéit à des règles de stabilisation des structures électroniques, mais ces éléments sont situés au milieu de la classification périodique, et ces règles plus complexes seront étudiées ultérieurement.

Nous l'avons déjà évoqué, les différentes couches électroniques présentent des sous-couches, et c'est le remplissage de ces sous-couches qui est en jeu.



Doc. 6 *Oxydes de cuivre.*

Ces éléments métalliques et leurs alliages possèdent des propriétés mécaniques et électriques remarquables qui justifient leur utilisation au quotidien. Ils conduisent la chaleur, l'électricité et certains ont des propriétés magnétiques (fer, cobalt, nickel).

Leur chimie est très riche. Ils peuvent présenter plusieurs degrés de pertes d'électrons. Le cas des ions Fe^{2+} et Fe^{3+} est bien connu.

La couleur des oxydes, composés ou solutions obtenues, est riche et variée. Les solutions ferreuses sont vertes et les ferriques sont orangées. Le manganèse qui cède deux électrons est rose, il est violet quand il en cède sept comme dans l'ion MnO_4^-.

Le chrome doit d'ailleurs son nom au grec *khroma* qui signifie « couleur » car ses oxydes comme ses ions sont vivement colorés.

Le zinc, bien qu'au milieu de la classification, n'est pas un métal de transition car ses sous-couches internes sont saturées. Toutes ces subtilités avaient d'ailleurs donné bien des soucis à Mendeleïev lorsqu'il tenta de procéder au classement de ces métaux dans son tableau.



Doc. 7 *Rubis : de l'alumine coloré par le chrome.*



Doc. 8 *Émeraude : un silicate coloré par le chrome.*

Ces éléments sont relativement abondants dans la croûte terrestre et le fer constitue le noyau de notre planète. On les trouve dans la nature à l'état d'oxydes, de sulfures, ou dans des mélanges complexes.

Ils interviennent dans la chimie du monde vivant, souvent en très faible proportion, mais les carences peuvent avoir des conséquences gravissimes. Le cas du fer dans l'hémoglobine pour le transport de l'oxygène dans le sang est bien connu.

Scanné avec CamScanner

Mole et grandeurs molaires

Habiletés et contenus

- ✔ Définir la mole.
- ✔ Définir :
  - la masse molaire atomique ;
  - la masse molaire moléculaire ;
  - la quantité de matière.
- ✔ Connaître l'unité de quantité de matière.
- ✔ Déterminer la quantité de matière d'un corps solide et d'un corps liquide.
- ✔ Connaître la loi d'Avogadro-Ampère.
- ✔ Définir :
  - le volume molaire ;
  - la quantité de matière d'un corps gazeux ;
  - la densité d'un gaz par rapport à l'air.
- ✔ Déterminer la quantité de matière d'un corps gazeux.
- ✔ Utiliser les relations $n = \frac{m}{M}$; $n = \frac{V}{V_m}$ et $d = \frac{M}{29}$

Découvre le sujet



Doc. 1 *L'échiquier de Sissa.*

La légende de Sissa.
En Inde, il y a quelques milliers d'années, le sage Sissa qui avait satisfait le prince en lui apprenant le jeu d'échecs méritait une récompense. Le prince lui proposa de la choisir.
Le sage demanda un grain de riz sur la première case du jeu, deux grains de riz sur la deuxième, quatre sur la troisième et ainsi de suite en doublant le nombre de grains à chaque case.
Le prince fut fort satisfait d'une demande si raisonnable et accepta.
Il ne savait pas que le royaume venait de s'endetter pour des milliers d'années.
Calcule le nombre de grains de riz nécessaires pour satisfaire la demande de Sissa.

Développe le sujet

Activité 1 Découvre le nécessaire changement d'échelle



Doc. 2 *Le carbone.*

1. Utilise les données des leçons « structure de l'atome » et « classification périodique des éléments » pour calculer la masse d'un atome de carbone, contenant 6 neutrons dans son noyau.
2. Calcule le nombre d'atomes de carbone présents dans 12 g de carbone.
   Compare ce nombre au « nombre de Sissa ».
   Conclus.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. L'atome de carbone a pour numéro atomique Z = 6, son noyau contient 6 protons de masse : $m_p = 1{,}67.10^{-27}$ kg.

- Le noyau de l'isotope étudié possède également 6 neutrons de masse $m_n = 1{,}67.10^{-27}$ kg.
- L'atome possède 6 électrons de masse $m_e = 9{,}1.10^{-31}$ kg.
- La masse d'un atome vaut :

$m = 6\ m_p + 6\ m_n + 6\ m_e$

$m = 6 \times 1{,}67.10^{-27} + 6 \times 1{,}67.10^{-27} + 6 \times 9{,}1.10^{-31}$

$m = 20.10^{-27}$ kg

La masse des électrons est négligeable devant celle des nucléons.

2. Le nombre d'atomes de carbone dans 12 g de carbone est $N = 12.10^{-3}/20.10^{-27}$

$N = 6.10^{23}$ atomes

Nombre encore 30 000 fois plus grand que le nombre de Sissa dont la valeur est $18{,}5.10^{18}$.

- Le gigantisme de ces nombres fait qu'ils ne sont pas adaptés à notre échelle macroscopique habituelle. Ces particules ultra microscopiques que sont les atomes ont des dimensions, des masses inadaptées aux unités de notre échelle macroscopique.
- Pour cette raison, les scientifiques ont décidé d'effectuer un changement d'échelle, du microscopique au macroscopique en introduisant une nouvelle grandeur.
  En chimie, on ne travaille pas sur un atome, mais sur un « paquet d'atomes » et par convention ce paquet s'appelle **une mole** et contient $N = 6{,}02.10^{23}$ atomes.
  La mole devient ainsi l'unité d'une grandeur appelée « quantité de matière ».
- **Définition :**
  La mole est la quantité de matière d'un système contenant exactement $N = 6{,}022\ 140\ 76.10^{23}$ entités élémentaires.
  Les entités élémentaires peuvent être :
  – des atomes : on a alors une mole d'atomes ;
  – des molécules : on a alors une mole de molécules ;
  – des ions : on a alors une mole d'ions ;
  – des électrons, des protons, etc.
- La mole est l'unité de la quantité de matière. Son symbole est **mol**.
- Le nombre N est la valeur numérique de la constante d'Avogadro :
  $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol^{-1} ; mol^{-1} se lit « par mole ».

Activité 2 Étudie la masse molaire atomique

Considère la classification périodique des éléments.
Chaque case présente une valeur appelée « masse molaire atomique ».

1. Indique ce qu'elle peut représenter.
Donne son unité.

2. On constate que pour les premières lignes, sa valeur est voisine du double de la valeur du numéro atomique.
Propose une explication.

6 12,0 **C** Carbone	7 14,0 **N** Azote	8 16,0 **O** Oxygène
14 28,1 **Si** Silicium	15 31,0 **P** Phosphore	16 32,1 **S** Soufre

Doc. 3 Des éléments communs.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. La légende présente sur la classification indique que cette valeur est celle de la masse molaire atomique.

- Son unité est le gramme par mole : $g.mol^{-1}$.
- La valeur 31,0 $g.mol^{-1}$ pour le phosphore signifie qu'une mole d'atomes de phosphore possède une masse de 31,0 g.

2. Cette propriété provient du choix de la valeur de la constante d'Avogadro. Avec cette valeur, la masse d'une mole de nucléons est voisine d'un gramme.

- Quand on lit que la masse molaire atomique du phosphore est 31,0 $g.mol^{-1}$ et que son numéro atomique est Z = 15, cela permet de prévoir que le noyau comporte 15 protons et 16 neutrons.
- On observe que les masses molaires atomiques ne sont parfois pas des nombres entiers. Cela vient du fait que la classification périodique indique la valeur de la masse molaire atomique de l'élément naturel qui peut être un mélange d'isotopes.

Exemple :
Si le silicium ne possédait qu'un seul isotope ^{28}Si, sa masse molaire serait égale à 28,0 $g.mol^{-1}$.
Mais le silicium possède un isotope très majoritaire, le ^{28}Si, et deux isotopes minoritaires stables, ^{29}Si et ^{30}Si qui augmentent légèrement la valeur de la masse molaire atomique moyenne, d'où la valeur indiquée de 28,1 $g.mol^{-1}$.

Définition :
La masse molaire atomique d'un élément est la masse d'une mole d'atomes de cet élément.
Elle s'exprime en gramme par mole : $g.mol^{-1}$.

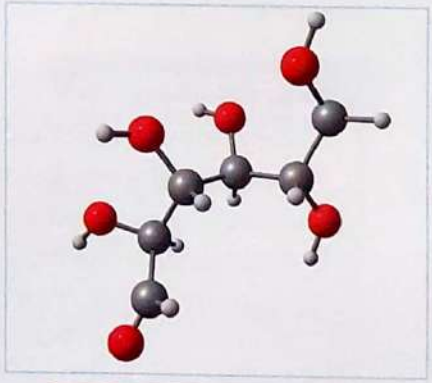
Remarque :
La valeur de la masse molaire atomique indiquée sur la classification périodique des éléments respecte les proportions des différents isotopes de l'élément présents dans la nature.

Activité 3 Étudie la masse molaire moléculaire

1. Considère le corps pur eau.

- Écris la formule de sa molécule.
- Indique ce que représente une mole de molécules d'eau.
- Détermine la masse en grammes d'une mole de molécules d'eau.
- Définis la masse molaire moléculaire.

2. Calcule la masse molaire moléculaire du glucose $C_6H_{12}O_6$.



Doc. 4 *Modèle de molécule de glucose.*

Bilan de l'activité

1. L'eau a pour formule H_2O.

- Une mole de molécules d'eau est une quantité de matière eau qui contient $N = 6{,}02.10^{23}$ molécules d'eau.
- D'après sa formule chimique, l'eau est formée de deux atomes d'hydrogène pour un atome d'oxygène. Une mole de molécules d'eau est donc formée de deux moles d'atomes d'hydrogène et d'une mole d'atome d'oxygène.
- La masse d'une mole d'eau est donc :

$M(H_2O) = M(O) + 2\,M(H)$
$M(H_2O) = 16 + 2 \times 1$
$M(H_2O) = 18\ g.mol^{-1}$

Scanné avec CamScanner

Définition :
La masse molaire moléculaire d'une espèce chimique moléculaire est la masse d'une mole de ses molécules.

- La masse molaire moléculaire de l'eau est $M = 18\ g.mol^{-1}$.

2. La masse molaire moléculaire est égale à la somme des masses molaires atomiques de tous les atomes présents dans la molécule :

$M(C_6H_{12}O_6) = 6\ M(C) + 12\ M(H) + 6\ M(O)$

$M(C_6H_{12}O_6) = 6 \times 12 + 12 \times 1 + 6 \times 16$

$M(C_6H_{12}O_6) = 180\ g.mol^{-1}$.

- La masse molaire moléculaire du glucose a pour valeur $180\ g.mol^{-1}$.

Activité 4 Étudie la masse molaire ionique

L'alumine est un produit industriel servant à obtenir l'aluminium.
Il s'agit d'un composé ionique : l'oxyde d'aluminium.

1. Détermine la formule de l'ion oxyde.

2. Détermine la formule de l'ion aluminium.

3. Détermine la formule ionique et la formule statistique de l'alumine.

4. Détermine la masse d'une mole :
– d'ion aluminium ;
– d'ion oxyde ;
– d'alumine.



Doc. 5 *Transport d'alumine.*

Bilan de l'activité

1. L'oxygène de numéro atomique $Z = 8$ a pour formule électronique K^2L^6.

- Pour atteindre une structure stable en octet, K^2L^8, l'atome capte deux électrons et donne l'ion O^{2-}.

2. L'aluminium de numéro atomique $Z = 13$ a pour formule électronique $K^2L^8M^3$.

- Pour atteindre une structure stable en octet, K^2L^8, l'atome cède trois électrons et donne l'ion Al^{3+}.

3. L'oxyde d'aluminium est électriquement neutre, sa formule ionique est donc : $(2\ Al^{3+}, 3\ O^{2-})$ et sa formule statistique Al_2O_3.

- Les électrons ayant une masse négligeable, la masse de l'ion Al^{3+} est pratiquement égale à la masse de l'atome Al. De même, la masse de l'ion O^{2-} est pratiquement égale à la masse de l'atome O.

Définition :
La masse molaire ionique est la masse d'une mole d'ions.
On la considère comme égale à la masse molaire atomique.

$M(Al^{3+}) = M(Al) = 27\ g.mol^{-1}$

$M(O^{2-}) = M(O) = 16\ g.mol^{-1}$

4. Pour déterminer la masse molaire de l'alumine, les électrons cédés par un élément sont gagnés par l'autre, donc globalement, ils ne participent pas au calcul des masses dans la formule du composé électriquement neutre.

$M(Al_2O_3) = 2\ M(Al) + 3\ M(O)$

$M(Al_2O_3) = 2 \times 27 + 3 \times 16$

$M(Al_2O_3) = 102\ g.mol^{-1}$

Scanné avec CamScanner

Activité 5 Étudie le volume molaire

1. Propose une définition du volume molaire.
2. Tu as étudié dans les classes précédentes les propriétés de l'eau.
   Détermine le volume molaire de l'eau liquide.
   Indique si ce volume molaire est conservé pour l'eau :
   – à l'état solide,
   – à l'état gazeux.
3. Conclus.



Doc. 6 *De l'eau liquide à l'eau gazeuse.*

Bilan de l'activité

1. Définition :
Le volume molaire d'une espèce chimique est le volume occupé par une mole de cette espèce.

2. La formule moléculaire de l'eau est H_2O, sa masse molaire moléculaire vaut :
$M = 18\ g.mol^{-1}$.

On connaît la masse volumique de l'eau liquide : $a = 1\ g.cm^{-3}$.
Le volume molaire de l'eau liquide est donc $V_M = 18\ cm^3.mol^{-1}$.

- Lors du passage à l'état solide, il y a augmentation du volume. La masse volumique de la glace vaut $a = 0{,}9\ g.cm^{-3}$.

  Le volume molaire de l'eau à l'état solide vaut $V_M = 20\ cm^3.mol^{-1}$.

- Lors de la vaporisation, le volume de gaz obtenu est environ mille fois plus grand que le volume du liquide vaporisé. On obtient donc un volume molaire de l'ordre de 20 litres par mole.

3. Conclusion :
Le volume molaire d'une substance chimique dépend de son état physique.

- Dans la pratique, cette notion est principalement utilisée pour les gaz car ceux-ci présentent une propriété intéressante :

  Le volume molaire d'une espèce chimique gazeuse est indépendant de l'espèce chimique.

- Autrement dit : toutes les espèces chimiques gazeuses ont même volume molaire.
  Cette propriété est connue sous le nom de **loi d'Avogadro-Ampère** :

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

- Dans les conditions normales de température et de pression (CNPT) :

  $T = 0\ °C$ $P = 1\ 013$ hPa. (Valeur de la pression atmosphérique normale.)

  Ce volume est $V_M = 22{,}4\ L.mol^{-1}$.

  Ce volume dépend de la température et de la pression mais reste indépendant de la nature du gaz.

- Dans la pratique, dans les conditions habituelles de température $T = 20\ °C$ et à la pression atmosphérique normale :

  $V_M = 24\ L.mol^{-1}$.

  C'est cette valeur qui sera le plus souvent utilisée dans les applications numériques.

Remarque :
On utilise également en chimie les conditions standards de température et de pression, ce sont $T = 25\ °C$ et $P = 1$ bar. Nous les retrouverons ultérieurement.

Scanné avec CamScanner

Activité 6 Détermine des quantités de matière

Tu connais les masses molaires atomiques ou moléculaires des espèces chimiques : carbone, eau, glucose, alumine.

1. Tu considères m = 1 g de chacune d'elles.
Détermine à quelles quantités de matière cela correspond.

2. Tu souhaites prélever n = 0,10 mol de glucose dans le flacon du laboratoire.
Décris les opérations que tu dois réaliser.

Bilan de l'activité

1. La masse molaire atomique du carbone vaut M = 12 g.
Cela signifie que M = 12 g de carbone correspond à la quantité de matière d'une mole.
Une masse m = 1 g de carbone correspond à une quantité de matière n telle que : $n = \frac{m}{M}$
$n = \frac{1}{12}$; n = 0,0833 mol ; n = 83,3 mmol de carbone.

- De même, 1 g d'eau correspond à une quantité de matière : $n = \frac{1}{18}$; n = 0,0555 mol ; n = 55,6 mmol d'eau.
- 1 g de glucose correspond à une quantité de matière : $n = \frac{1}{180}$; n = 0,0056 mol ; n = 5,6 mmol de glucose.
- 1 g d'alumine correspond à une quantité de matière : $n = \frac{1}{102}$; n = 0,0098 mol ; n = 9,8 mmol d'alumine.

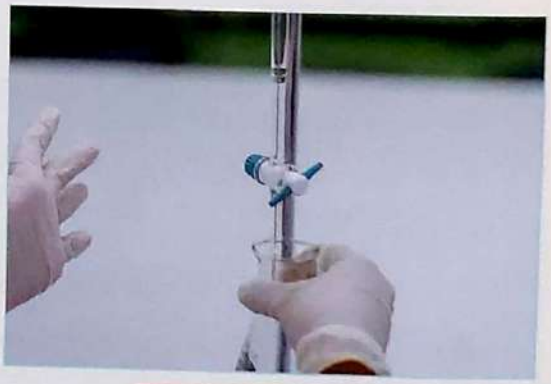
2. La masse molaire moléculaire du glucose vaut $M(C_6H_{12}O_6) = 180\ g.mol^{-1}$.
n = 0,10 mol de glucose a une masse de m = n. $M(C_6H_{12}O_6)$:
m = 0,10 × 180
m = 18 g de glucose.
Il suffit de peser avec une balance 18 g de glucose, cela correspond à n = 0,10 mol.

Activité 7 Étudie le cas particulier des liquides

Tu veux prélever une quantité de matière donnée d'un liquide.
Tu peux effectuer une pesée, mais il est souvent plus simple de mesurer un volume.
Tu disposes d'un flacon d'acétone, produit liquide de formule moléculaire C_3H_6O.
Tu souhaites prélever n = 0,10 mol d'acétone pour réaliser une expérience.

1. Détermine la masse molaire moléculaire de l'acétone.

2. Détermine le volume à prélever sachant que la masse volumique de l'acétone est $a = 0,784\ g.cm^{-3}$.



Doc. 7 *Mesurage d'un volume de liquide.*

Bilan de l'activité

1. La masse molaire moléculaire de l'acétone vaut :
$M(C_3H_6O) = 3\ M(C) + 6\ M(H) + M(O)$
$M(C_3H_6O) = 3 \times 12 + 6 \times 1 + 16$
$M(C_3H_6O) = 58\ g.mol^{-1}$.

- Il faut donc prélever une masse m = n.M
m = 0,1 × 58 ; m = 5,8 g d'acétone.

2. Cette masse correspond à un volume V tel que
m = aV ; V = m/a
V = 5,8/0,784
$V = 7,4\ cm^3$ ou V = 7,4 mL.

- On peut regrouper les deux relations utilisées :
m = n.M avec m = a.V soit a.V = n.M
V = n.M/a

Scanné avec CamScanner

Activité 8 Étudie le cas particulier des gaz



Doc. 8 Combustion du butane d'un briquet.

1. Les briquets à gaz contiennent du butane.
Tu pèses un briquet, puis tu le laisses fonctionner pendant quelques minutes. Tu le pèses de nouveau et tu constates que sa masse a diminué de m = 0,87 g.
Détermine :
- la masse molaire moléculaire du butane ;
- la quantité de matière butane utilisée lors de la combustion ;
- le volume de gaz butane utilisé.

2. L'air est composé de 20 % de dioxygène et de 80 % de diazote.
Détermine la quantité de matière dioxygène et la quantité de matière diazote présentes dans un litre d'air à T = 20 °C et sous une pression P = 1 013 hPa.

Bilan de l'activité

1. La masse molaire moléculaire du butane vaut :
$M(C_4H_{10}) = 4\,M(C) + 10\,M(H)$
$M(C_4H_{10}) = 4 \times 12 + 10 \times 1$
$M(C_4H_{10}) = 58\ g.mol^{-1}$.
La combustion a utilisé une quantité de matière $n = \frac{m}{M}$:
$n = \frac{0,87}{58}$; n = 0,015 mole de butane.
Le volume de gaz butane utilisé est donc :
$V = n.V_M$.
En prenant $V_M = 24\ L.mol^{-1}$: $V = 0,015 \times 24$; V = 0,36 L de butane.

2. Un litre d'air contient $V(O_2) = 0,20$ L de dioxygène et $V(N_2) = 0,80$ L de diazote.
La quantité de matière dioxygène est :
$n = \frac{V(O_2)}{V_M}$; $n = \frac{0,20}{24}$; n = 0,008 mole de dioxygène.
La quantité de matière diazote est :
$n = \frac{V(N_2)}{V_M}$; $n = \frac{0,80}{24}$; n = 0,033 mole de diazote.

Activité 9 Découvre une relation entre masse molaire moléculaire et densité d'un gaz

1. Rappelle la définition de la densité d'un gaz.
Calcule la masse de V = 22,4 litres d'air sachant que la masse volumique de l'air est a = 1,293 g/L dans les conditions normales.
Exprime la densité d'une espèce chimique gazeuse en fonction de sa masse molaire.

2. On mesure la densité d'un gaz : d = 1,52.
Détermine la masse molaire moléculaire de ce gaz.
On suppose que ce gaz est du dioxyde de carbone. Vérifie si cela est possible.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. La densité d'un gaz est égale au rapport de la masse d'un volume de gaz à la masse du même volume d'air pris dans les mêmes conditions de température et de pression.

- La masse de V = 22,4 L d'air vaut : m = a.V ; m = 1,293 × 22,4 ; m = 28,9 g ≃ 29 g
- Exprimons la densité : $d = \frac{m(V \text{ de gaz})}{m(V \text{ d'air})}$

Si nous prenons le volume molaire V_M = 22,4 L, comme référence de calcul :
m(V = 22,4 L de gaz) = masse molaire du gaz = M (en grammes)
m(V= 22,4 L d'air) = 29 g

$$d = \frac{m(V = 22{,}4 \text{ L de gaz})}{m(V= 22{,}4 \text{ L d'air})}$$

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

Propriété : Densité d'un gaz et masse molaire du gaz sont liées par la relation **M = 29.d**

2. La masse molaire moléculaire de ce gaz est égale à :
M = 29.d
M = 29 × 1,52
$M = 44 \text{ g.mol}^{-1}$

- La masse molaire moléculaire du dioxyde de carbone vaut :
$M(CO_2) = M(C) + 2\,M(O)$
$M(CO_2) = 12 + 2 \times 16$
$M(CO_2) = 44 \text{ g.mol}^{-1}$

Ce gaz peut être du dioxyde de carbone.

Retiens l'essentiel

- La mole (symbole mol) est l'unité de quantité de matière.
- Une mole est la quantité de matière d'un système contenant $N = 6{,}02.10^{23}$ entités élémentaires. Les entités élémentaires peuvent être des atomes, des molécules, des ions, etc.
- N est la valeur de la constante d'Avogadro, notée N_A : $N_A = 6{,}02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$; mol^{-1} se lit « par mole ».
- La masse molaire atomique d'un élément est la masse d'une mole d'atomes de cet élément.
- La masse molaire moléculaire d'une espèce chimique moléculaire est la masse d'une mole de molécules de cette espèce chimique. Elle est égale à la somme des masses molaires atomiques de tous les atomes présents dans la molécule.
- Les masses molaires s'expriment en gramme par mole : g.mol^{-1}.
- Le volume molaire V_M d'une espèce chimique est le volume occupé par une mole de cette espèce. Le volume molaire dépend des conditions physiques de température et de pression.
- Pour un gaz, le volume molaire est indépendant de la nature du gaz. Il est égal à $V_M = 22{,}4 \text{ L.mol}^{-1}$ dans les conditions normales de température et de pression (T = 0 °C ; P = 1 013 hPa).
- La quantité de matière d'un échantillon de masse m d'une espèce chimique de masse molaire M vaut : $n = \frac{m}{M}$; n en mol ; m en g ; M en g.mol^{-1}
- La quantité de matière d'un échantillon de volume V d'une espèce chimique gazeuse dans les conditions où le volume molaire est V_M vaut : $n = \frac{V}{V_M}$; n en mol ; V en L ; V_M en L.mol^{-1}

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis si chacune des propositions est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Une mole est un assemblage d'atomes.		
La constante d'Avogadro a pour valeur $N_A = 23.10^6$.		
La masse molaire atomique est la masse d'une mole d'atomes.		
Le volume molaire dépend de l'état physique.		
À T = 20 °C et sous une pression atmosphérique normale, le volume molaire vaut 24 $L.mol^{-1}$.		
La masse molaire moléculaire de l'eau vaut M = 18 $g.mol^{-1}$.		
La masse molaire moléculaire du dioxygène est égale à la masse molaire atomique de l'oxygène.		
La masse molaire ionique de l'ion oxyde O^{2-} est la moitié de la masse molaire atomique de l'oxygène.		

Exercice 2

La masse molaire atomique du fer est M(Fe) = 56 $g.mol^{-1}$.

1. **Détermine la quantité de matière présente dans un échantillon de fer de masse m = 10 g.**
2. **Détermine le nombre d'atomes de fer présents dans cet échantillon.**

Exercice 3

1. **Détermine la masse molaire moléculaire de l'eau.**
2. **Détermine la quantité de matière eau présente dans un litre d'eau liquide.**
3. **On vaporise par chauffage ce litre d'eau. Détermine le volume occupé par la vapeur d'eau obtenue à 20 °C.**

Exercice 4

Le sucre blanc en morceaux est du saccharose.

1. **Détermine la masse molaire moléculaire du saccharose de formule $C_{12}H_{22}O_{11}$.**
2. **Détermine la quantité de matière présente dans un morceau de sucre de masse m = 6 g.**

Exercice 5

Un tube en cuivre contient 150.10^{23} atomes.

1. **Détermine la quantité de matière correspondante.**
2. **Détermine la masse du tube.**

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Une « bouteille de gaz » remplie de butane contient m = 13 kg de butane liquide.

1. **Rappelle la formule du butane.**
2. **Détermine la masse molaire moléculaire du butane.**
3. **Détermine la quantité de matière butane présente dans une bouteille de butane.**

La masse volumique du butane liquide est a = 600 $g.L^{-1}$.

4. **Détermine le volume du butane liquide dans la bouteille.**
5. **Détermine le volume molaire du butane liquide.**
6. **Détermine le volume de gaz obtenu par vaporisation de 13 kg de butane liquide dans les conditions où le volume molaire est de 24$L.mol^{-1}$.**
7. **Détermine la masse volumique du butane gazeux dans ces conditions.**

Exercice 7

Ton camarade de classe boit un verre de 25 cL de soda. On considère qu'il s'agit d'une solution d'eau sucrée.

1. **Détermine la quantité de matière eau que ton camarade absorbe.**
2. **Détermine la quantité de matière sucre qu'il consomme sachant que la concentration en sucre est de 100g/L et que la masse molaire du sucre est M = 342 $g.mol^{-1}$.**

Exercice 8

La teneur de l'eau de mer en or dépend de l'océan considéré, elle est estimée à une moyenne de 5 mg/m^3.

La masse molaire atomique de l'or est M = 197 $g.mol^{-1}$.

1. **Détermine la quantité de matière or par mètre cube d'eau de mer.**
2. **Détermine le nombre d'atomes d'or dans un mètre cube d'eau de mer.**
3. **Détermine le volume d'eau de mer qu'il faudrait traiter pour extraire une mole d'or.**

Exercice 9

Utilise la classification périodique.

L'élément chlore à l'état naturel est formé d'un mélange de deux isotopes, le chlore 35 et le chlore 37.

1. **Écris les formules de ces deux isotopes.**

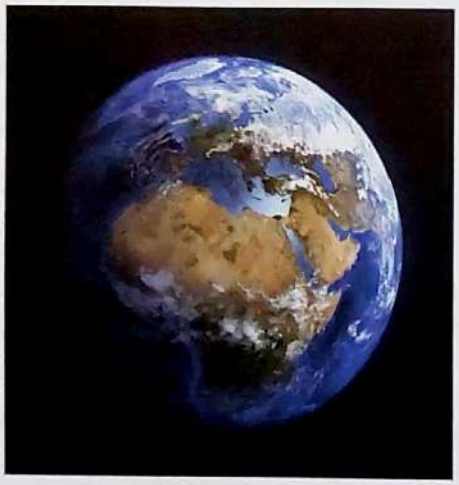
Le chlore naturel comporte 75 % de l'isotope chlore 35 et 25 % de l'isotope chlore 37.

La masse molaire atomique du chlore 35 vaut 35 $g.mol^{-1}$ et celle du chlore 37 vaut 37 $g.mol^{-1}$.

2. **Détermine la masse molaire atomique du chlore naturel. Indique si ton résultat concorde avec les données de la classification périodique.**

Scanné avec CamScanner

De l'infiniment petit à l'infiniment grand



Doc. 9 *La planète bleue.*

Nous l'avons étudié, la masse des électrons étant négligeable, la masse de la matière est concentrée dans le noyau des atomes.

Les composants du noyau atomique, les protons et les neutrons, sont désignés sous le terme de nucléon. Le nombre de nucléons par atome est appelé « nombre de masse ».

Du fait de la définition de la mole, la masse molaire des nucléons est proche de 1 g.

Il est difficile de mesurer le rayon de ces particules ou le rayon du noyau d'un atome mais une valeur de l'ordre d'un femtomètre ($1\ fm = 10^{-15}\ m$) est acceptable.

Le volume d'un nucléon vaut $V = 4/3.\pi.R^3$.
Le calcul donne $V = 4{,}19.10^{-45}\ m^3$.

Le volume d'une mole de nucléon vaut alors $V_M = N_A.V$ avec N_A constante d'Avogadro.

Le calcul donne $V_M = 25.10^{-22}\ m^3$.

On peut évaluer la masse volumique de « la matière » nucléaire :

$\mu = m/V$; $m = 1g = 10^{-3}$ kg et $V = V_M$.

$\mu = 4.10^{17}\ kg.m^{-3}$.

Cette masse volumique est considérable. Elle correspond à $4.10^{11}\ kg.cm^{-3}$ ou $4.10^{8}\ kg.mm^{-3}$.

Quatre cents millions de kilogrammes par millimètre cube !

Évaluons avec cette valeur le volume des noyaux de tous les atomes constituant notre planète Terre.

La masse de la Terre est estimée à $M = 6.10^{24}$ kg.

Si l'on considère que la matière massique est confinée dans les nucléons, le volume occupé par ceux-ci est alors :

$V = M/\mu$; $V = 15.10^{6}\ m^3$

Soit une sphère de 150 m de rayon.

Une jolie planète bleue faite avec peu de chose…



Doc. 10 *Le vide atomique.*



Doc. 11 *Le vide intersidéral.*



Doc. 12 *Le vide du système solaire.*

Scanné avec CamScanner

Équation-bilan d'une réaction chimique

Habiletés et contenus

- ✔ Écrire l'équation-bilan d'une réaction chimique.
- ✔ Interpréter l'équation-bilan d'une réaction chimique.
- ✔ Exploiter l'équation-bilan d'une réaction chimique.
- ✔ Connaître la loi de Lavoisier.
- ✔ Utiliser la loi de Lavoisier.

Découvre le sujet

Ce feu de brousse change l'aspect physique de l'environnement (couleur, réflectivité du sol, bois solide compact transformé en poussière, etc.). Il y a donc des transformations physiques. Indique si ces transformations sont la cause ou la conséquence de transformations d'autre nature.



Doc. 1 *De profondes transformations.*

Développe le sujet

Activité 1 Découvre une transformation chimique

À un instant considéré comme initial, plonge un fil de cuivre dans une solution de nitrate d'argent.

1. Dresse le bilan de toutes les espèces présentes à l'instant initial.
2. L'observation du contenu du tube à essai montre une évolution au cours du temps.
   - Décris cette évolution.
   - Dresse un nouveau bilan des espèces contenues dans le tube à essai.
3. Après un temps suffisamment long, le milieu semble ne plus évoluer.
   Explique ce phénomène.
4. À partir de ces observations, définis :
   - un système chimique ;
   - une transformation chimique ;
   - les réactifs ;
   - les produits.



Doc. 2 *Un fil de cuivre dans une solution de nitrate d'argent.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. À l'instant initial, on a du cuivre métallique placé au contact d'une solution de nitrate d'argent qui contient des molécules d'eau, des ions nitrates NO_3^- et des ions Ag^+.

2. Au cours du temps, on voit des filaments d'argent croître sur le fil de cuivre et la solution initialement incolore se teinter de bleu.
- De nouvelles espèces chimiques apparaissent : l'argent métallique et des ions Cu^{2+} hydratés qui colorent la solution en bleu.
- On a donc les espèces chimiques suivantes : molécules d'eau toujours majoritaires, ions nitrates NO_3^- semblant ne pas réagir, ions Ag^+ en quantité de plus en plus faible, cuivre métallique toujours présent, argent métallique Ag et ions cuivre Cu^{2+} en quantités croissantes.

3. Le milieu réactionnel n'évolue plus lorsque les réactions qui transforment l'ion argent en argent métallique et cuivre métallique en ions cuivre cessent. L'explication la plus simple est dans le cas de l'expérience où tous les ions argent initialement présents ont réagi. En effet, le fil de cuivre n'a pas été complètement « rongé ».

4. Un système chimique est un mélange d'espèces chimiques.
Une transformation chimique est une évolution d'un système qui conduit d'un état initial à un état final différent. Des espèces chimiques ont disparu du système, de nouvelles espèces sont apparues, d'autres enfin ont été conservées.
- Les espèces chimiques qui ont été consommées sont les réactifs, celles qui ont été formées sont les produits.

Activité 2 Modélise une transformation chimique

1. Dans l'expérience précédente, identifie les réactifs et les produits.
2. Identifie les espèces chimiques n'évoluant pas au cours du temps.
3. Modélise le bilan initial et le bilan final des réactifs et des produits en utilisant leurs symboles ou formules chimiques.
4. Modélise le passage de l'état initial à l'état final en utilisant symboles et formules.
5. Rappelle les règles de conservation qui doivent être respectées.
Écris l'équation-bilan de cette réaction chimique.

Bilan de l'activité

1. L'ion argent évolue en atome d'argent.
L'atome de cuivre évolue en ion cuivre.
Réactifs : ions argent et cuivre métallique
Produits : argent métallique et ions cuivre II.

2. Des espèces chimiques sont présentes et ne subissent aucune évolution : l'eau, les ions nitrates, on peut également ajouter le verre du tube (silice SiO_2), le diazote et le dioxygène de l'air présent au-dessus de la solution et au contact du cuivre comme de la solution.
Ces espèces présentes et indifférentes (ou spectatrices) dans les conditions de l'expérience ne participent pas au bilan de la transformation.

3. Réactifs : Ag^+ et Cu
Produits : Ag et Cu^{2+}

Scanné avec CamScanner

4. La transformation chimique qui s'opère dans le milieu réactionnel peut être modélisée :

$Ag^+ \rightarrow Ag$

$Cu \rightarrow Cu^{2+}$

5. Au cours de ces transformations, doivent être assurées la conservation des éléments chimiques et la conservation de la charge. Ces lois de conservation traduisent la conservation des noyaux des atomes et la conservation des électrons.
Il faut donc écrire :

$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$

$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e^-$

- La conservation des électrons exige que deux ions Ag^+ doivent intervenir pour capter les deux électrons cédés par l'atome de cuivre.
L'équation-bilan s'écrit :

$2\,Ag^+ + Cu \rightarrow 2Ag + Cu^{2+}$

Activité 3 Découvre la double signification d'une équation-bilan

Réalise un mélange intime de 8 g d'oxyde de fer III en poudre et de 2,7 g d'aluminium métallique en poudre.
Place le mélange dans un creuset réfractaire sous la hotte.
Amorce la réaction avec un ruban de magnésium enflammé.
Récupère les produits de la réaction.

Attention : cette réaction est extrêmement vive, tu dois respecter les consignes de sécurité données par le professeur.

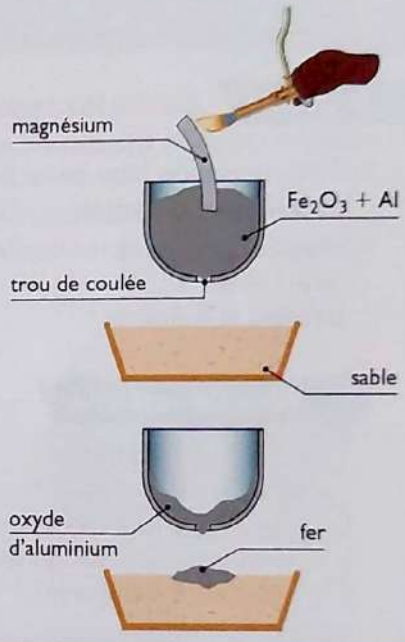
1. Écris les formules des réactifs.

2. Écris les formules des produits.

3. En respectant les lois de conservation, écris l'équation-bilan.

4. Détermine les masses molaires des réactifs.

5. Détermine les quantités de matière correspondant aux masses recommandées pour le mélange initial.
Conclus.



Doc. 3 *Réaction de l'aluminium sur l'oxyde de fer III.*

Bilan de l'activité

1. Les réactifs
- L'aluminium métallique : Al.
- L'oxyde de fer III : Fe_2O_3.

2. Les produits
- Le fer métallique : Fe.
- L'oxyde d'aluminium : Al_2O_3.

3. L'équation-bilan s'écrit :

$Fe_2O_3 + 2\,Al \rightarrow 2\,Fe + Al_2O_3$

- Les nombres introduits devant les symboles Al et Fe, appelés nombres stœchiométriques, sont là pour assurer la conservation des éléments.
- Tous les représentants des éléments présents dans l'état initial doivent se retrouver dans l'état final.

Scanné avec CamScanner

4. Masses molaires des réactifs
- Al : 27 g.mol^{-1}
- Fe_2O_3 : 160 g.mol^{-1}

5. Quantités de matière correspondant aux masses de l'expérimentation
- Aluminium : $n(Al) = \frac{m}{M(Al)}$; $n(Al) = \frac{2,7}{27}$; $n(Al) = 0,10$ mol d'aluminium
- Oxyde de fer : $n(Fe_2O_3) = \frac{m}{M(Fe_2O_3)}$; $n(Fe_2O_3) = \frac{8}{160} = 0,05$ mol d'oxyde de fer

- La quantité de matière aluminium est le double de la quantité de matière oxyde de fer. Cela est conforme aux nombres stœchiométriques de l'équation-bilan.
- Les quantités de matières choisies pour l'expérimentation sont stœchiométriques.

Conclusion :
Une équation-bilan peut se lire au niveau des particules concernées par la réaction, atomes, ions, électrons. Une équation-bilan représente une lecture en quantité de matière. Ainsi, on lit celle-ci de la façon suivante : Une mole d'oxyde de fer (III) réagit avec deux moles d'aluminium pour former deux moles de fer et une mole d'oxyde d'aluminium.

Activité 4 Étudie la conservation de la masse

1. Utilise l'équation-bilan de l'activité précédente pour vérifier la conservation de la masse au cours de la réaction chimique.

2. Imagine une expérience simple permettant de vérifier expérimentalement cette loi de conservation de la masse.
Décris-la et réalise-la.

Bilan de l'activité

1. L'équation-bilan s'écrit :
$Fe_2O_3 + 2\,Al \rightarrow 2\,Fe + Al_2O_3$

- Une mole d'oxyde de fer (III) réagit avec deux moles d'aluminium pour former deux moles de fer et une mole d'oxyde d'aluminium.
- Cette lecture en quantité de matière entraîne une lecture en masse :
  160 g d'oxyde de fer (III) réagissent avec 54 g d'aluminium pour donner 112 g de fer et 102 g d'aluminium.
  La masse des réactifs vaut 160 + 54 = 214 g et celle des produits 112 + 102 = 214 g.
- Il y a conservation de la masse au cours d'une réaction chimique.
  Cette propriété est une conséquence évidente de la conservation des éléments.
  Elle fut affirmée en 1777 par Antoine Lavoisier à partir de considérations expérimentales, la théorie atomique n'étant pas aboutie à l'époque.

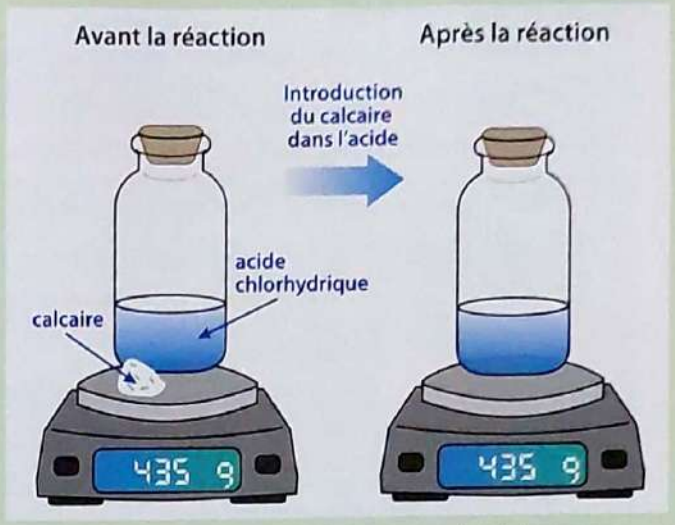
« ... car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications. »

Texte original d'Antoine Lavoisier.

2. Il faut prendre des précautions pour mettre cette propriété en évidence.
Ainsi, dans l'expérience précédente, si l'on pèse réactifs et produits, on n'observera pas de conservation de la masse car un autre réactif intervient.

Scanné avec CamScanner

- L'expérience a lieu dans l'air et le dioxygène de l'air va participer aussi bien à la combustion d'une partie de l'aluminium que d'une partie du fer. D'une façon générale, il faut veiller à tenir compte des gaz pour assurer la vérification.
- Un exemple simple :
  Réalise sur le plateau d'une balance la réaction de l'acide chlorhydrique sur le calcaire.
  Si le milieu réactionnel est ouvert, la masse diminue car le dioxyde de carbone s'échappe.
  Pour vérifier la conservation de la masse, il faut opérer dans un réacteur fermé.



Vérification expérimentale de la conservation de la masse.

Activité 5 Étudie les conséquences des conditions expérimentales sur l'équation-bilan

1. Indique si dans le cas de l'expérience de l'activité 1, les proportions stœchiométriques sont respectées.
2. Indique si l'un des réactifs est en excès.
3. Indique le réactif qui fait que la réaction cesse.
4. Indique la conséquence sur l'écriture de l'équation-bilan.

Bilan de l'activité

1. Dans l'expérience de l'activité 1, les proportions stœchiométriques ne sont pas respectées pour la réalisation de l'expérience, aucune mesure préalable n'a été effectuée.
2. Le réactif en excès est le cuivre.
3. Le réactif qui fait que la réaction cesse est l'ion argent.
   Celui-ci est le réactif limitant. La quantité disponible est épuisée avant que le cuivre n'ait intégralement réagi.
4. **L'équation-bilan n'est pas modifiée.**
   Elle traduit la conservation des éléments et des charges, elle relate l'évolution des espèces chimiques entre l'état initial et l'état final, non les conditions expérimentales.

Activité 6 Étudie les conséquences des conditions expérimentales sur le bilan de matière

Reprends la réaction de l'activité 3. Tu réalises maintenant l'expérience en utilisant un mélange de 4,32 g d'aluminium et de 24 g d'oxyde de fer.

1. Décris en quantités de matière l'état initial et l'état final du système chimique.
2. Décris en masses l'état initial et l'état final.
3. Conclus.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. Calculons les quantités de matière initiales correspondant aux masses de l'expérimentation.

– Aluminium : $n(Al) = \frac{m}{M(Al)}$; $n(Al) = \frac{4,32}{27}$; $n(Al) = 0,16$ mol d'aluminium.

– Oxyde de fer : $n(Fe_2O_3) = \frac{m}{M(Fe_2O_3)}$; $n(Fe_2O_3) = \frac{24}{160} = 0,15$ mol d'oxyde de fer.

- Pour connaître l'état final, il faut rechercher le réactif limitant.
- D'après l'équation-bilan :

$Fe_2O_3 + 2\,Al \rightarrow 2\,Fe + Al_2O_3$

Une mole d'oxyde de fer (III) réagit avec deux moles d'aluminium pour former deux moles de fer et une mole d'oxyde d'aluminium.

On utilise ici n = 0,15 mole d'oxyde de fer, leur réaction nécessiterait n = 0,30 mole d'aluminium.

- L'aluminium est ici en quantité insuffisante pour assurer la consommation totale du réactif oxyde de fer. L'aluminium est le réactif limitant.
- $n(Al) = 0,16$ mole d'aluminium ne permet la réaction que de $n(Fe_2O_3) = \frac{0,16}{2} = 0,08$ mol d'oxyde de fer.

Il restera donc $n(Fe_2O_3) = 0,15 - 0,08 = 0,07$ mol d'oxyde de fer.

Il se forme 0,16 mole de fer et 0,08 mol d'oxyde d'aluminium.

2. La connaissance des quantités de matière donne accès aux masses : m = n.M

Masse d'oxyde de fer utilisé :

$m(Fe_2O_3) = n.\,M(Fe_2O_3)$; $m(Fe_2O_3) = 0,08 \times 160 = 12,8$ g d'oxyde de fer

Masse d'oxyde de fer restant :

$m(Fe_2O_3) = n.\,M(Fe_2O_3)$; $m(Fe_2O_3) = 0,07 \times 160 = 11,2$ g d'oxyde de fer

Masse de fer obtenu :

$m(Fe) = n.\,M(Fe)$; $m(Fe) = 0,16 \times 56 = 8,96$ g de fer

Masse d'oxyde d'aluminium obtenu :

$m(Al_2O_3) = n.\,M(Al_2O_3)$; $m(Al_2O_3) = 0,08 \times 102 = 8,16$ g d'oxyde d'aluminium

3. On peut résumer les états initial et final dans un tableau :

$Fe_2O_3 + 2\,Al \rightarrow 2\,Fe + Al_2O_3$				
	Fe_2O_3	Al	Fe	Al_2O_3
État initial (mol)	0,15	0,16	0	0
État final (mol)	0,07	0	0,16	0,08
État initial (g)	24	4,32	0	0
État final (g)	11,2	0	8,96	8,16

- On constate que la masse du système chimique dans l'état initial est égale à la masse du système chimique dans l'état final :

Masse du système initial :

24 + 4,32 = 28,32 g

Masse du système final

11,2 + 8,96 + 8,16 = 28,32 g

- On constate que la masse des réactifs utilisés est égale à la masse des produits :

Masse des réactifs utilisés :

(24 – 11,2) + 4,32 = 17,12 g

Masse des produits :

8,96 + 8,16 = 17,12 g

Scanné avec CamScanner

Retiens l'essentiel

- ✔ Un système chimique est un mélange d'espèces chimiques.
- ✔ Un système chimique peut être dans un état d'équilibre et ne connaître aucune évolution.
- ✔ Lorsqu'un système chimique évolue, des espèces chimiques sont consommées et de nouvelles espèces chimiques se forment. Le système passe d'un état initial à un état final différent. Il y a transformation chimique.
- ✔ Les espèces chimiques consommées sont les **réactifs**, les espèces nouvelles sont les **produits**.
- ✔ Au cours des transformations chimiques, les éléments et les charges sont conservés.
- ✔ On modélise une transformation chimique par une réaction chimique qui traduit le passage des réactifs aux produits.
- ✔ On symbolise la réaction chimique par une équation-bilan utilisant les symboles et formules chimiques.
- ✔ Une équation-bilan doit traduire la conservation des éléments et des charges électriques.
- ✔ Une équation-bilan permet le passage du microscopique au macroscopique en offrant une lecture en quantité de matière, les symboles et formules représentant conventionnellement des moles des espèces chimiques.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Dans tous les exercices, on prendra le volume molaire des gaz égal à 24 L.mol^{-1}.

Exercice 1

Dis si chacune des propositions est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
L'eau est une espèce chimique.		
La fusion de la glace est une transformation chimique.		
Dans les combustions, l'élément oxygène disparaît.		
Dans les combustions, le dioxygène est un réactif.		
Dans les transformations chimiques, il y a conservation des électrons.		
Dans une équation-bilan, les nombres stœchiométriques sont facultatifs.		
La présence d'un réactif en excès modifie l'équation-bilan.		
Une transformation chimique peut dépendre de la température.		

Exercice 2

Tu disposes d'un tube à essai plein de dihydrogène gazeux.

Tu enflammes ce gaz dans l'air.

1. **Dresse le bilan des espèces chimiques présentes à l'état initial.**
2. **Dresse le bilan des espèces chimiques présentes à l'état final.**
3. **Écris les formules des réactifs.**
4. **Écris les formules des produits.**
5. **Écris l'équation-bilan de la réaction.**
6. **Indique si l'un des réactifs est limitant.**
7. **Indique si l'un des réactifs est en excès.**

Exercice 3

Le butane est le gaz utilisé dans les briquets comme à la maison pour la cuisson des aliments.

1. **Rappelle sa formule.**
2. **Écris l'équation-bilan de sa combustion.**
3. **Tu brûles V = 2 L de butane. Détermine le volume de dioxygène nécessaire.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 4

L'éthanol de formule C_2H_6O brûle dans le dioxygène de l'air.

1. **Écris l'équation-bilan de sa combustion.**
2. **Un volume V = 3 L de dioxygène a été nécessaire pour assurer la combustion d'un échantillon d'éthanol, détermine le volume de dioxyde de carbone formé.**

Exercice 5

Tu jettes un petit morceau de sodium dans l'eau d'un cristallisoir.

Le sodium réagit avec l'eau pour donner du dihydrogène et de l'hydroxyde de sodium NaOH.

1. **Écris l'équation-bilan de cette réaction.**

Le dihydrogène formé s'enflamme spontanément dans le dioxygène de l'air.

2. **Écris l'équation-bilan de cette réaction.**

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Tu disposes d'une solution d'acide chlorhydrique (H_3O^+, Cl^-) et de clous de fer.

Tu plonges un clou dans un tube à essai contenant de l'acide.

Tu observes un dégagement gazeux, il s'agit de dihydrogène.

La solution se colore en vert pâle.

1. **Schématise l'expérience.**
2. **Établis le bilan des espèces chimiques dans l'état initial.**
3. **Détermine les réactifs et les produits de la réaction chimique que tu observes.**
4. **Détermine les espèces chimiques indifférentes.**
5. **Écris l'équation-bilan de la réaction.**

Au bout d'un certain temps, le dégagement gazeux cesse.

6. **Établis le bilan des espèces chimiques dans l'état final.**

Exercice 7

Équilibre les équations-bilans suivantes.

$Cu + O_2 \rightarrow CuO$

$Fe_3O_4 + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$

$Fe + Cl_2 \rightarrow FeCl_2$

$Al + S \rightarrow Al_2S_3$

$SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$

$C_2H_6 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

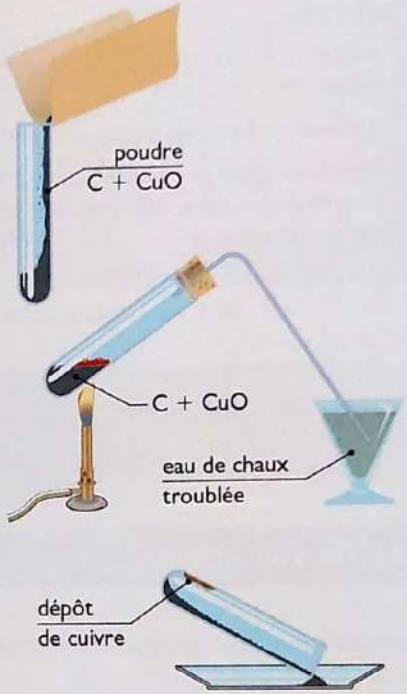
$CO + Fe_3O_4 \rightarrow CO_2 + Fe$

$Zn + H_3O^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2 + H_2O$

Exercice 8

En travaux pratiques, tu réduis de l'oxyde de cuivre II par le carbone.

Tu disposes de m = 1,5 g de carbone en poudre et d'un flacon d'oxyde de cuivre.



1. **Identifie les réactifs et les produits.**
2. **Écris l'équation-bilan de la réaction.**
3. **Tu veux réaliser un mélange stœchiométrique. Détermine la masse d'oxyde de cuivre que tu dois peser pour utiliser la masse m = 1,5 g de carbone.**
4. **Détermine la masse de cuivre métallique que tu dois obtenir.**
5. **Détermine le volume de dioxyde de carbone produit.**

Exercice 9

L'octane est un hydrocarbure liquide constituant de l'essence de formule C_8H_{18}.

Un litre d'essence contient 6 moles d'octane.

Un litre d'essence est brûlé dans le dioxygène de l'air.

1. **Écris l'équation-bilan de sa combustion.**
2. **Détermine le volume de dioxygène nécessaire à la combustion.**
3. **Détermine le volume de dioxyde de carbone produit.**
4. **Détermine le volume d'eau liquide produite.**

Scanné avec CamScanner

La longue histoire de la constante d'Avogadro



Doc. 4 *Amedeo Avogadro (1776-1856).*

L'histoire de la constante d'Avogadro commence au XIXe siècle.

En 1811, le chimiste et physicien italien Amedeo Avogadro émet, pour la première fois, l'idée que « le nombre de molécules dans les gaz est toujours le même à volume égal ».

Pour la majorité des chimistes du début du XIXe siècle, l'existence d'atomes est encore une idée saugrenue. Mais pour Avogadro, elle est la seule qui permette d'expliquer de nombreux résultats expérimentaux.

Négligée pendant une cinquantaine d'années, l'hypothèse d'Avogadro est mise à l'honneur en 1858 par l'Italien Stanislao Cannizzaro.

L'Autrichien Johann Loschmidt détermine une première valeur $N_L = 2{,}6868 \times 10^{25}$ particules par m^3 de gaz.

L'Américain Robert Millikan détermine la charge d'un électron en 1910, et comme la charge d'une mole d'électron est connue depuis 1834 grâce aux travaux du Britannique Michael Faraday sur l'électrolyse, la valeur du nombre d'Avogadro est alors obtenue en divisant la charge d'une mole d'électrons par la charge d'un électron.

Après différentes définitions, la communauté scientifique adopte en 1971 la définition suivante :

« **La mole est l'unité de quantité de matière qui contient autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes de carbone 12 dans 12 g de carbone 12.** »

Après cinquante ans d'utilisation, la 26e Conférence générale des poids et mesures (CGPM) révise le Système international d'unités (SI) et abroge cette définition.



Doc. 5 *Bureau international des poids et mesures.*

Elle décide qu'à compter du 20 mai 2019, le Système international d'unités, le SI, est le système d'unités selon lequel :

- **la vitesse de la lumière dans le vide, c, est égale à 299 792 458 m/s ;**
- **la charge élémentaire, e, est égale à $1{,}602\,176\,634 \times 10^{-19}$ C ;**
- **la constante d'Avogadro, N_A, est égale à $6{,}022\,140\,76 \times 10^{23}$ mol^{-1}.**

Il s'agit d'une valeur exacte. Par conséquent, cette nouvelle définition de la mole et de la valeur de la constante d'Avogadro ne sont plus dépendantes de la définition du kilogramme.

Cela souligne la distinction entre les grandeurs fondamentalement différentes « quantité de matière » et « masse ».

Scanné avec CamScanner

Le chlorure de sodium solide

Habiletés et contenus

- ✔ Connaître la formule statistique du chlorure de sodium.
- ✔ Décrire la structure microscopique du chlorure de sodium.
- ✔ Expliquer :
  - la neutralité électrique du chlorure de sodium ;
  - la cohésion du cristal du chlorure de sodium.
- ✔ Justifier :
  - le caractère isolant du cristal ;
  - la stabilité thermique du cristal.

Découvre le sujet

La régularité des formes des cristaux a toujours intrigué. Pour obtenir de beaux cristaux de chlorure de sodium, réalise une solution saturée de sel dans de l'eau très propre. Place la solution dans un récipient sans le sel excédentaire. Place ce récipient dans un lieu très calme, sans vibrations, sans courant d'air, à l'ombre, de façon à ce que l'eau puisse s'évaporer doucement. Après quelques semaines, tu pourras récolter de beaux cristaux réguliers.
Sois patient.



Doc. 1 *Cristaux de chlorure de sodium.*

Développe le sujet

Activité 1 Étudie les éléments sodium et chlore

1. Utilise la classification périodique des éléments pour décrire la structure électronique des atomes de sodium et de chlore.
2. Justifie la formation des ions sodium et chlorure.

Bilan de l'activité

1. La structure électronique du sodium, de numéro atomique Z = 11, est $K^2L^8M^1$.
   La structure électronique du chlore, de numéro atomique Z = 17, est $K^2L^8M^7$.
2. Ces atomes gagnent en stabilité en obtenant une dernière couche en octet.
   Ils se transforment alors en ions Na^+ de structure K^2L^8, et Cl^- de structure $K^2L^8M^8$.
   Pour les atomes de ces éléments, la tendance à perdre ou capter un électron est très forte car le gain en stabilité est très important.
   Il faut bien comprendre que ces ions très abondants dans la nature, présents par milliards de tonnes dans l'eau de mer, n'y retournent jamais à l'état atomique, ce qui prouve leur grande stabilité.

Scanné avec CamScanner

Activité 2 Modélise la formation du chlorure de sodium

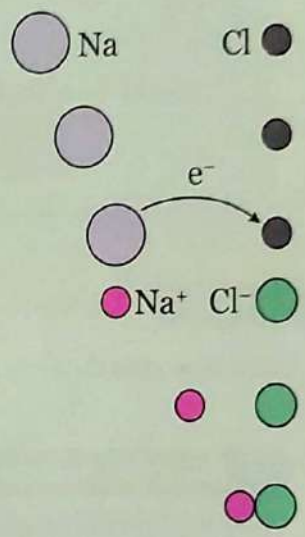
1. Le sodium brûle dans le dichlore pour donner du chlorure de sodium solide. Écris l'équation-bilan de cette réaction. Renseigne-toi sur les dangers du chlore et du sodium.
2. Modélise l'interaction microscopique entre un atome de sodium et un atome de chlore.



Doc. 2 Combustion du sodium dans le dichlore.

Bilan de l'activité

1. La réaction entre le sodium et le dichlore est très vive, il se forme du chlorure de sodium solide, blanc, qui se dépose sur les parois du flacon.
   - L'équation-bilan s'écrit :
     $2\,Na + Cl_2 \rightarrow 2\,NaCl$
   - Le dichlore est un gaz toxique, suffocant et très réactif. Par exemple, son mélange avec le dihydrogène est explosif.
     Le sodium s'oxyde rapidement au contact de l'air, réagit violemment avec l'eau, il doit être conservé dans de l'huile.
     Pour ces raisons, l'expérience ne peut être conduite que par le professeur.
2. Considérons un atome de sodium et un atome de chlore qui se rapprochent. À partir d'une certaine distance, le sodium perd un électron au profit de l'atome de chlore. On obtient les ions Na^+ et Cl^-. Ces deux particules ioniques chargées d'électricité de signes contraires s'attirent et forment une paire d'ions.



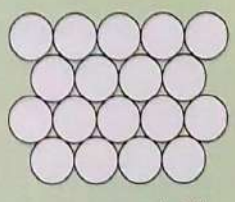
Formation d'une paire d'ions.

Activité 3 Découvre l'assemblage des paires d'ions Na^+ et Cl^- dans le solide

1. En considérant les structures électroniques des ions Na^+ et Cl^-, prévois les dimensions respectives de l'un par rapport à l'autre.
2. Procure-toi des billes et place-les dans une boîte transparente de façon à obtenir plusieurs couches. Observe comment s'organise le rangement.
3. Considère un ion négatif, indique le signe des ions qui auront tendance à l'entourer. Considère un ion positif, indique le signe des ions qui auront tendance à l'entourer. Propose une disposition possible pour un empilement d'ions Na^+ et Cl^-.

Bilan de l'activité

1. L'ion sodium possède deux couches électroniques, l'ion chlorure trois. L'ion sodium est plus petit que l'ion chlorure.
   Le rayon de l'ion sodium est d'environ 100 pm, celui de l'ion chlorure de 180 pm.
2. Avec des billes, on observe qu'il existe plusieurs types possibles d'organisation, mais que celles-ci sont toujours ordonnées, au moins localement.



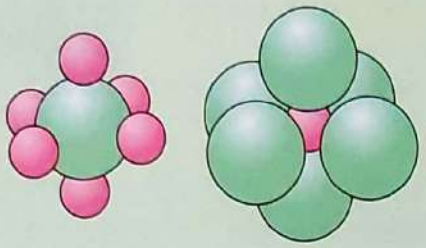
Arrangement de billes.

Scanné avec CamScanner

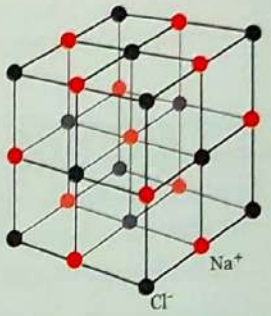
3. On peut assimiler les ions à des sphères et dans le cas du chlorure de sodium, chaque ion Na^+ aura tendance à s'entourer d'ion Cl^-, et chaque ion Cl^- aura tendance à s'entourer d'ions Na^+.
On obtient la structure présentée ci-contre.
Chaque cation Na^+ est entouré de six anions Cl^-.
Chaque anion Cl^- est entouré de six cations Na^+.



Structure du chlorure de sodium compacte.



Chaque ion est entouré de six ions de charge opposée.



Structure du chlorure de sodium éclatée.

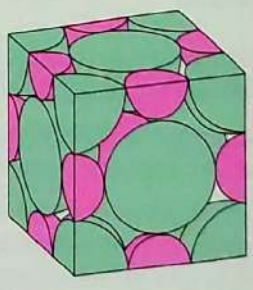
Activité 4 Vérifie la neutralité du solide chlorure de sodium

Utilise le modèle du cristal de chlorure de sodium pour vérifier l'électroneutralité de la matière.

Bilan de l'activité

- On constate que le solide est un assemblage multiple de paires d'ions, il est donc neutre.
  On peut le vérifier en isolant une partie élémentaire de la construction du cristal : la maille.
- Le solide entier s'obtient par translation de cette maille dans les trois directions de l'espace.
- Un ion placé sur une face de la maille appartient à deux mailles élémentaires, il compte pour une demi-charge. Un ion placé au sommet du cube contribue pour un huitième, etc.

Emplacement	Nombre des ions	
	Na^+	Cl^-
Centre de la maille	1	0
Centre des 6 faces	0	$6 \times 1/2 = 3$
Centre des 12 arêtes	$12 \times 1/4 = 3$	0
Aux 8 sommets	0	$8 \times 1/8 = 1$
Total	4	4



Maille du chlorure de sodium.

- On vérifie ainsi que la maille élémentaire contient le même nombre de charges positives que de charges négatives, c'est-à-dire autant d'ions Na^+ que d'ions Cl^- : le solide chlorure de sodium est électriquement neutre.
- La formule du chlorure de sodium peut s'écrire sous forme ionique (Na^+, Cl^-) ou sous forme statistique NaCl.
  Cette formule statistique ne signifie pas que le cristal contient des groupements NaCl, mais que globalement les ions Na^+ et Cl^- sont en nombres égaux.

Scanné avec CamScanner

Activité 5 Étudie les conséquences de la structure du chlorure de sodium

1. Indique pourquoi la structure explique la forme observée des cristaux.
2. Indique si le chlorure de sodium solide est un conducteur électrique ou un isolant. Propose une vérification expérimentale.
3. Indique si le chlorure de sodium est facilement fusible ou non. Propose une vérification expérimentale.

Bilan de l'activité

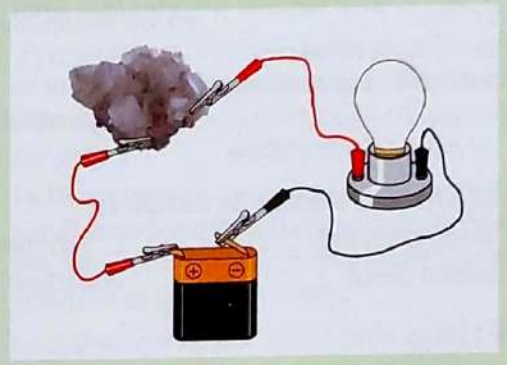
1. On observe que la structure microscopique correspond à un arrangement des ions suivant des directions orthogonales. Les frontières des cristaux sont planes. On retrouve cet arrangement au niveau macroscopique : les cristaux sont de forme cubique ou parallélépipédique rectangle.

2. Pour qu'un corps soit conducteur de l'électricité, il doit posséder des charges susceptibles de se déplacer.
Ce n'est pas le cas du chlorure de sodium. Les ions sont prisonniers d'un réseau rigide et sont incapables de se mouvoir. D'autre part, il n'existe pas d'électrons libres. La structure en octet de chacun des ions, particulièrement stable, ne peut libérer d'électrons.

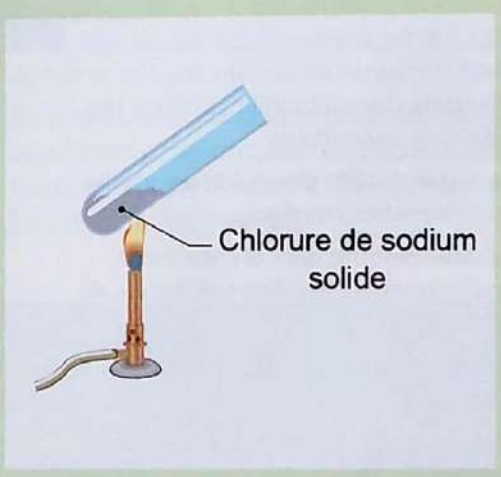
- Le chlorure de sodium est un isolant électrique. On peut le vérifier en faisant un test de conduction classique (voir ci-contre), ou mieux en utilisant un montage avec un transistor en « tout ou rien ».

3. On constate que chaque cation est entouré directement par six anions de signe contraire et réciproquement chaque anion est entouré de six cations.

- Les forces de cohésion sont donc très nombreuses, dans toutes les directions. Le chlorure de sodium doit avoir une grande stabilité thermique.
- On peut le vérifier expérimentalement : la fusion du chlorure de sodium est difficile. La température de fusion vaut $T_f = 801$ °C.



Vérification de la conductivité du chlorure de sodium.



Difficile fusion du chlorure de sodium.

Retiens l'essentiel

- ✓ **Le chlorure de sodium est un solide ionique formé d'un empilement régulier d'ions Na^+ et Cl^-. Ces ions sont en nombres égaux, le solide est électriquement neutre.**
- ✓ **La formule statistique du chlorure de sodium est NaCl.**
- ✓ **Du fait de sa structure microscopique, le chlorure de sodium est un isolant électrique.**
- ✓ **Chaque ion étant fortement lié à ses voisins, la structure est d'une grande stabilité et la température de fusion est élevée.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. Lors de la formation du chlorure de sodium, il y a transfert d'électron de l'atome de _____ vers l'atome de _____ .
2. La liaison qui se crée entre l'ion _____ et l'ion _____ est une liaison ionique. Les charges de signes _____ s'attirent. La force qui maintient les _____ dans le cristal est de nature électrostatique.
3. Un cristal de chlorure de sodium est électriquement _____ , il contient autant d'ions _____ que d'ions _____ .

Exercice 2

Dis si chacune des propositions est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Dans le chlorure de sodium, les éléments chlore et sodium mettent des électrons en commun.		
La fusion du chlorure de sodium est une transformation chimique.		
Les ions présents dans le chlorure de sodium rendent le solide conducteur de l'électricité.		
L'ion sodium est plus petit que l'ion chlorure.		
Dans le cristal, chaque ion sodium est entouré de six ions chlorure.		
Le chlore et le sodium appartiennent à la même famille d'éléments.		
L'ion sodium est chimiquement plus stable que l'atome de sodium.		
Le chlorure de sodium est un produit rare dans la nature.		

Exercice 3

On brûle $m = 1{,}15$ g de sodium dans du dichlore gazeux dans des conditions où le volume molaire vaut 24 L/mol^{-1}.

1. **Détermine le volume de dichlore nécessaire.**
2. **Détermine la masse de chlorure de sodium obtenu.**
3. **Détermine le nombre d'ions sodium présents dans le cristal.**

Exercice 4

Ton camarade de classe te demande si le bromure de sodium peut exister.

En t'appuyant sur les structures électroniques, apporte une réponse à ton camarade.

Prévois alors la formule de ce composé, s'il existe.

Exercice 5

Tu disposes de chlorure de potassium solide.

1. **Détermine les ions qui le composent.**
2. **Détermine sa formule statistique.**
3. **Prévois si ce solide est conducteur ou isolant.**
4. **Prévois la taille de l'ion potassium par rapport à la taille de l'ion sodium.**

Exercice 6

Le volume total de l'eau des mers et des océans est estimé à 1 300 millions de km^3.

La salinité moyenne de l'eau de mer en chlorure de sodium est $s = 35$ g/L.

Détermine la masse de chlorure de sodium disponible dans l'ensemble des mers et océans.

Réinvestis tes acquis

Exercice 7

Chaque ion sodium est entouré de six ions chlorure.

Explique comment le chlorure de sodium peut être électriquement neutre dans ces conditions.

Exercice 8

Il existe de très nombreux composés ioniques.

Utilise la classification périodique et les formules électroniques pour déterminer les formules statistiques :

- **du bromure de magnésium**
- **de l'iodure de calcium**
- **du sulfure de béryllium**
- **de l'oxyde de calcium**
- **de l'oxyde de lithium**
- **du chlorure de magnésium**

Exercice 9

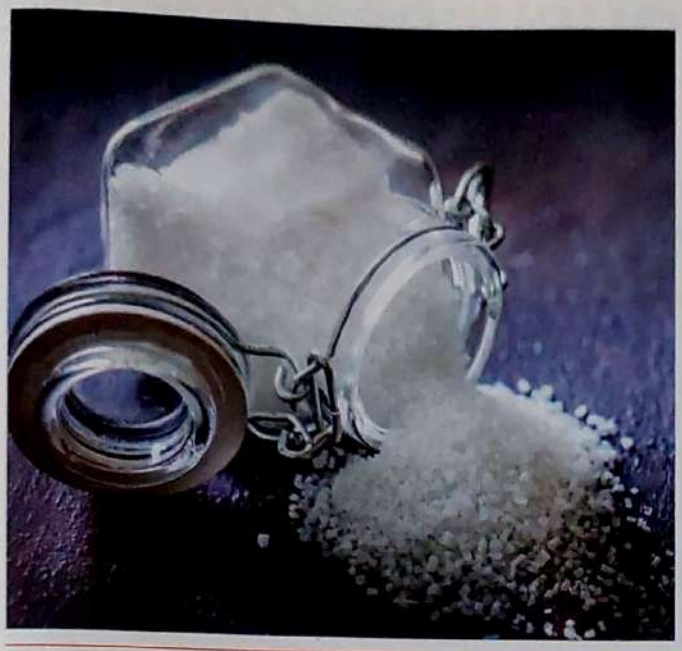
En travaux pratiques, le professeur réalise la combustion du sodium dans le dichlore.

Il introduit une masse $m = 0{,}92$ g de sodium dans un flacon de volume $V = 1$ L de dichlore et l'enflamme ($V_M = 24$ L.mol^{-1}).

1. **Identifie les réactifs et les produits.**
2. **Écris l'équation-bilan de la réaction.**
3. **Détermine le réactif limitant.**
4. **Détermine la masse de chlorure de sodium obtenu.**

Scanné avec CamScanner

La lente évolution de la chimie



Doc. 3 *Le chlorure de sodium présent dans les cuisines du monde entier.*

Na
Sodium

Le sodium et le chlore sont deux éléments abondants sur Terre. Le chlorure de sodium est connu et utilisé depuis la plus haute antiquité.

Les textes anciens le présentent comme agent de sapidité, de conservation des aliments mais aussi comme stérilisant des sols.

Mais il a fallu aux savants bien des millénaires pour passer de l'ion sodium au sodium métallique comme de l'ion chlorure au chlore, corps pur simple.

Le fer est bien caché au sein de ses oxydes et son élaboration demanda beaucoup de travail aux forgerons d'autrefois. Le sodium l'est encore plus au sein du sel marin.

Le sodium métallique ne fut isolé qu'en 1807 par le chimiste britannique Humphry Davy qui réalisa l'électrolyse de la soude caustique.

C'est un métal mou, gris argenté, qui fond à 98 °C. Très réactif, il doit être conservé à l'abri de l'air et de l'eau.

Il est utilisé dans la chimie pharmaceutique, comme réducteur d'oxydes métalliques en métallurgie, et dans l'industrie nucléaire comme liquide de refroidissement.

Cl
Chlore

L'ion chlorure qui lui est associé dans la nature a résisté également longtemps aux chimistes et ce n'est qu'en 1774 que le Suédois Carl Scheele obtint par hasard du dichlore en faisant réagir de l'acide chlorhydrique sur du permanganate de potassium. Il pense alors que le gaz obtenu est un composé de l'oxygène et il faut attendre 1809 pour que Humphry Davy le reconnaisse comme corps simple et lui donne son nom qui signifie « vert ».

Le chlore, gaz très réactif, est extrêmement toxique. Il fut utilisé comme gaz de guerre. Il est aujourd'hui utilisé en chimie organique et au quotidien comme agent désinfectant, oxydant, bactéricide et fongicide. On trouve ses dérivés dans l'eau de Javel, dans la désinfection de l'eau potable ou de l'eau des piscines.

Enfin, ions chlorure et ions sodium participent aux différents équilibres ioniques des cellules vivantes, mais leur contribution relève le plus souvent de phénomènes physiques.



Doc. 4 *Pastilles de chlore pour le traitement de l'eau des piscines.*

Scanné avec CamScanner

Solutions aqueuses ioniques

Habiletés et contenus

- ✔ Interpréter le phénomène de dissolution d'un composé ionique dans l'eau.
- ✔ Définir :
  - le solvant ;
  - le soluté ;
  - la solubilité ;
  - la concentration massique volumique ;
  - la concentration molaire volumique.
- ✔ Écrire l'équation-bilan de dissolution d'un composé ionique dans l'eau.
- ✔ Déterminer :
  - la concentration massique volumique ;
  - la concentration molaire volumique.
- ✔ Montrer l'électroneutralité d'une solution aqueuse ionique.
- ✔ Connaître le rôle du solvant.
- ✔ Écrire :
  - les équations des réactions aux électrodes ;
  - l'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.
- ✔ Exploiter l'équation-bilan de la réaction d'électrolyse.

Découvre le sujet

Verse du sel dans l'eau et observe.
Le chlorure de sodium solide, particulièrement stable, qui s'oppose au passage du courant, qui résiste si bien à l'augmentation de température, se désagrège et se dissout.
Comment l'eau parvient-elle à démolir une structure si stable ?
Recherche si tu connais d'autres solides qui présentent le même phénomène.



Doc. 1 *Dissolution du chlorure de sodium.*

Développe le sujet

Activité 1 Étudie la conductivité électrique d'une solution de chlorure de sodium

Dans la leçon précédente, tu as réalisé le test de conduction d'un cristal de chlorure de sodium.
Tu as constaté que c'était un isolant.
Réalise le même test avec une solution de chlorure de sodium.

1. Indique ce que tu constates.
2. Propose une interprétation.

Bilan de l'activité

1. On constate que les solutions aqueuses de chlorure de sodium sont conductrices de l'électricité.
2. Cette propriété ne peut s'expliquer que si le milieu possède des charges électriques susceptibles de se déplacer.

- L'eau est formée de molécules neutres et l'on sait que pure, elle n'est que très faiblement conductrice. Il doit donc exister des ions mobiles dans cette solution.

Scanné avec CamScanner

- On doit admettre que la dissolution des cristaux de chlorure de sodium libère les ions Na^+ et Cl^-.
- Le courant électrique dans la solution consiste en une double migration des ions :
  – les ions Na^+ dans le sens du courant ;
  – les ions Cl^- dans le sens opposé au sens du courant.

Activité 2 Interprète la dissolution du chlorure de sodium

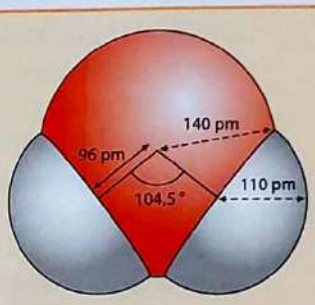
1. Place un gros cristal de chlorure de sodium dans un bécher contenant de l'eau et observe soigneusement. Indique tes constatations.
2. Rappelle de quelle nature sont les forces de cohésion du cristal.
3. Indique ce qu'on peut dire des forces à l'œuvre pour détruire la structure du cristal.
4. Rappelle la structure spatiale de la molécule d'eau. Propose une interprétation possible pour son action sur le cristal.



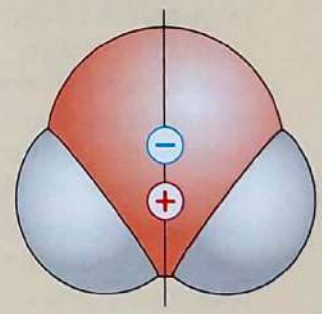
Doc. 2 *Cristaux du chlorure de sodium.*

Bilan de l'activité

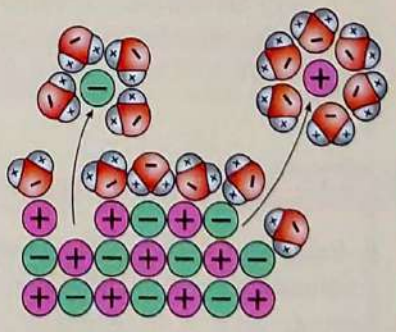
1. Quand on observe soigneusement la dissolution alors qu'elle se produit, on constate que ce sont les arêtes du cristal qui se dissolvent plus vite que les faces. Il semble qu'un écoulement de liquide s'opère le long du cristal.
2. Les forces de cohésion du cristal sont des forces électriques. Chaque ion est retenu par ses voisins portant une charge de signe opposé.
3. Les forces à l'œuvre doivent également être des forces électriques puisqu'elles s'appliquent à des ions.
   - Il ne doit pas y avoir de transferts d'électrons, les structures en octet de Na^+ et Cl^- sont trop stables.
   - Ces forces doivent être d'intensité importante puisqu'elles arrivent à rompre les liaisons de cohésion du cristal.
   - Ces forces ne peuvent être exercées que par les molécules d'eau, seules présentes en dehors du chlorure de sodium.
4. La molécule d'eau est électriquement neutre.
   - Sa structure spatiale est coudée.
     Cela a pour conséquence que le centre de symétrie des charges négatives portées par les électrons se trouve au niveau de l'oxygène, alors que le centre de symétrie des charges positives est décalé vers les atomes d'hydrogène.
   - La molécule d'eau est polaire. Elle présente un côté (pôle) négatif, vers l'atome d'oxygène, et un côté (pôle) positif, vers les deux atomes d'hydrogène.
   - Cette polarité de la molécule d'eau entraîne que les molécules s'orientent autour du cristal en présentant leur extrémité positive face aux ions Cl^- et leur extrémité négative face aux ions Na^+.
   - L'ensemble des forces créées « démolit » le réseau cristallin.
   - Les molécules d'eau en perpétuelle agitation emportent les ions arrachés au cristal.



Modèle compact de molécule d'eau.



Polarité de la molécule d'eau.

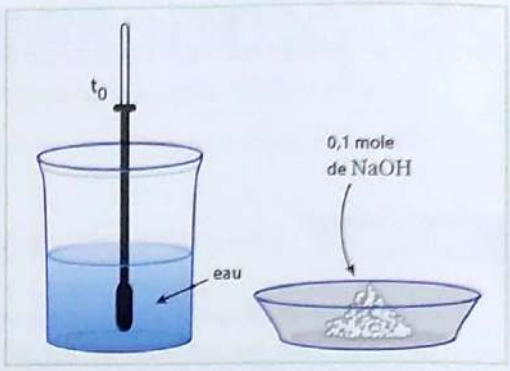


Démolition du cristal.

Scanné avec CamScanner

Activité 3 Découvre les phénomènes thermiques associés à la dissolution

1. Dans un bécher contenant 100 cm^3 d'eau, tu plonges un thermomètre et tu attends que l'équilibre thermique soit réalisé. Tu verses alors n = 0,1 mole d'hydroxyde de sodium. Décris ce que tu observes.
2. Recommence la même expérience en versant n = 0,1 mole de chlorure de sodium dans V = 100 cm^3 d'eau. Note tes observations.
3. Recommence la même expérience en versant n = 0,1 mole de chlorure d'ammonium dans V = 100 cm^3 d'eau. Note tes observations.
4. Propose une explication à tes observations.

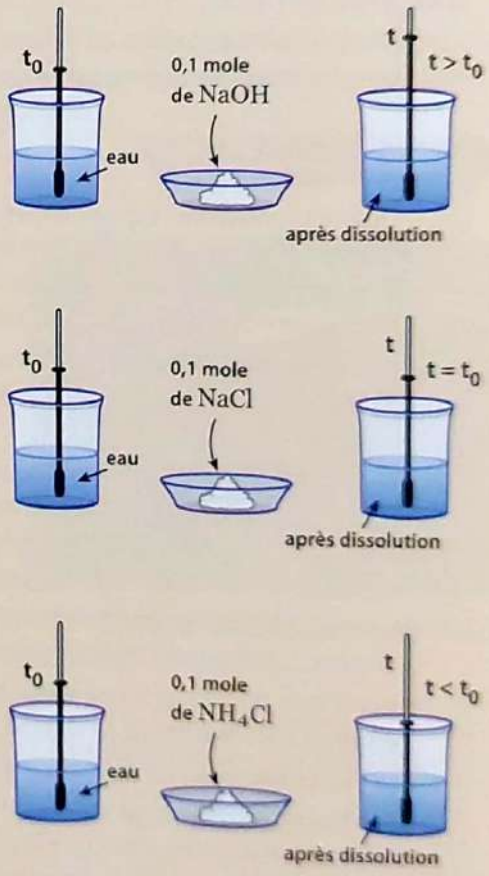


Doc. 3 *Dissolution d'hydroxyde de sodium.*

Bilan de l'activité

1. On constate lors de la dissolution une importante augmentation de la température.
   La dissolution de l'hydroxyde de sodium est un phénomène exothermique.
2. On constate que lors de la dissolution, la température reste pratiquement constante.
   La dissolution du chlorure de sodium est un phénomène athermique.
3. On constate lors de la dissolution une diminution de la température.
   La dissolution du chlorure d'ammonium est un phénomène endothermique.
4. Nous l'avons étudié lors de l'activité précédente, la dissolution correspond à une démolition de l'édifice cristallin.
   Cette démolition nécessite de l'énergie. Cette énergie est fournie par l'eau. La température du milieu devrait baisser lors de la dissolution, l'énergie nécessaire étant prélevée sur celle de l'eau.

- Dans le cas de la soude comme dans de nombreux autres cas, on constate une augmentation de la température. Cela prouve qu'un autre phénomène est associé à la dissolution et que celui-ci libère de l'énergie qui échauffe le milieu.
  Ce phénomène est la solvatation des ions.

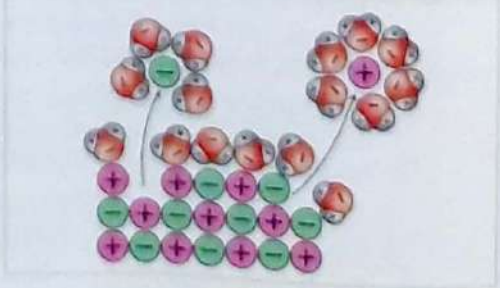


Phénomènes thermiques associés à la dissolution.

Activité 4 Étudie le phénomène de solvatation

Le ***document 4*** schématise comment les molécules d'eau s'orientent autour du cristal et comment elles parviennent à extraire les ions de celui-ci.

Indique ce qu'il peut se passer pour les ions extraits lorsqu'ils se retrouvent au sein des molécules d'eau.

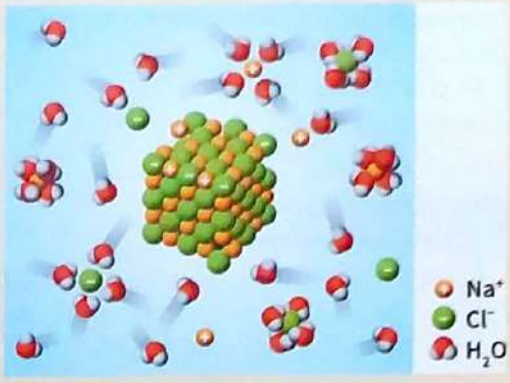


Doc. 4 *Démolition du cristal.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Les ions extraits du cristal se retrouvent au sein de molécules polaires et celles-ci vont s'orienter autour d'eux.
- Les molécules attirées par les ions vont s'unir à eux par des forces électrostatiques.
- Les ions Na^+ vont s'entourer de molécules d'eau présentant leur atome d'oxygène.
- Les ions Cl^- vont s'entourer de molécules d'eau présentant leurs atomes d'hydrogène.
- Le nombre de molécule est variable, il dépend de la taille de l'ion entouré.
- Ce phénomène s'appelle **la solvatation des ions**. Ce phénomène d'attraction et de fixation des molécules d'eau libère de l'énergie, il est exothermique.



Solvatation des ions.

- La variation de température observée à l'activité 3 est un bilan total des deux phénomènes : démolition du cristal et solvatation des ions.
- L'équation de la réaction associée à la dissolution du chlorure de sodium doit s'écrire :

$$NaCl(s) \xrightarrow{eau} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

(s) signifie solide et (aq) signifie aqueux, c'est-à-dire que les ions sont dispersés et solvatés dans la solution.

Activité 5 Étudie les caractéristiques des solutions aqueuses

1. Définis les termes suivants :
- solution aqueuse ;
- solvant ;
- soluté ;
- concentration ;
- solubilité.

2. On définit deux formes de concentration :
- la concentration molaire volumique ;
- la concentration massique volumique.

Propose leurs définitions.

Bilan de l'activité

1. Solution aqueuse : solution d'une substance dans l'eau.
Solvant : nom donné à la substance majoritaire, ici l'eau.
Soluté : nom donné à l'espèce minoritaire dissoute.
Concentration : caractérise la quantité de soluté dissoute dans un volume de solution.
Solubilité : la mise en solution d'un soluté dans un solvant possède en général une limite. Cette limite est la solubilité.

2. La concentration molaire d'une espèce dissoute A est égale au quotient de la quantité n(A) de A dissoute par le volume de la solution obtenue.

- La concentration massique d'une espèce dissoute A est égale au quotient de la masse m(A) de A dissoute par le volume de la solution obtenue.

$$C(A) = \frac{n(A)}{V}$$
n(A) en mole (mol)
V en litre (L)
C(A) en mole par litre ($mol.L^{-1}$)

$$C(A) = \frac{m(A)}{V}$$
m(A) en gramme (g)
V en litre (L)
C(A) en gramme par litre ($g.L^{-1}$)

Concentrations molaire et massique.

Scanné avec CamScanner

Activité 6 Détermine une solubilité

Propose un protocole expérimental pour mesurer la solubilité du chlorure de sodium. Réalise l'expérience.
Exprime cette solubilité :
- en gramme par litre ;
- en mole par litre.

Bilan de l'activité

- Pour mesurer une solubilité, c'est-à-dire la quantité maximale de soluté que le solvant eau peut dissoudre, il faut tenir compte de la température. Chacun sait que le chlorure de sodium est plus soluble à chaud qu'à froid.
- Un protocole simple est le suivant :
  - mesure avec soin un volume d'eau V = 100 mL ;
  - pèse avec soin une masse m = 50 g de sel ;
  - place l'eau dans un bécher sur un agitateur magnétique et ajoute progressivement le sel ;
  - quand la dissolution semble être de plus en plus difficile, ajoute le sel par petite pincée ;
  - arrête l'ajout dès que le moindre cristal ne se dissout plus ;
  - pèse précisément la masse du sel restant, la différence avec la masse initiale donne la masse de sel dissous ;
  - note la température de la solution ;
  - exprime la solubilité en $g.L^{-1}$ et en $mol.L^{-1}$ à la température mesurée.
- Pour le chlorure de sodium, on trouve une solubilité de l'ordre de s = 360g/L.
- La masse molaire du chlorure de sodium vaut :
  $M = M(Na) + M(Cl)$
  $M = 23 + 35,5$
  $M = 58,5\ g.mol^{-1}$
  Soit $n = 360/58,5$; $n = 6,15$ mol.
  $s = 6,15\ mol.L^{-1}$.



Mesure de solubilité.

Activité 7 Prépare une solution de concentration donnée

Prépare V = 100 mL d'une solution de chlorure de cuivre II de concentration $C = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$.
Le chlorure de cuivre possède une solubilité de $760\ g.L^{-1}$ à 25 °C.

1. Établis le protocole expérimental.
2. Réalise l'expérience.
3. Détermine la concentration massique.
4. Détermine la concentration molaire des ions présents.

Bilan de l'activité

1. Il faut :
   - une fiole jaugée de volume 100 mL pour ajuster le volume ;
   - une balance pour peser le chlorure de cuivre ;
   - de l'eau distillée ;
   - du chlorure de cuivre II ;
   - une spatule, une coupelle, une pipette, un entonnoir.

Scanné avec CamScanner

2. Un litre de solution contient n = 0,1 mole de chlorure de cuivre.
Calculons la quantité de chlorure de cuivre dans V = 100 mL = 0,100 L.
$n = C.V$; $n = 0,1 \times 0,100$; $n = 10^{-2}$ mol de chlorure de cuivre.

La masse molaire du chlorure de cuivre vaut :
$M(CuCl_2) = M(Cu) + 2\ M(Cl)$
$M(CuCl_2) = 64 + 2 \times 35,5$
$M(CuCl_2) = 135\ g.mol^{-1}$

La masse de chlorure de cuivre nécessaire vaut :
$m(CuCl_2) = n.M(CuCl_2)$
$m(CuCl_2) = 10^{-2} \times 135$
$m(CuCl_2) = 1,35\ g$

Après avoir pesé cette masse de chlorure de cuivre, il faut l'introduire dans la fiole, le dissoudre dans l'eau et compléter la fiole jusqu'au trait de jauge.
La solution est prête.

3. La concentration massique s'obtient à partir de la concentration molaire.
La solution ayant une concentration molaire de 0,1 $mol.L^{-1}$, elle contient m = n.M ; $m = 0,1 \times 135$; m = 13,5 g de chlorure de cuivre par litre de solution d'où une concentration massique :
$C = 13,5\ g.L^{-1}$.

4. La mise en solution s'écrit : $\mathbf{CuCl_2(s) \xrightarrow{eau} Cu^{2+}(aq) + 2\ Cl^-(aq)}$

- La quantité de matière d'ion Cu^{2+} est égale à la quantité de matière chlorure de cuivre, la quantité de matière d'ion Cl^- est égale au double de quantité de matière chlorure de cuivre.
$C(Cu^{2+}) = 0,1\ mol.L^{-1}$
$C(Cl^-) = 0,2\ mol.L^{-1}$

Remarque : On note souvent la concentration molaire volumique des espèces par le symbole [ ] :
$[Cu^{2+}] = 0,1\ mol.L^{-1}$
$[Cl^-] = 0,2\ mol.L^{-1}$

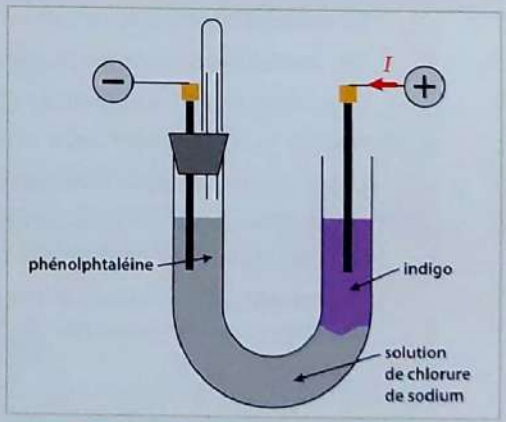
Activité 8 Réalise l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium

1. Réalise l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium dans un tube en U. Du côté de l'électrode négative, ajoute une goutte de phénolphtaléine, du côté de l'électrode positive, ajoute une goutte de colorant organique, par exemple de l'indigo. Ferme le circuit électrique et observe ce qui se passe au niveau des électrodes.

2. Décris tes observations.

3. Écris les réactions attendues et les réactions observées.

4. Écris l'équation-bilan de cette électrolyse.



Doc. 5 Montage pour l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

Bilan de l'activité

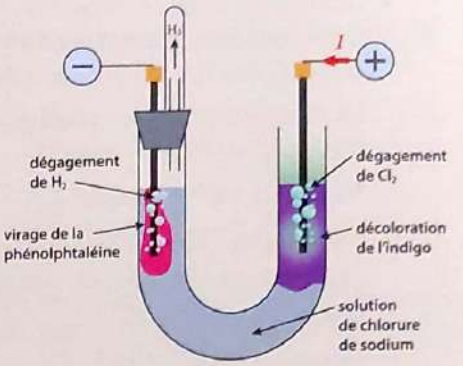
1. Le montage est réalisé dans un tube en U de façon à bien isoler les transformations chimiques qui se produisent au niveau des électrodes.

2. À l'électrode positive (anode), on observe une décoloration de l'indigo, le dégagement d'un gaz verdâtre, à l'odeur caractéristique : le dichlore (attention : ne pas respirer !).
C'est le dichlore qui est responsable de la décoloration de l'indigo.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- À l'électrode négative (cathode), on observe un dégagement gazeux et la coloration de la phénolphtaléine.
- Le virage de l'indicateur coloré prouve la présence d'ions HO^-.
- Le gaz est recueilli dans un tube à essai, il brûle avec une détonation caractéristique : il s'agit de dihydrogène.



Observations lors d'une électrolyse d'une solution de chlorure de sodium.

3. Le milieu réactionnel contient des molécules d'eau, des ions $Na^+(aq)$ et $Cl^-(aq)$.

- Les réactions attendues aux électrodes sont :
  - à l'électrode positive : $2\,Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2\,e^-$
  - à l'électrode négative : $Na^+ + e^- \rightarrow Na$
- On constate que la réaction observée à l'électrode positive est celle attendue. On constate que celle attendue à l'électrode négative n'est pas observée.
- L'ion sodium, très stable, ne réagit pas.
- C'est la molécule d'eau qui est dissociée et qui donne la réaction : $2\,H_2O + 2\,e^- \rightarrow H_2 + 2\,HO^-$

Remarques : Dans cette réaction d'électrolyse, le solvant intervient.
La solution reste électriquement neutre puisque les ions Na^+ sont conservés et que les ions chlorure Cl^- sont remplacés en nombre égal par les ions hydroxyde HO^-.

4. Il y a conservation des électrons qui circulent dans le circuit électrique :
$2\,H_2O + 2\,Cl^- \rightarrow H_2 + 2\,HO^- + Cl_2$

Retiens l'essentiel

- ✔ **Dans les solutions aqueuses ioniques, le solvant est l'eau, les solutés sont des ions plus ou moins solvatés.**
- ✔ **La solvatation consiste en un arrangement de molécules d'eau autour de chaque ion.**
- ✔ **Les molécules d'eau sont polaires et s'orientent en fonction de la charge de l'ion.**
- ✔ **L'équation qui traduit la dissolution d'un solide ionique est de la forme :**
  $NaCl(s) \xrightarrow{\text{eau}} Na^+(aq) + Cl^-(aq)$
- ✔ **Une solution aqueuse ionique est électriquement neutre.**
- ✔ **On appelle solubilité d'un composé solide ionique, la masse maximale de composé que l'on peut dissoudre par litre de solution. La solubilité dépend de la température et de la pression.**
- ✔ **La concentration molaire d'une espèce dissoute A est égale au quotient de la quantité n(A) de A dissoute par le volume de la solution obtenue.**
  $C(A) = [A] = \frac{n(A)}{V}$
  Elle s'exprime en $mol.L^{-1}$.
- ✔ **La concentration massique d'une espèce dissoute A est égale au quotient de la masse m(A) de A dissoute par le volume de la solution obtenue.**
  $C(A) = \frac{m(A)}{V}$
  Elle s'exprime en $g.L^{-1}$.
- ✔ **L'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium permet d'obtenir du dichlore à l'électrode positive et une solution d'hydroxyde de sodium à l'électrode négative.**
- ✔ **Cette électrolyse est réalisée industriellement pour préparer ces produits.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. Certaines dissolutions de solides ioniques dégagent de la chaleur, elles sont _____.
2. Certaines dissolutions de solides ioniques absorbent de la chaleur, elles sont _____.
3. Quand la température est constante au cours d'une dissolution, celle-ci est dite _____.
4. Dans une solution aqueuse, l'espèce chimique majoritaire est _____.
5. Dans une solution, l'espèce majoritaire constitue le _____, les espèces minoritaires sont les _____.

Exercice 2

Dis si chacune des propositions est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
L'eau est le solvant des solutions aqueuses.		
Dans une solution de chlorure de cuivre II, les ions cuivre sont deux fois plus nombreux que les ions chlorure.		
Dans une solution, les concentrations molaires et massiques sont toujours égales.		
Dans une solution saturée, il y a au moins deux types d'ions.		
Si l'on ajoute des cristaux d'une substance A à une solution saturée en A, la concentration de la solution augmente.		
Une réaction exothermique libère de la chaleur.		
La concentration molaire peut s'exprimer en $mol.m^{-3}$.		
Les ions sodium et chlorure sont les seuls ions présents dans la mer.		

Exercice 3

Écris l'équation-bilan de dissolution dans l'eau des solides ioniques suivants :

- $Ca(OH)_2$
- Na_2SO_4
- $FeCl_2$
- $AgNO_3$
- $(NH_4)_2SO_4$

Exercice 4

Un bécher contient une solution aqueuse de chlorure de potassium de volume $V = 100$ mL.
Elle a pour concentration massique volumique $C_m = 20\ g.L^{-1}$.

Calcule la masse de chlorure de potassium présente dans le bécher.

Exercice 5

Ton camarade verse $m = 50$ g de chlorure de sodium dans $V = 100$ mL d'eau.

Calcule la concentration massique de sa solution.

Solubilité du chlorure de sodium dans les conditions de l'expérience : $s = 360\ g.L^{-1}$.

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Une solution de volume $V = 1$ L contient 0,1 mol de sulfate de fer II, 0,1 mol de chlorure de cuivre II et 0,1 mol de chlorure de fer II.

Détermine la concentration molaire de chaque espèce ionique présente dans la solution.

Exercice 7

Le laborantin du lycée doit préparer $V = 500$ mL d'une solution de sulfate d'aluminium de concentration $C = 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

1. **Détermine la masse de sulfate d'aluminium qu'il doit peser.**
2. **Détermine dans la solution obtenue la concentration molaire de chaque espèce ionique présente.**

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 8

Un industriel reçoit la commande d'un volume $V = 1\,000\ m^3$ de dichlore, volume mesuré dans les conditions où le volume molaire a pour valeur $V_M = 10\ L.mol^{-1}$.

1. **Détermine la quantité de matière chlorure de sodium nécessaire à mettre en solution pour produire ce dichlore par électrolyse.**
2. **Détermine la masse de chlorure de sodium correspondant à cette quantité.**
3. **Détermine le volume de dihydrogène obtenu dans les mêmes conditions.**

Exercice 9

Un voisin a passé des examens biologiques.

Lorsqu'il reçoit les résultats, il te demande de lui expliquer les termes et symboles, et de vérifier si les concentrations molaires et massiques données par le laboratoire sont bien équivalentes.

Exploration des Lipides

✔ Cholestérol	5,04	mmol/L
CHOL2 c.501 Roche (A)	1,95	g/L

Chimie du sang

✔ Créatinine	91	µmol/L
Créatininase / c.501 Roche (raccordée à la méth Réf: ID-MS) (A).	10,28	mg/L

Tes recherches t'apprennent que le cholestérol a pour formule $C_{27}H_{46}O$ et la créatinine a pour formule $C_4H_7N_3O$.

1. **Calcule les masses molaires du cholestérol et de la créatinine.**
2. **Vérifie la concordance entre les concentrations molaires et massiques indiquées par le laboratoire.**
3. **Donne ta réponse à ton voisin.**

Exercice 10

En travaux pratiques, le professeur remet à ton groupe une solution de chlorure d'ammonium de concentration $C = 1\ mol.L^{-1}$.

Il vous demande de préparer $V = 100\ mL$ d'une solution de concentration $C' = 0{,}01\ mol.L^{-1}$.

Après débat, vous proposez un protocole opératoire et vous réalisez la dilution.

Tu es chargé de rédiger le compte rendu pour le groupe. Indique ce que tu as écrit.

Exercice 11

Le sulfate de cuivre anhydre est un solide ionique blanc, il a pour formule $CuSO_4$.

Le sulfate de cuivre utilisé au laboratoire est en fait du pentahydrate de sulfate de cuivre ou sulfate de cuivre pentahydraté de formule $(CuSO_4,5H_2O)$, ses cristaux sont de couleur bleue.

1. **Détermine la masse molaire du sulfate de cuivre pentahydraté.**

Tu veux préparer une solution à partir de ces cristaux bleus de concentration $[Cu^{2+}] = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

2. **Détermine la masse de sulfate de cuivre pentahydraté que tu dois dissoudre par litre de solution.**

Scanné avec CamScanner

Une solution très présente dans le corps humain

La solution de chlorure de sodium est présente dans l'organisme humain. On la trouve essentiellement dans le sang, mais les ions sodium et chlorure participent à divers équilibres cellulaires et leurs concentrations sont gérées avec beaucoup de précision.

Dans le sang, les valeurs normales des concentrations des ions sodium (Na^+), potassium (K^+) et chlorure (Cl^-) sont chez l'adulte :

Ions	Na^+	K^+	Cl^-
Plage de concentration En mmol/L	136 à 145	3,5 à 4,9	100 à 110

Dans ce tableau, la concentration de l'ion chlorure ne permet pas la neutralité électrique du sang, cela montre qu'il existe d'autres anions dans le sang qui l'assurent.

Dans l'organisme, on ne trouve le sodium et le chlore que sous forme ionique. Ils sont absorbés sous forme ionique dans l'alimentation et les boissons, ils sont éliminés dans les excréments, les urines et la sueur sous forme ionique.

Le sodium joue un rôle important dans l'équilibre hydrique, il régule les mouvements d'eau entre le milieu intracellulaire et le milieu extracellulaire.

L'ion chlorure est présent dans le suc gastrique qui est une solution concentrée d'acide chlorhydrique.

On utilise en médecine des solutions physiologiques qui sont des solutions de chlorure de sodium de concentration c = 9 g/L. Elles peuvent être injectées en intraveineuse, servir à laver des plaies ou les yeux.

Une autre solution utilisée est le lactate de Ringer. Elle reproduit le milieu ionique sanguin pour ses principaux ions. Elle peut être utilisée pour maintenir temporairement en vie un organe en dehors du corps.

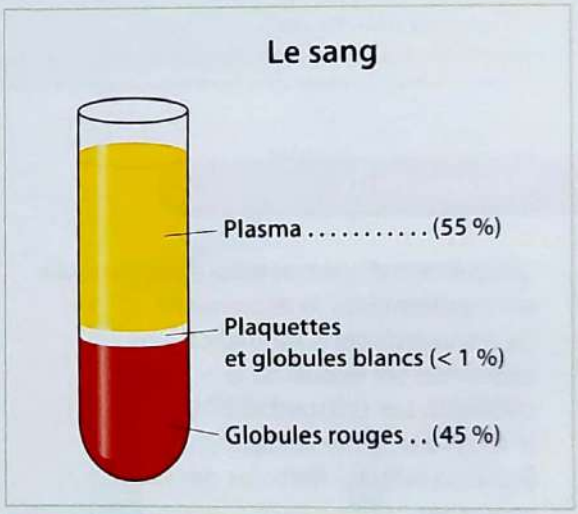
Sa composition est :

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Cl^-	$C_3H_5O_3^-$ (lactate)
mmol/L	131	5	2	111	29

On vérifie que la solution est électriquement neutre.



Doc. 6 *Perfusion de liquide physiologique.*



Doc. 7 *Composition du sang.*

Constituants	Sang (pour 1 litre de plasma)	Urine (pour 1 litre d'urine)
Eau	900 g	950 g
Chlorure de sodium	7 g	8 à 15 g
Potassium	0,2 g	2 à 3 g
Sulfates	0,02 g	2 g
Phosphates	0,04 g	2 g
Protides	80 g	0 g
Lipides	6 g	0 g
Glucose	1 g	0 g
Urée	0,3 g	20 g
Acide urique	0,03 g	0,6 g
Ammoniaque	0,001 g	0,5 g
Créatinine	0,01 g	1 g
Acide hippurique	0 g	0,6 g

Doc. 8 *Comparaison des solutions sang/urine.*

Scanné avec CamScanner

Tests d'identification de quelques ions

Habiletés et contenus

- ✔ Identifier quelques cations :
  - ion argent (Ag^+)
  - ion baryum (Ba^{2+})
  - ion fer II (Fe^{2+})
  - ions fer III (Fe^{3+})
  - ion cuivre II (Cu^{2+})
  - ion zinc (Zn^{2+})
  - ion sodium (Na^+)
- ✔ Identifier quelques anions :
  - ion chlorure (Cl^-)
  - ion sulfate (SO_4^{2-})
  - ion carbonate (CO_3^{2-})
  - ion phosphate (PO_4^{3-})
- ✔ Écrire les différentes équations-bilans des réactions chimiques.
- ✔ Exploiter les équations-bilans des réactions chimiques.

Découvre le sujet

L'étiquetage d'une bouteille d'eau minérale est représenté sur le ***document 1***.
Ce document porte des indications imprécises sur le plan de la notation chimique. Les substances dissoutes le sont sous forme ionique.
Établis la liste des formules des ions concernés.
Indique si l'on commet une erreur sur la masse quand on écrit sodium 238 mg/L plutôt qu'ion sodium 238 mg/L.
Sais-tu comment les chimistes ont identifié la présence de ces ions ?

Paramètre	mg/l	Paramètre	mg/l
Calcium	110,5	Bicarbonates	1298,2
Magnésium	70,5	Sulfates	54,7
Potassium	5,3	Chlorures	3
Sodium	238	Fluorures	<0,05

Doc. 1 *Étiquette d'une eau minérale.*

Développe le sujet

Activité 1 Identifie des ions à la couleur de la solution

Les solutions de chlorure de sodium sont incolores mais de nombreuses solutions ioniques sont colorées.
Indique celles que tu connais et dont la couleur permet presque à coup sûr d'identifier l'ion responsable.

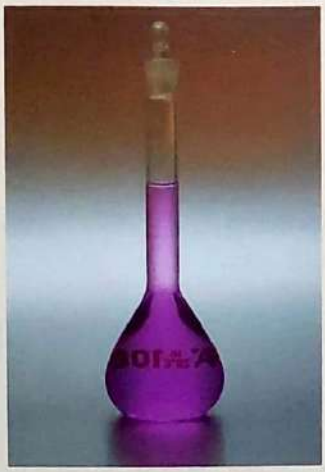


Doc. 2 *Des solutions colorées.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Dans les solutions usuelles :
  - la couleur bleue est due à la présence de l'ion cuivre II hydraté ;
  - la couleur violette est due à l'ion permanganate MnO_4^- ;
  - la couleur vert pâle est due à l'ion fer II ;
  - la couleur rouille orangé est due à l'ion fer III ;
  - une belle couleur orange est due à l'ion dichromate $Cr_2O_7^{2-}$, etc.
- Mais ce critère d'identification n'est pas suffisant car de nombreux ions sont incolores : Zn^{2+}, Al^{3+}, Cl^-, NO_3^-, etc.



Une solution contenant des ions permanganate.

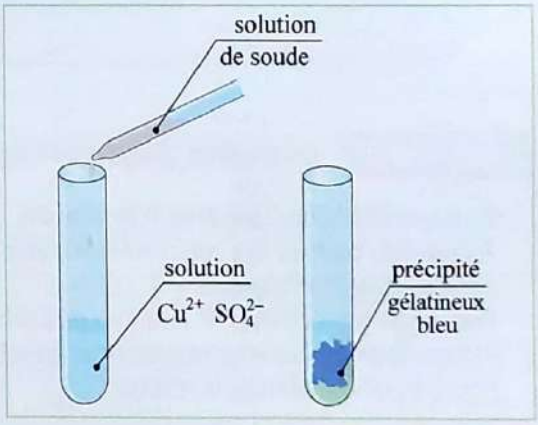


Solutions contenant des ions dichromate.

Activité 2 Identifie des ions métalliques par leurs hydroxydes

Tu as déjà identifié des ions métalliques avec une solution d'hydroxyde de sodium.

1. Donne le nom familier des solutions d'hydroxyde de sodium et les ions présents dans ces solutions.
2. Rappelle les réactions obtenues et les identifications permises.
3. Écris dans chaque cas l'équation-bilan qui traduit la réaction chimique.



Doc. 3 *Test à l'ion hydroxyde.*

Bilan de l'activité

1. Le nom familier des solutions d'hydroxyde de sodium est « solution de soude » ou « soude ».
   - Le solvant est l'eau, les solutés sont l'ion hydroxyde HO^- et l'ion sodium Na^+.
   - C'est un produit dangereux pour la peau et les yeux : manipuler avec des lunettes, se rincer les mains en cas de contact accidentel.
2. Beaucoup d'ions métalliques précipitent sous forme d'hydroxydes métalliques hydratés, d'aspect gélatineux :
   - le cuivre donne un précipité bleu ;
   - le fer II donne un précipité vert ;
   - le fer III donne un précipité rouille ;
   - le zinc donne un précipité blanc.

Cette identification est basée sur la faible solubilité de certains hydroxydes métalliques dont on peut observer la précipitation, mais les hydroxydes de métaux alcalins comme le sodium ou le potassium sont solubles, on ne peut les identifier ainsi.

Scanné avec CamScanner

3. Les équations-bilans sont :

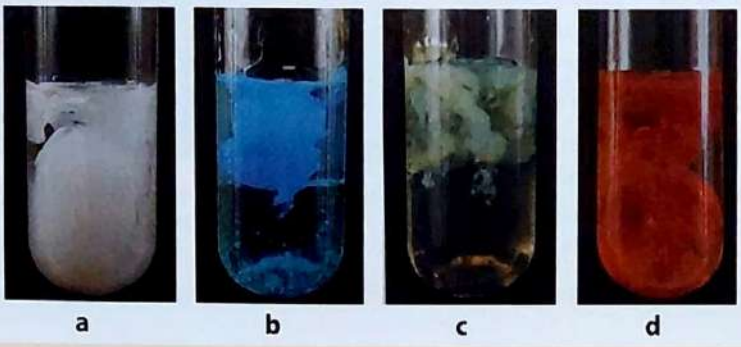
$Cu^{2+}(aq) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow Cu(OH)_2$

$Fe^{2+}(aq) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_2$

$Fe^{3+}(aq) + 3\ HO^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_3$

$Zn^{2+}(aq) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow Zn(OH)_2$

Remarque : les hydroxydes formés sont des structures hydratées d'où leur aspect gélatineux. Il faudrait écrire par exemple pour le cuivre : $(Cu(OH)_2, n\ H_2O)$ et non $Cu(OH)_2(s)$.



Formation d'hydroxydes : a. de zinc ; b. de cuivre II ; c. de fer II ; d. de fer III

Activité 3 Découvre d'autres tests d'identification de cations

Écris la formule des ions argent et baryum.
Aide-toi du tableau des solubilités de la page suivante pour proposer une méthode d'identification des ions argent et baryum.
Recherche leurs composés ioniques peu solubles.
Prévois ceux qui pourraient précipiter pour les caractériser.
Écris l'équation-bilan de la réaction.

Bilan de l'activité

- Ces ions ont pour formule Ag^+ et Ba^{2+}.
- On constate que si le nitrate d'argent est très soluble, le chlorure d'argent est pratiquement insoluble. Donc, si dans une solution contenant des ions argent, on verse une solution contenant des ions chlorure, le solide ionique AgCl va précipiter comme ci-contre.
- Ce précipité possède une particularité : de couleur blanche, il noircit lorsqu'il est exposé à la lumière.
- L'équation-bilan s'écrit :
  $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$
- On dit que les ions Ag^+ et Cl^- sont incompatibles en solution. C'est-à-dire qu'ils ne peuvent être présents simultanément dans une solution. Lorsque c'est le cas, ils s'associent pour former le solide ionique et de ce fait ils quittent la solution en précipitant.



Précipitation du chlorure d'argent.



Précipitation du sulfate de baryum.

Scanné avec CamScanner

- Le tableau des solubilités nous apprend que le sulfate de baryum est pratiquement insoluble. Donc, si dans une solution contenant des ions baryum, on ajoute des ions sulfate, le sulfate de baryum va précipiter.
- L'équation-bilan s'écrit : $Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$

Solubilité des composés ioniques à 20 °C, en g de composé par litre d'eau

Composé ionique	Formule	Cation	Anion	20 °C
Carbonate de calcium	$CaCO_3$	Ca^{2+}	CO_3^{2-}	6,17E-03
Chlorure d'aluminium	$AlCl_3$	Al^{3+}	Cl^-	458
Chlorure d'ammonium	NH_4Cl	NH_4^+	Cl^-	372
Chlorure d'argent	$AgCl$	Ag^+	Cl^-	1,92E-03
Chlorure d'hydrogène	HCl	H^+	Cl^-	700
Chlorure de cuivre (II)	$CuCl_2$	Cu^{2+}	Cl^-	730
Chlorure de fer (II)	$FeCl_2$	Fe^{2+}	Cl^-	625
Chlorure de fer (III) hexahydraté	$FeCl_3{\cdot}6H_2O$	Fe^{3+}	Cl^-	918
Chlorure de potassium	KCl	K^+	Cl^-	342
Chlorure de sodium	$NaCl$	Na^+	Cl^-	359
Chlorure de zinc	$ZnCl_2$	Zn^{2+}	Cl^-	3950
Chromate de potassium	K_2CrO_4	K^+	CrO_4^{2-}	637
Dichromate de potassium	$K_2Cr_2O_7$	K^+	$Cr_2O_7^{2-}$	123
Hydrogénocarbonate de calcium	$Ca(HCO_3)_2$	Ca^{2+}	HCO_3^-	166
Hydroxyde d'aluminium	$Al(OH)_3$	Al^{3+}	HO^-	1,00E-03
Hydroxyde de calcium	$Ca(OH)_2$	Ca^{2+}	HO^-	1,73
Hydroxyde de cuivre (II)	$Cu(OH)_2$	Cu^{2+}	HO^-	1,72E-05
Hydroxyde de fer (II)	$Fe(OH)_2$	Fe^{2+}	HO^-	5,26E-04
Hydroxyde de fer (III)	$Fe(OH)_3$	Fe^{3+}	HO^-	2,10E-08
Hydroxyde de magnésium	$Mg(OH)_2$	Mg^{2+}	HO^-	9,63E-03
Hydroxyde de plomb (II)	$Pb(OH)_2$	Pb^{2+}	HO^-	1,62E-03
Hydroxyde de potassium	KOH	K^+	HO^-	1120
Hydroxyde de sodium	$NaOH$	Na^+	HO^-	1090
Iodure de potassium	KI	K^+	I^-	1440
Nitrate d'ammonium	NH_4NO_3	NH_4^+	NO_3^-	1920
Nitrate d'argent	$AgNO_3$	Ag^+	NO_3^-	2160
Nitrate de calcium	$Ca(NO_3)_2$	Ca^{2+}	NO_3^-	1212
Nitrate de cuivre (II)	$Cu(NO_3)_2$	Cu^{2+}	NO_3^-	1250
Permanganate de potassium	$KMnO_4$	K^+	MnO_4^-	63,4
Phosphate d'ammonium	$(NH_4)_3PO_4$	NH_4^+	PO_4^{3-}	203
Sulfate d'aluminium	$Al_2(SO_4)_3$	Al^{3+}	SO_4^{2-}	364
Sulfate d'ammonium	$(NH_4)_2SO_4$	NH_4^+	SO_4^{2-}	754
Sulfate de baryum	$BaSO_4$	Ba^{2+}	SO_4^{2-}	2,45E-03
Sulfate de calcium dihydraté	$CaSO_4{\cdot}2H_2O$	Ca^{2+}	SO_4^{2-}	2,55
Sulfate de cuivre (II) pentahydraté	$CuSO_4{\cdot}5H_2O$	Cu^{2+}	SO_4^{2-}	320
Sulfate de fer (II) heptahydraté	$FeSO_4{\cdot}7H_2O$	Fe^{2+}	SO_4^{2-}	480
Sulfate de fer (III) nonahydraté	$Fe_2(SO_4)_3{\cdot}9H_2O$	Fe^{3+}	SO_4^{2-}	4400
Sulfate de potassium	K_2SO_4	K^+	SO_4^{2-}	111
Sulfate de sodium	Na_2SO_4	Na^+	SO_4^{2-}	195
Sulfate de zinc	$ZnSO_4$	Zn^{2+}	SO_4^{2-}	538
Sulfure d'hydrogène	H_2S	H^+	S^{2-}	3,3

Scanné avec CamScanner

Activité 4 Étudie le cas de l'ion sodium

Prélève une goutte de solution de chlorure de sodium à l'extrémité d'une baguette en verre et expose-la à la flamme d'un bec Bunsen.
Note tes observations.

Bilan de l'activité

- Pour identifier la présence de l'ion sodium, une difficulté se présente : ses composés ioniques sont solubles. La méthode de précipitation d'un sel insoluble ne s'applique pas. De plus, l'ion sodium Na^+ possède une très grande stabilité et il est indifférent dans les réactions chimiques habituelles.
- Pour l'identifier, on procède à un autre genre de test, le test de flamme.
  La solution à tester est placée dans la flamme d'un bec Bunsen, la présence de sodium la colore en un jaune caractéristique.
- On identifierait de la même façon l'ion potassium K^+ qui colore la flamme en violet.

Activité 5 Identifie les anions chlorure et sulfate

Écris les formules des ions chlorure et sulfate.
Ces anions ont été utilisés pour identifier deux cations. Indique lesquels.
Inversement, ces cations peuvent permettre de mettre en évidence les anions chlorure et sulfate.
Propose le test à réaliser pour identifier :
– l'ion chlorure ;
– l'ion sulfate.

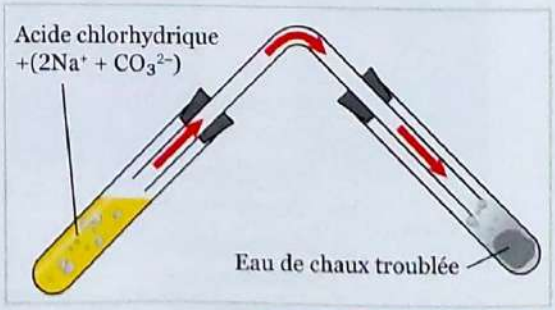
Bilan de l'activité

- L'ion chlorure a servi à identifier l'ion argent car le chlorure d'argent est insoluble.
- Si dans une solution contenant des ions chlorure on ajoute quelques gouttes d'une solution contenant des ions argent, le chlorure d'argent va précipiter (voir Bilan de l'activité 3).
  Ce précipité blanc noircit à la lumière.
- L'équation-bilan s'écrit : $Ag^+(aq) + Cl^-(aq) \rightarrow AgCl(s)$
- L'ion sulfate a servi à identifier l'ion baryum car le sulfate de baryum est insoluble.
- Si dans une solution contenant des ions sulfate on ajoute quelques gouttes d'une solution contenant des ions baryum, le sulfate de baryum va précipiter (voir Bilan de l'activité 3).
- L'équation-bilan s'écrit : $Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow BaSO_4(s)$

Activité 6 Identifie les anions carbonate et phosphate

1. Réalise l'expérience décrite par le ***document 4***.
Elle permet de mettre en évidence la présence de l'ion carbonate.
Dans une solution de carbonate de sodium, ajoute quelques gouttes d'acide chlorhydrique.
Bouche le tube à essai avec un tube permettant de récupérer le gaz dégagé pour le faire barboter dans de l'eau de chaux limpide.

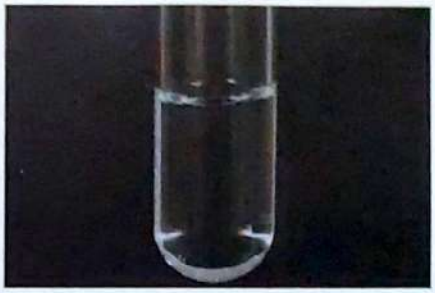
- Décris ce que tu observes.
- Écris l'équation-bilan qui traduit la réaction chimique.



Doc. 4 *Test de l'ion carbonate.*

Scanné avec CamScanner

2. Réalise l'expérience suivante, elle permet de mettre en évidence la présence de l'ion phosphate.
Dans une solution de phosphate de sodium (***document 5***), ajoute quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent.
Note tes observations.
Écris l'équation-bilan qui traduit la réaction chimique.



Doc. 5 *Solution de phosphate de sodium.*

Bilan de l'activité

1. Dans l'eau, l'ion carbonate participe à des équilibres acido-basiques.

- On observe un dégagement gazeux. Ce gaz trouble l'eau de chaux.
- Le trouble de l'eau de chaux prouve un dégagement de dioxyde de carbone CO_2. Ce dernier provient de la décomposition de l'ion carbonate CO_3^{2-}.
- L'équation-bilan de la réaction s'écrit :

$2\ H^+(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CO_2(g) + H_2O\ (l)$

Remarque :
Le carbonate de calcium est pratiquement insoluble, la présence de l'ion carbonate dans une solution peut être mise en évidence par ajout d'ion calcium ; le carbonate de calcium précipite.

$Ca^{2+}(aq) + CO_3^{2-}(aq) \rightarrow CaCO_3(s)$



Précipitation de phosphate d'argent.

2. La solution de phosphate de sodium est incolore, celle de nitrate d'argent également.

- Quand on mélange les deux, on observe un précipité jaunâtre de phosphate d'argent comme ci-dessus.
- L'ion phosphate est caractérisé par l'ion argent car le phosphate d'argent est insoluble.
- L'équation-bilan de la réaction s'écrit : $3\ Ag^+(aq) + PO_4^{3-}(aq) \rightarrow Ag_3PO_4(s)$

Activité 7 Regroupe les différents tests d'identification rencontrés

Construis un tableau regroupant les différents tests d'identification.

Bilan de l'activité

Ion à identifier	Formule	Réactif utilisé	Formule	Observation	Produit formé
Cuivre II	Cu^{2+}	Ion hydroxyde	HO^-	Précipité	$Cu(OH)_2$
Fer II	Fe^{2+}	Ion hydroxyde	HO^-	Précipité	$Fe(OH)_2$
Fer III	Fe^{3+}	Ion hydroxyde	HO^-	Précipité	$Fe(OH)_3$
Zinc	Zn^{2+}	Ion hydroxyde	HO^-	Précipité	$Zn(OH)_2$
Argent	Ag^+	Ion chlorure	Cl^-	Précipité	$AgCl$
Baryum	Ba^{2+}	Ion sulfate	SO_4^{2-}	Précipité	$BaSO_4$
Sodium	Na^+	Flamme		Coloration	Couleur jaune
Chlorure	Cl^-	Ion argent	Ag^+	Précipité	$AgCl$
Sulfate	SO_4^{2-}	Ion baryum	Ba^{2+}	Précipité	$BaSO_4$
Phosphate	PO_4^{3-}	Ion argent	Ag^+	Précipité	Ag_3PO_4
Carbonate	CO_3^{2-}	Acide	H^+	Dégazage	CO_2

Scanné avec CamScanner

Retiens l'essentiel

- ✔ **Dans les solutions aqueuses ioniques, les solutés sont des ions plus ou moins solvatés.**
- ✔ **Pour mettre en évidence la présence d'une espèce ionique dans une solution, la méthode la plus utilisée est celle de la précipitation d'un composé insoluble de l'ion recherché.**

  Exemple : pour vérifier la présence d'ions chlorure, on ajoute des ions argent et le chlorure d'argent insoluble précipite.
- ✔ **À défaut de pouvoir utiliser cette méthode, on peut chercher à décomposer l'ion recherché.**

  Exemple : on décompose l'ion carbonate et l'on caractérise le dioxyde de carbone produit.

  Dans le cas d'ions très stables et dont les sels sont solubles, on pratique un test de flamme.

  Exemple : on vaporise dans une flamme une solution pour caractériser la présence d'ion sodium.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. Pour identifier les espèces ioniques présentes dans une _____ on pratique des tests d'identification.
2. Les tests sont souvent basés sur la _____ d'un sel insoluble.
3. Le chlorure _____ est insoluble, ainsi la présence des ions _____ sera mise en évidence par l'ajout d'une solution de _____ d'argent.
4. Lorsque deux ions sont incompatibles en solution, ils forment un solide ionique qui _____.
5. Si un composé ionique AB est insoluble, on peut caractériser la présence de l'ion A^+ par ajout d'ions _____ et réciproquement la présence de l'ion B^- par ajout d'ions _____.
6. Dans une solution de chlorure de cuivre II, on peut vérifier la présence des ions chlorure par ajout d'ions _____ et la présence des ions cuivre II par ajout d'ions _____.

Exercice 2

Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Un précipité est obtenu lorsqu'il se forme un composé insoluble au sein d'une solution.		
Une solution de chlorure de cuivre II peut être identifiée grâce à sa couleur orangée.		
Si, dans une solution de soude, on verse du chlorure de fer II, il se forme un précipité vert.		
Si dans une solution on observe la précipitation de sulfate de baryum, la solution est saturée en sulfate de baryum.		
Le chlorure d'argent est un solide blanc qui noircit à la lumière.		
Le nitrate d'argent est soluble dans l'eau.		
L'hydroxyde de zinc est insoluble dans l'eau.		
L'hydroxyde de sodium est soluble dans l'eau.		

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 3

Décris les tests à réaliser pour vérifier les solutions de :

- $FeCl_3$
- Na_2CO_3
- Na_2SO_4
- $ZnSO_4$
- $ZnCl_2$

Exercice 4

Un solide blanc est dissous dans l'eau.

La solution obtenue donne un précipité vert avec une solution d'hydroxyde de sodium et un précipité blanc avec une solution de nitrate d'argent.

1. **Indique les ions présents dans la solution inconnue.**
2. **Détermine la formule statistique du solide blanc.**

Exercice 5

Une solution inconnue est testée de plusieurs façons :

- la solution ne présente aucun précipité avec une solution de soude ;
- la solution donne un précipité jaune avec le nitrate d'argent ;
- la solution ne donne aucun précipité avec une solution de sulfate de sodium ;
- la solution donne une coloration jaune à la flamme d'un bec Bunsen.

Détermine les ions présents dans la solution.

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Ton professeur te demande de réaliser l'expérimentation suivante.

Tu disposes d'une solution de chlorure de fer II.

Dans un tube à essai, tu prélèves 2 mL de cette solution.

Tu ajoutes quelques gouttes d'une solution de soude.

1. **Décris tes observations.**

   Écris l'équation-bilan de la réaction observée.
2. **Tu places le tube dans un porte-tubes et tu le laisses au repos quelques minutes.**

   Décris tes observations.
3. **Tu bouches le tube et tu l'agites vigoureusement.**

   Décris tes observations et conclus.

Exercice 7

On prépare une solution de sulfate de cuivre II anhydre.

1. **Indique la couleur du solide ionique.**
2. **Indique la couleur de la solution.**
3. **Écris l'équation-bilan traduisant la réaction de dissolution.**
4. **Indique les tests à réaliser pour vérifier la présence des espèces ioniques prévues.**

Exercice 8

On prépare V = 500 mL d'une solution molaire de sulfate de cuivre II pentahydraté ($CuSO_4$, $5H_2O$).

1. **Détermine la masse de sulfate de cuivre II pentahydraté qu'il faut dissoudre pour cette préparation.**
2. **On prélève 1 mL de solution et l'on y ajoute une solution molaire de chlorure de baryum.**

   Détermine le volume de solution de chlorure de baryum à ajouter pour précipiter la totalité des ions sulfate.
3. **En fait, la solubilité du sulfate de baryum vaut $s = 2{,}5.10^{-3}$ g.L^{-1}.**

   Détermine la masse de sulfate de baryum encore dissous dans la solution.

   Conclus.

Exercice 9

En travaux pratiques, le professeur demande à ton groupe de réaliser deux solutions :

- solution A : solution de chlorure de calcium ; $V_A = 20$ mL ; $C_A = 0{,}15$ mol.L^{-1}.
- solution B : solution de phosphate de sodium ; $V_B = 30$ mL ; $C_B = 0{,}1$ mol.L^{-1}.

Tu mélanges les deux solutions.

1. **Détermine les quantités de toutes les espèces ioniques présentes à l'instant initial du mélange.**
2. **Tu observes un précipité de phosphate de calcium, celui-ci étant insoluble.**

   Détermine les quantités de toutes les espèces ioniques présentes dans la solution après précipitation.
3. **Vérifie l'électroneutralité de la solution dans l'état final.**
4. **Indique quels sont les tests que tu dois pratiquer sur des échantillons de la solution finale pour vérifier tes calculs.**

Scanné avec CamScanner

L'indispensable dissolution

L'eau ne dissout pas que les composés ioniques, il existe des solutions aqueuses moléculaires.

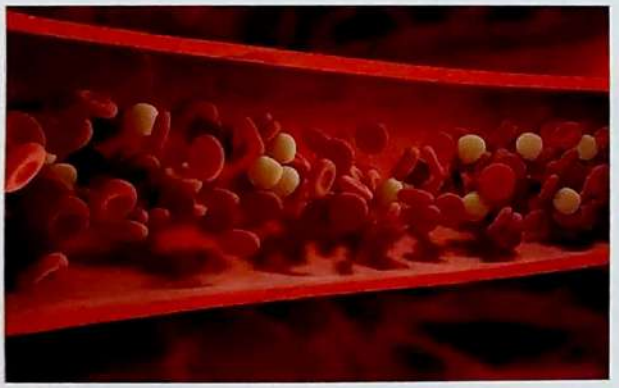
L'eau dissout le sucre, l'éthanol, mais aussi des gaz.

Le dioxygène et le diazote de l'air sont des composés moléculaires, ils sont solubles dans l'eau. Le dioxygène dissous permet par exemple la vie des poissons dans les mers et rivières.

Lors de cette dissolution, il n'y a pas de réaction chimique avec les molécules d'eau, les molécules O_2 et N_2 se dispersent au sein des molécules H_2O.

Cette dissolution dépend de la température et de la pression. La dissolution est favorisée par un abaissement de la température et une élévation de pression.

Cependant, la dissolution du dioxyde de carbone CO_2 fait intervenir des réactions chimiques avec les molécules d'eau.



Doc. 7 *Transport de l'oxygène par les globules rouges.*



Doc. 8 *L'air est à la pression de l'eau.*



Doc. 6 *Les poumons, zone de dissolution du dioxygène dans le sang.*

Une application importante de cette dissolution est la respiration.

L'oxygène est transporté par le sang, depuis les poumons vers les organes, très peu sous forme dissoute dans le plasma, mais essentiellement par l'hémoglobine des globules rouges.

Le dioxyde de carbone est transporté par le sang, des organes vers les poumons, sous forme dissoute, associée à l'hémoglobine et surtout sous forme ionique après réaction avec l'eau.

La dissolution de l'air dans l'eau, et donc dans le sang, n'est pas un phénomène rapide, les équilibres sont longs à s'établir.

Cela a des conséquences pour les plongeurs qui utilisent de l'air comprimé pour descendre en plongée.

La pression augmente avec la profondeur et le dioxygène comme le diazote passent de façon de plus en plus importante dans le sang du plongeur.

Lors de la remontée, la diminution de la pression peut entraîner un dégazage du sang. Des bulles de diazote gazeux peuvent se former au sein du sang entraînant des lésions en fonction de l'organe où elles se forment. Le dioxygène obéit à la même loi mais est pris en charge par l'organisme soit directement par les tissus qui le consomment soit par l'hémoglobine.

Les plongeurs peuvent donc être amenés à respecter des paliers lors de la remontée de façon à ce que les équilibres entre le diazote dissous et l'air des poumons s'établissent.

Scanné avec CamScanner

Solutions acides et basiques – Mesures de pH

Habiletés et contenus

- ✔ Écrire l'équation-bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau.
- ✔ Connaître les propriétés d'une solution acide : cas de l'acide chlorhydrique.
- ✔ Connaître les propriétés de l'ion hydronium.
- ✔ Connaître la relation entre la concentration en ion hydronium et le pH d'une solution aqueuse.
- ✔ Déterminer la concentration molaire volumique des ions présents dans une solution acide.
- ✔ Écrire l'équation de dissociation de NaOH dans l'eau.
- ✔ Connaître les propriétés d'une solution basique : cas de la soude.
- ✔ Connaître les propriétés de l'ion hydroxyde.
- ✔ Déterminer la concentration molaire volumique des ions présents dans une solution basique.
- ✔ Déterminer le pH d'une solution aqueuse.
- ✔ Connaître les domaines de pH des solutions acides et basiques.

Découvre le sujet

Les produits d'entretien sont nombreux. Nettoyage des sols, désinfection, débouchage de canalisation, lavage du linge, de la vaisselle, etc.
Leurs étiquettes présentent leurs propriétés, les conseils d'utilisation mais également les dangers présentés, et certaines de leurs caractéristiques chimiques.
Recherche les produits classés parmi les solutions acides et ceux classés parmi les solutions basiques.
Trouves-tu des indications de pH ?

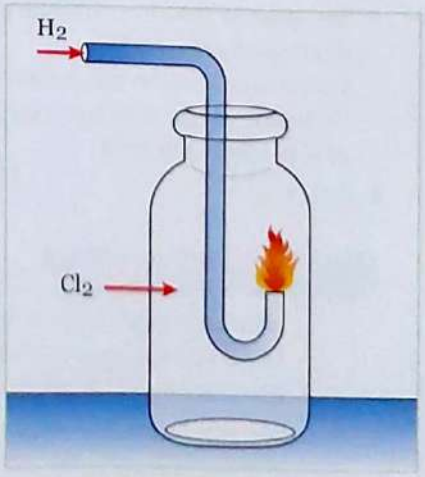


Doc. 1 *Différents produits de nettoyage.*

Développe le sujet

Activité 1 Étudie le gaz chlorure d'hydrogène

1. Le dihydrogène enflammé dans l'air continue de brûler dans le dichlore pour former du chlorure d'hydrogène. Écris l'équation-bilan de la réaction.
2. Utilise la classification périodique des éléments pour écrire les formules électroniques des atomes d'hydrogène et de chlore. Établis la représentation de Lewis de la molécule de chlorure d'hydrogène.
3. En te rappelant l'étude faite sur la molécule d'eau, recherche les centres de symétrie des charges négatives et positives dans la molécule. Conclus.



Doc. 2 *Combustion du dihydrogène dans le dichlore.*

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. L'équation-bilan de la combustion s'écrit :

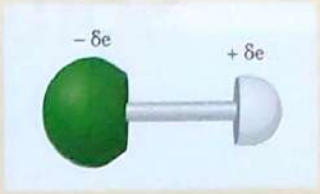
$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2\,HCl$

2. La formule électronique de l'atome d'hydrogène est K^1, celle de l'atome de chlore est $K^2L^8M^7$.

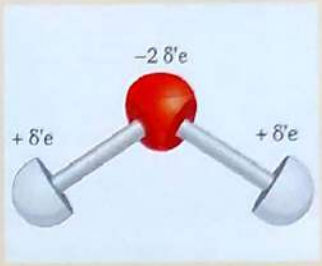
- Chaque atome possède un électron non apparié.
- Lors de la formation de la molécule de chlorure d'hydrogène, il y a mise en commun d'un doublet d'électrons et formation d'une liaison covalente.
- La représentation de Lewis est : $H-\overline{\underline{Cl}}|$

3. L'expérience confirme cette structure. Elle confirme que le doublet liant est déplacé au profit de l'atome de chlore.

- Le centre de symétrie de la distribution électronique est voisin du centre de l'atome de chlore, le centre de symétrie des charges positives est décalé vers l'atome d'hydrogène.
- Les centres de symétrie des charges + et – ne sont pas confondus.
- La molécule de chlorure d'hydrogène est polaire.
- L'atome de chlore porte une charge – δe et l'atome d'hydrogène + δe. On retrouve le phénomène déjà rencontré avec la molécule d'eau.



La molécule de chlorure d'hydrogène est polaire.

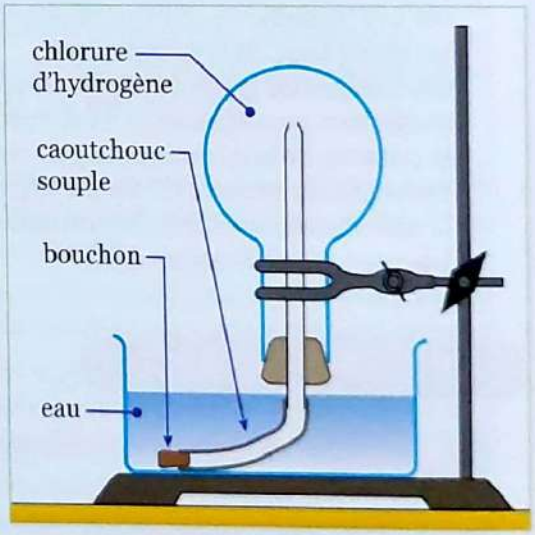


La molécule d'eau est polaire.

Activité 2 Étudie la solution de chlorure d'hydrogène

Réalise l'expérience décrite par le ***document 3***.
Un ballon de chlorure d'hydrogène bouché est retourné sur une cuve à eau comme l'indique le schéma.
À un instant donné, retire le bouchon du tube en maintenant le tube dans l'eau.

1. Décris tes observations.
2. Interprète tes observations.
3. Indique les espèces chimiques qui peuvent être présentes dans la solution.
4. Récupère la solution obtenue et recherche les espèces chimiques présentes.
   Vérifie si la solution est conductrice ou non de l'électricité.
   Mesure le pH de l'eau qui a servi à remplir le cristallisoir et le pH de la solution.
5. Conclus.



Doc. 3 *Préparation de l'expérience de dissolution du chlorure d'hydrogène.*

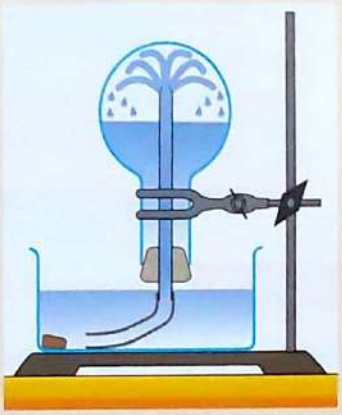
Bilan de l'activité

1. Lorsqu'on retire le bouchon, on observe d'abord une lente montée de l'eau dans le tube en caoutchouc puis un vif jaillissement de l'eau dans le ballon qui se remplit pratiquement complètement.
2. Le ballon contenant du chlorure d'hydrogène gazeux, le vif remplissage par l'eau montre que le chlorure d'hydrogène est très soluble dans l'eau. Dans les conditions de l'expérience, elle est de l'ordre de 500 litres de chlorure d'hydrogène par litre d'eau.

Scanné avec CamScanner

3. Cette solubilité exceptionnelle laisse penser qu'il ne s'agit pas d'une simple solution moléculaire du gaz chlorure d'hydrogène dans l'eau. Une réaction chimique doit se produire.

- Les espèces chimiques présentes peuvent être :
  - les molécules d'eau, H_2O, molécules du solvant, donc majoritaires ;
  - des molécules de chlorure d'hydrogène, HCl ;
  - des ions chlorure Cl^- obtenus par une éventuelle dissociation de la molécule HCl ;
  - des ions positifs pour assurer l'électroneutralité de la solution, qui doivent être des ions H^+ provenant de la dissociation de la molécule HCl.



Expérience du « jet d'eau ».

4. La solution placée dans un électrolyseur montre qu'elle conduit le courant électrique : il s'agit donc d'une solution ionique.

- Il faut tester la présence des ions chlorure.
  Pour cela, on prélève un échantillon de la solution auquel on ajoute une goutte de solution de nitrate d'argent.
  On observe un précipité blanc de chlorure d'argent qui noircit à la lumière.
- La solution contient des ions chlorure.
- La mesure des pH montre que la solution est acide alors que l'eau du cristallisoir est neutre.
- Cette diminution du pH prouve la présence d'ions H^+ dans la solution de chlorure d'hydrogène.

5. Conclusion : la dissolution du gaz moléculaire chlorure d'hydrogène s'accompagne d'une dissociation de la molécule :

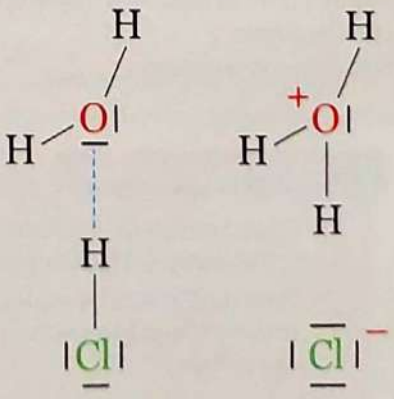
$$HCl\,(g) \xrightarrow{\text{eau}} H^+(aq) + Cl^-(aq)$$

Activité 3 Interprète la dissociation de la molécule de chlorure d'hydrogène

Utilise les représentations de Lewis des molécules d'eau et de chlorure d'hydrogène pour comprendre la dissociation de la molécule HCl dans l'eau.
Tu vois se former un ion déjà rencontré, dès la leçon 16, appelé ion hydronium (ou oxonium).
Écris l'équation-bilan de la réaction.

Bilan de l'activité

- Dans l'eau, la molécule polaire de chlorure d'hydrogène est entourée de molécules d'eau, elles-mêmes polaires. Ces dernières s'orientent en fonction de cette polarité. Des forces intermoléculaires agissent alors, affaiblissent la liaison H—Cl, et le proton de l'hydrogène passe du doublet liant avec le chlore à un doublet non liant de l'atome d'oxygène. La molécule d'eau accepte le proton, transforme un doublet non liant en doublet liant, et devient chargée positivement.
- Le chlore conserve le doublet liant, le transforme en doublet non liant, et devient chargé négativement.
- Il se forme l'ion hydronium H_3O^+ et l'ion Cl^-.
- Ces ions se solvatent en s'entourant de molécules d'eau orientées convenablement en fonction des charges. On peut donc écrire ces ions : $H_3O^+(aq)$ et $Cl^-(aq)$.



Formation de l'ion hydronium et de l'ion chlorure.

Scanné avec CamScanner

- L'équation-bilan peut s'écrire simplement :
  $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
  Sans perdre de vue qu'en fait les ions sont solvatés.
- La solution aqueuse de chlorure d'hydrogène constitue l'acide chlorhydrique.

Activité 4 Détermine des concentrations molaires

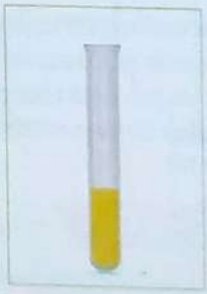
Dans l'expérience du jet d'eau, tu as utilisé un ballon qui contenait un volume V = 1 L de chlorure d'hydrogène dans des conditions où le volume molaire des gaz est égal à $V_M = 24\ L.mol^{-1}$.
Tu as récupéré V = 1 L de solution aqueuse, le gaz s'étant intégralement dissous, l'eau ayant intégralement envahi le ballon.
Détermine la concentration molaire de l'acide chlorhydrique obtenu ainsi que les concentrations des ions hydronium et chlorure.

Bilan de l'activité

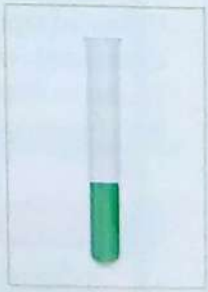
- V = 1 L de gaz correspond à $n = \frac{V}{V_M}$ moles de chlorure d'hydrogène :
  $n = \frac{1}{24}$; n = 0,042 mol.
- La concentration molaire vaut donc $C = \frac{n}{V}$; $C = \frac{0,042}{1}$; $C = 42\ mmol.L^{-1}$.
- D'après l'équation-bilan :
  $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$
- Une mole de chlorure d'hydrogène produit une mole d'ions hydronium et une mole d'ions chlorure :
  $[H_3O^+] = [Cl^-] = 42\ mmol.L^{-1}$.

Activité 5 Étudie l'action des ions hydronium sur les indicateurs colorés

Tu as déjà étudié l'action des acides sur certains indicateurs colorés.
Retrouve les résultats connus.
Tu disposes d'une solution aqueuse d'hélianthine (***document 4***) et de bleu de bromothymol (***document 5***).
Ajoute dans ces solutions quelques gouttes d'une solution d'acide chlorhydrique.
Décris tes observations.



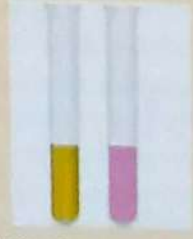
Doc. 4 *Hélianthine, teinte neutre.*



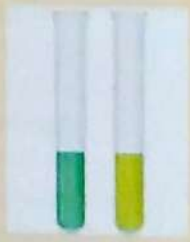
Doc. 5 *BBT, teinte neutre.*

Bilan de l'activité

- Quand on ajoute quelques gouttes de solution d'acide chlorhydrique à la solution d'hélianthine, elle vire au rose.
- Quand on ajoute quelques gouttes de solution d'acide chlorhydrique à la solution de bleu de bromothymol, elle vire au jaune.



L'hélianthine vire au rose.



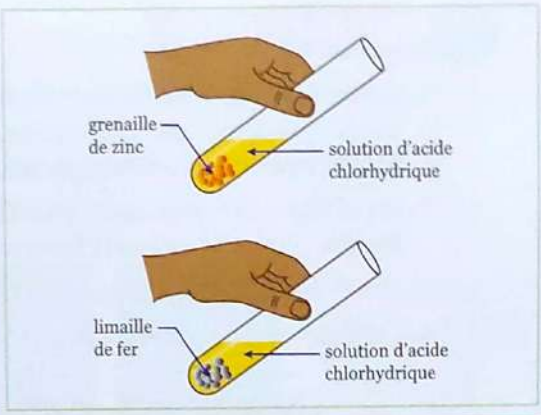
Le BBT vire au jaune.

Scanné avec CamScanner

Activité 6 Étudie l'action des ions hydronium sur des métaux

Dans un tube à essai, tu introduis un petit morceau de grenaille de zinc et dans un autre un peu de limaille de fer. Tu ajoutes avec précaution quelques millilitres d'une solution d'acide chlorhydrique dans chaque tube.
Observe ce qui se passe.

1. Indique comment récupérer les produits et les identifier.
2. Réalise cette récupération et fais l'identification.
3. Établis les équations-bilans des réactions observées.



Doc. 6 *Attaque de métaux par l'acide chlorhydrique.*

Bilan de l'activité

- Dans les deux cas, on observe un dégagement gazeux. On peut récupérer le gaz produit dans un tube à essai et l'identifier.
- Ce gaz s'enflamme dans l'air avec un « aboiement » caractéristique : il s'agit de dihydrogène.
- Le dihydrogène ne peut provenir que des ions hydronium :

$$2\,H_3O^+ + 2\,e^- \rightarrow H_2 + 2\,H_2O$$

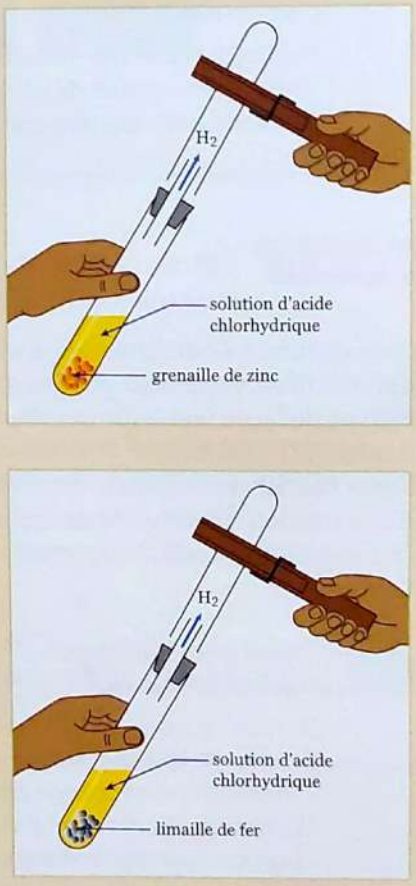
- Dans les deux cas, on observe une attaque du métal et si l'acide est en quantité suffisante, une disparition du métal.
- Le métal ne peut passer en solution que sous forme ionique.
- Les ions Zn^{2+} et les ions Fe^{2+} peuvent être identifiés par ajout d'ions hydroxyde à un prélèvement des solutions obtenues.
- L'expérience le confirme, on obtient un précipité blanc dans le cas du zinc et un précipité vert dans le cas du fer.
- Les équations électroniques sont donc :

$$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2\,e^-$$
$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2\,e^-$$

Conclusion : l'action de l'ion hydronium sur ces métaux correspond à un transfert d'électrons du métal à l'ion hydronium.

- Ces réactions sont traduites par les équations-bilans :

$$2\,H_3O^+ + Zn \rightarrow H_2 + Zn^{2+} + 2\,H_2O$$
$$2\,H_3O^+ + Fe \rightarrow H_2 + Fe^{2+} + 2\,H_2O$$



Récupération du dihydrogène.

Activité 7 Étudie la solution d'hydroxyde de sodium

Tu as déjà effectué la dissolution de l'hydroxyde de sodium dans le chapitre 20 et constaté que cette mise en solution aqueuse était exothermique.

1. Vérifie que cette solution est conductrice de l'électricité.
2. Vérifie la présence de l'ion sodium.
3. Vérifie la présence de l'ion hydroxyde.
4. Établis les représentations de Lewis des ions Na^+ et HO^-.
5. Indique, en utilisant ces représentations de Lewis, les propriétés attendues de ces ions.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

1. La solution d'hydroxyde de sodium placée dans un électrolyseur montre qu'elle conduit le courant électrique : il s'agit donc d'une solution ionique.
2. On vérifie la présence de l'ion sodium grâce à un test de flamme. L'ion Na^+ colore la flamme en jaune.
3. On vérifie la présence d'ions HO^- à l'aide de papier pH.
4. Ces deux ions ont déjà été étudiés, leurs schémas de Lewis sont : $|\overline{\underline{Na}}|^+$ $\quad H-\overline{\underline{O}}|^{\ominus}$



Test au papier pH : la teinte est basique.

5. L'ion Na^+, de petite dimension, ayant une structure électronique externe en octet, est très stable. C'est un ion indifférent (ou spectateur) dans les réactions chimiques usuelles.

- L'ion hydroxyde HO^- présente une structure polaire. Les molécules d'eau s'orientent en fonction de cette polarité autour de lui. Il présente des doublets non liants autour de l'oxygène, d'où une possibilité de liaison avec des ions positifs ou des composés chimiques accepteurs d'électrons.

Activité 8 Étudie l'action des ions hydroxyde sur les indicateurs colorés

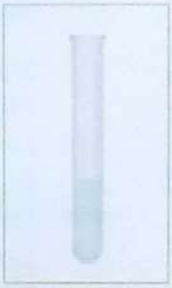
Dans un tube à essai contenant environ deux millilitres d'eau distillée, verse deux gouttes d'hélianthine.
Prépare de façon identique des solutions neutres de bleu de bromothymol et de phénolphtaléine.
Dans chacune des solutions, ajoute quelques gouttes d'une solution d'hydroxyde de sodium.
Observe les éventuels changements de couleur.
Conclus.



Doc. 7 *Hélianthine, teinte neutre.*



Doc. 8 *BBT, teinte neutre.*



Doc. 9 *Phénolphtaléine, teinte neutre.*

Bilan de l'activité

- Lors de l'ajout de solution d'hydroxyde de sodium, on observe que :
  - l'hélianthine ne change pas de couleur ;
  - le bleu de bromothymol vire au bleu ;
  - la phénolphtaléine vire au violet.
- L'hélianthine ne permet pas de détecter la présence d'ions hydroxyde.



L'hélianthine conserve sa teinte jaune.



Le BBT vire au bleu.



La phénolphtaléine vire au violet.

Activité 9 Étudie l'action des ions hydroxyde sur des ions métalliques

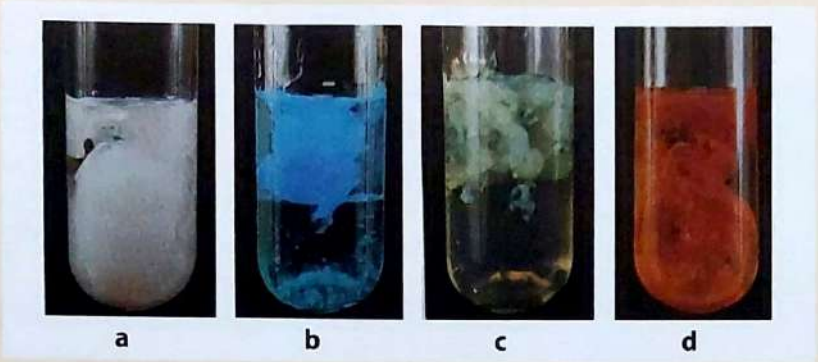
Les réactions de l'ion hydroxyde sur certains ions métalliques sont bien connues, elles servent à vérifier leur présence dans les solutions.

1. Rappelle l'action des ions hydroxyde sur les ions cuivre II, fer II et fer III, zinc II.
2. Écris l'équation-bilan pour les ions proposés.
3. Généralise cette équation-bilan.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Les hydroxydes des ions métalliques proposés sont très peu solubles dans l'eau et donnent des précipités gélatineux.
  Cette apparence est due à la forte hydratation des précipités. Pour obtenir l'hydroxyde ionique sous forme solide, il faudrait évaporer l'eau par chauffage.



Formation d'hydroxydes : a. de zinc II ; b. de cuivre II ; c. de fer II ; d. de fer III

- Les équations-bilans sont :

$Cu^{2+}(aq) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow Cu(OH)_2$

$Fe^{2+}(aq) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_2$

$Fe^{3+}(aq) + 3\ HO^-(aq) \rightarrow Fe(OH)_3$

$Zn^{2+}(aq) + 2\ HO^-(aq) \rightarrow Zn(OH)_2$

- Les ions hydroxydes forment avec les ions métalliques des hydroxydes de formule générale : $M(OH)_n$ dans laquelle M est le symbole du métal et n est le nombre d'ions hydroxyde associés, nombre égal à la charge du cation métallique.
- L'équation générale est de la forme :

$M^{n+}(aq) + n\ HO^-(aq) \rightarrow M(OH)_n$

- Beaucoup d'hydroxydes métalliques sont des solides ioniques très peu solubles et précipitent. Il s'agit d'ailleurs d'un procédé industriel pour éliminer les métaux présents dans les résidus liquides lors du traitement des eaux.

Activité 10 Étudie l'action des ions hydroxyde sur les ions ammonium

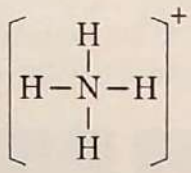
1. Rappelle la formule de l'ion ammonium.
   Rappelle sa représentation de Lewis établie dans la leçon 16.
   Rapproche-la de la représentation de l'ion hydroxyde et prévois la réaction qui peut se produire.
2. Dans un bécher, verse V = 10 mL d'une solution décimolaire de chlorure d'ammonium et V = 10 mL d'une solution décimolaire d'hydroxyde de sodium.
   Décris tes observations.
   Établis l'inventaire des espèces chimiques présentes dans l'état initial et dans l'état final.
   Documente-toi : recherche comment vérifier la présence de l'un des produits de la réaction attendue.

Scanné avec CamScanner

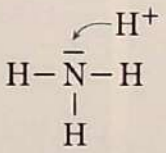
Bilan de l'activité

1. L'ion ammonium a pour formule NH_4^+.

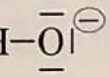
- Sa représentation de Lewis est :



- Il est obtenu par protonation de l'ammoniac NH_3 :

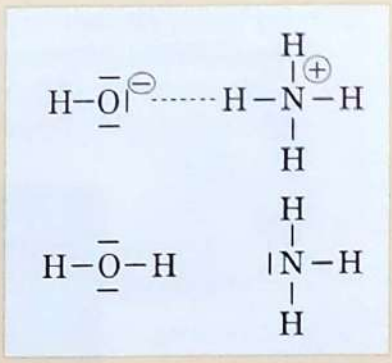


- Si cet ion est mis en présence de l'ion hydroxyde :



- Il peut se produire un transfert de proton de l'ion ammonium à l'ion hydroxyde.
- L'équation-bilan de cette réaction est :

$$NH_4^+ + HO^- \rightarrow NH_3 + H_2O$$



Transfert d'un proton de l'ammonium à l'hydroxyde.

2. Lorsque l'on mélange les solutions de chlorure d'ammonium et d'hydroxyde de sodium, on n'observe rien. Les solutions sont incolores et le restent.

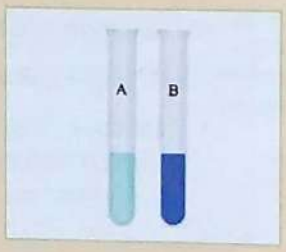
- Les espèces chimiques présentes sont regroupées dans le tableau ci-contre.

Espèces présentes	H_2O	NH_4^+	Cl^-	Na^+	HO^-	NH_3
État initial (mmol)	solvant	1	1	1	1	0
État final (mmol)	solvant	0	1	1	0	1

Espèces chimiques dans le milieu réactionnel.

- Il faut vérifier la présence de l'ammoniac NH_3.
- Le réactif de l'ammoniac est l'ion cuivre II.
- Une solution d'ion Cu^{2+} donne en présence d'ammoniac NH_3 une belle solution limpide bleue intense.

  Donc, ajouter quelques gouttes d'une solution de sulfate de cuivre à un échantillon du mélange et observer la coloration caractéristique.



A : solution d'ions Cu^{2+}
B : en présence d'ammoniac

Activité 11 Complète tes connaissances sur la notion de pH

1. Rappelle les connaissances acquises en classe de troisième.
- Indique ce que mesure le pH d'une solution.
- Indique les valeurs limites du pH.
- Indique la valeur du pH de l'eau pure.
- Indique ce qu'est une solution acide, une solution basique.
- Indique comment évolue le pH quand on dilue une solution acide.
- Indique comment évolue le pH quand on dilue une solution basique.

2. Utilise un pH-mètre, ou à défaut du « papier pH », pour déterminer le pH de solutions acides.
Utilise une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c = 0{,}1$ mol.L^{-1}.
Mesure la valeur de son pH.

Scanné avec CamScanner

Dilue cette solution de façon à obtenir une solution de concentration $c = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
Mesure la valeur de son pH.
Dilue cette solution de façon à obtenir une solution de concentration $c = 10^{-3}$ mol.L^{-1}.
Mesure la valeur de son pH.
Indique ce que tu remarques.

Bilan de l'activité

1. Le pH mesure l'acidité d'une solution aqueuse. Sa valeur est comprise entre 0 et 14.

- Le pH de l'eau pure a pour valeur 7.
- Une solution acide contient plus d'ions H_3O^+ que d'ions HO^-.
- Une solution basique contient moins d'ions H_3O^+ que d'ions HO^-.
- Lors d'une dilution d'une solution acide, le pH augmente et tend vers la valeur 7.
- Lors d'une dilution d'une solution basique, le pH diminue et tend vers la valeur 7.



Un pH-mètre avec électrode.

2. Dans une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c = 0{,}1$ mol.L^{-1}, la concentration des ions hydronium vaut :

$\mathbf{[H_3O^+] = 0{,}1\ mol.L^{-1} = 10^{-1}\ mol.L^{-1}}$.

La valeur mesurée du pH = 1.

- On dilue la solution dix fois, la concentration devient $c = 0{,}01$ mol.L^{-1}, la concentration des ions hydronium vaut :

$\mathbf{[H_3O^+] = 0{,}01\ mol.L^{-1} = 10^{-2}\ mol.L^{-1}}$.

La valeur mesurée du pH = 2.

- On dilue la solution dix fois, la concentration devient $c = 0{,}001$ mol.L^{-1}, la concentration des ions hydronium vaut :

$\mathbf{[H_3O^+] = 0{,}001\ mol.L^{-1} = 10^{-3}\ mol.L^{-1}}$.

La valeur mesurée du pH = 3.

- On remarque que la concentration en ions H_3O^+ et le pH satisfont la relation :

$$\mathbf{[H_3O^+] = 10^{-pH}\ mol.L^{-1}}.$$

Cette relation est toujours vraie, elle définit le pH d'une solution.

Conséquence : La concentration en ions $[H_3O^+]$ diminue quand le pH augmente.

Activité 12 Étudie le pH d'une solution basique

Utilise un pH-mètre, ou à défaut du « papier pH », pour déterminer le pH de solutions basiques.
Utilise une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c = 0{,}1$ mol.L^{-1}.
Mesure la valeur de son pH.
Dilue cette solution de façon à obtenir une solution de concentration $c = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
Mesure la valeur de son pH.
Dilue cette solution de façon à obtenir une solution de concentration $c = 10^{-3}$ mol.L^{-1}.
Mesure la valeur de son pH.
Indique ce que tu remarques.

Scanné avec CamScanner

Bilan de l'activité

- Dans une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c = 0{,}1$ mol.L^{-1}, la concentration des ions hydroxyde vaut :

  $[HO^-] = 0{,}1$ mol.L^{-1} $= 10^{-1}$ mol.L^{-1}. La valeur mesurée du pH = 13.

- On dilue la solution dix fois, la concentration devient $c = 0{,}01$ mol.L^{-1}, la concentration des ions hydroxyde vaut :

  $[HO^-] = 0{,}01$ mol.L^{-1} $= 10^{-2}$ mol.L^{-1}. La valeur mesurée du pH = 12.

- On dilue la solution dix fois, la concentration devient $c = 0{,}001$ mol.L^{-1}, la concentration des ions hydroxyde vaut :

  $[HO^-] = 0{,}001$ mol.L^{-1} $= 10^{-3}$ mol.L^{-1}. La valeur mesurée du pH = 11.

- On vérifie que la dilution de la solution basique fait diminuer la valeur du pH et la rapproche de la valeur 7 de l'eau pure.
- On remarque que la concentration en ions HO^- et le pH satisfont la relation :

$$[HO^-] = 10^{-(14-pH)} \text{ mol.L}^{-1}.$$

Ce qui peut s'écrire :

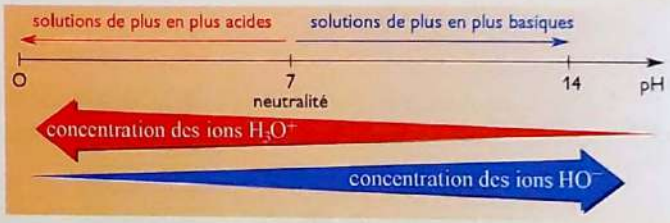
$[HO^-] = 10^{-(14-pH)}$

$[HO^-] = 10^{-14} \times 10^{pH}$

$\frac{[HO^-]}{10^{pH}} = 10^{-14}$

$10^{-pH} \times [HO^-] = 10^{-14}$

$[H_3O^+] \times [HO^-] = 10^{-14}$



Échelle de pH et concentrations.

- Dans une solution aqueuse, (à 25 °C) le produit des concentrations des ions $[H_3O^+] \times [HO^-]$ est une constante égale à 10^{-14}.
- Lorsqu'une des concentrations augmente, l'autre diminue.
- **Dans toute solution aqueuse, le pH est défini par la relation : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ mol.L^{-1}.**

Retiens l'essentiel

- ✔ Le chlorure d'hydrogène est un composé moléculaire gazeux. Sa solution aqueuse est ionique, il s'agit de l'acide chlorhydrique.
- ✔ L'acidité est due à la présence de l'ion hydronium (nom scientifique : ion oxonium) de formule H_3O^+.
- ✔ L'hydroxyde de sodium est un composé solide ionique. Sa solution aqueuse est ionique, il s'agit d'une base communément appelée soude.
- ✔ La basicité est due à la présence de l'ion hydroxyde de formule HO^-.
- ✔ La présence des ions hydroxydes peut être mise en évidence :
  - par l'utilisation d'indicateurs colorés ;
  - par l'utilisation de papier pH ;
  - à l'aide d'un pH-mètre.
- ✔ L'ion H_3O^+ réagit avec certains métaux. Il y a transfert d'électrons du métal à l'ion hydronium avec dégagement de dihydrogène.
- ✔ L'ion HO^- forme avec les ions métalliques des hydroxydes métalliques ioniques de formule générale $M(OH)_n$ souvent très peu solubles.
- ✔ Le pH d'une solution caractérise les concentrations des ions H_3O^+ et HO^- dans une solution aqueuse.
- ✔ Le pH est défini par la relation : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ mol.L^{-1}.
- ✔ Dans une solution aqueuse, ions H_3O^+ et ions HO^- coexistent toujours et le produit de leurs concentrations est une constante : $[H_3O^+] \times [HO^-] = 10^{-14}$ (valeur à 25 °C).
- ✔ Les solutions acides ont un pH inférieur à 7.
- ✔ Les solutions basiques ont un pH supérieur à 7.
- ✔ 7 est la valeur du pH des solutions neutres sur le plan acido-basique.

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Une solution de pH = 4 est moins acide qu'une solution de pH = 2.		
L'ajout d'eau à une solution acide augmente son pH.		
Plus le pH est élevé, plus la solution est acide.		
L'ion hydroxyde est chargé positivement.		
Un pH de valeur 9 montre une solution basique.		
Un pH de valeur 6 montre une concentration $[H_3O^+] = 0{,}000\,001$ mol.L^{-1}.		
Un pH de valeur 8 montre une concentration $[HO^-] = 0{,}000\,001$mol.L^{-1}.		
L'hydroxyde de sodium est un hydroxyde métallique.		

Exercice 2

Tu disposes de deux béchers, l'un contient 20 mL d'eau, l'autre 20 mL d'une solution d'acide chlorhydrique de pH = 2.

1. **Indique la valeur du pH de l'eau.**

   Tu places la sonde d'un pH-mètre dans l'eau et tu verses prudemment la solution acide dans l'eau.

2. **Indique comment évolue le pH.**

Exercice 3

Ton ami se plaint de brûlures d'estomac, il pense que son contenu est trop acide. Il veut boire de l'eau et te demande conseil.

Tu estimes que le contenu de son estomac contient un volume de 0,5 litre de solution de pH = 1.

1. **Détermine le volume d'eau qu'il devrait boire pour que le pH prenne une valeur pH = 2.**
2. **Donne à ton ami ta conclusion.**

Réinvestis tes acquis

Exercice 4

Au laboratoire du lycée, le laborantin dispose d'une solution commerciale d'acide chlorhydrique de concentration C = 10 mol.L^{-1}.

Le professeur lui a demandé de préparer un litre de solution de pH = 2 pour distribuer aux élèves lors des travaux pratiques.

Décris les étapes de la manipulation que doit réaliser le laborantin.

Exercice 5

Tu disposes d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration inconnue et d'une solution de nitrate d'argent.

À un volume V = 1 mL d'acide chlorhydrique, tu ajoutes du nitrate d'argent en excès.

1. **Décris ce que tu observes.**
2. **Écris l'équation-bilan traduisant tes observations.**
3. **Tu récupères et sèches le précipité obtenu. Tu le pèses et trouves m = 0,144 g.**

   Détermine la concentration molaire de la solution d'acide chlorhydrique.

Exercice 6

Tu disposes d'un litre de solution de soude de pH = 11.

Le professeur te demande de préparer à partir de cette solution un litre de soude de pH = 12.

Décris le protocole expérimental que tu vas mettre en œuvre.

Exercice 7

Lors d'une séance de travaux pratiques, le professeur distribue une solution de soude qu'il vient de préparer.

Tu mesures son pH, la valeur mesurée est pH = 11.

1. **Détermine la concentration molaire de la solution en ions HO^-.**

Le professeur a préparé un litre de cette solution.

2. **Détermine la masse d'hydroxyde de sodium solide qu'il a dû peser pour la réaliser.**

Exercice 8

Tu dissous 72 L de chlorure d'hydrogène dans un litre d'eau ($V_M = 24$ L.mol^{-1}).

Tu désires utiliser l'acide obtenu pour préparer du dihydrogène par attaque du métal zinc.

1. **Détermine la concentration de la solution d'acide chlorhydrique.**
2. **Détermine le volume de dihydrogène que tu peux espérer obtenir en utilisant 100 mL de cet acide.**
3. **Détermine la masse minimale de zinc que tu dois faire réagir.**

Scanné avec CamScanner

La problématique acidification des océans



Doc. 10 *Du carbonate de calcium.*

Comme toute solution aqueuse, l'eau des océans possède un pH.

On note depuis plusieurs décennies une diminution de celui-ci. Cette acidification est liée à l'augmentation de la concentration du dioxyde de carbone dans l'air.

Lorsque le CO_2 se dissout, il donne de l'acide carbonique H_2CO_3. Cet acide réagit avec l'eau pour donner les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- et carbonate CO_3^{2-}.

Les ions carbonate sont utilisés par de nombreux organismes marins. Les huîtres, les moules, les coquillages l'utilisent pour former leur coquille, les coraux pour former les récifs et une partie du microplancton pour fabriquer son exosquelette.

L'acidification du milieu défavorise la formation des ions carbonate.

L'océan est un puits de carbone : les algues et le phytoplancton océanique vivent dans la couche supérieure de l'océan. Ils utilisent l'énergie solaire pour produire de la matière organique par photosynthèse. Cette matière organique est le point de départ d'une chaîne alimentaire produisant des cadavres, détritus, matières fécales, etc. qui tombent sur les fonds marins. Promesse de futurs dépôts pétrolifères…

Ce carbone entraîné vers les profondeurs est ainsi retiré du cycle du carbone pour plusieurs milliers ou millions d'années.

C'est ce carbone séquestré pendant des millions d'années dans le pétrole que nous consommons et libérons aujourd'hui dans l'atmosphère.

Certaines algues phytoplanctoniques comme les coccolithes fabriquent un squelette carbonaté. À leur mort, elles coulent, emportant avec elles une masse considérable de carbone.

Ce sont elles qui ont formé les monumentales couches de calcaire que nous connaissons.

Or, l'acidification de l'eau est un danger pour la fabrication de leur squelette.

La menace est sérieuse, avec leur disparition disparaîtrait un important puits de carbone sur notre planète.

Les récifs coralliens piègent eux aussi des masses considérables de carbonate de calcium. On évalue la production d'un récif entre 4 kg et 10 kg de carbonate de calcium ($CaCO_3$) par m^2 et par an. Ce sont donc là encore des dizaines de millions de tonnes de dioxyde de carbone séquestrées durablement.

Tous ces mécanismes sont aujourd'hui menacés par l'acidification de l'eau de mer.

On peut penser que les organismes vivants sauront s'adapter aux changements qui leur sont imposés, mais ce n'est qu'un espoir.



Doc. 11 *Calcaire, autrefois dioxyde de carbone gazeux.*



Doc. 12 *Carbone séquestré depuis des millions d'années.*

Scanné avec CamScanner

Réaction acido-basique – Dosage

Habiletés et contenus

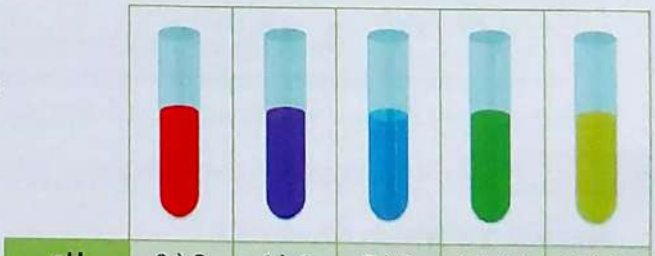
- ✔ Connaître les caractéristiques de la réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude.
- ✔ Écrire l'équation-bilan de la réaction chimique.
- ✔ Réaliser le dosage de l'acide chlorhydrique par la soude.
- ✔ Définir l'équivalence acido-basique.
- ✔ Déterminer la concentration molaire volumique d'une solution d'acide ou de base à partir d'un dosage.

Découvre le sujet

La couleur des fleurs ou des fruits d'une plante dépend souvent du pH du sol et beaucoup peuvent servir d'indicateurs colorés.
À la suite de tes lectures, tu décides avec tes camarades de préparer un indicateur coloré simple et performant : le jus de chou rouge. Place des lamelles de chou dans une casserole d'eau et porte à ébullition. Laisse refroidir, filtre la solution obtenue, tu possèdes un excellent indicateur coloré.
Tu l'utilises immédiatement.
Tu places une solution d'acide diluée dans un verre, tu ajoutes quelques gouttes de ton indicateur coloré puis tu verses doucement une solution basique.
Observe les changements de teinte.



Doc. 1 *Chou rouge.*



pH	0 à 3	4 à 6	7 à 8	9 à 12	13 à 14
Couleur	rouge	violet	bleu	vert	jaune

Doc. 2 *Échelle de teintes.*

Développe le sujet

Activité 1 Prévois l'action de l'acide chlorhydrique sur la soude

Tu disposes d'une solution d'acide chlorhydrique et d'une solution d'hydroxyde de sodium.
Les deux solutions sont de même concentration $C = 0{,}1\ mol.L^{-1}$.

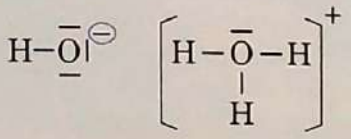
1. Établis l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution d'acide chlorhydrique.
2. Établis l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution d'hydroxyde de sodium.

Scanné avec CamScanner

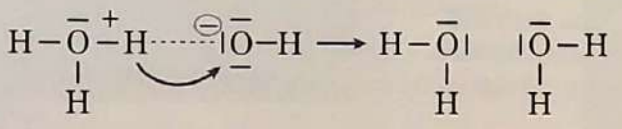
3. Tu mélanges deux échantillons de ces solutions.
Constate avec un thermomètre l'élévation de la température.
Indique ce qu'elle traduit.
4. Établis la liste des réactions chimiques qui peuvent se produire.
5. Modélise à l'aide des représentations de Lewis la ou les réactions possibles.
6. Écris l'équation-bilan correspondante.

Bilan de l'activité

1. La solution d'acide chlorhydrique contient des molécules d'eau H_2O, des ions hydronium H_3O^+, des ions chlorure Cl^-.
2. La solution d'hydroxyde de sodium contient des molécules d'eau H_2O, des ions hydroxyde HO^-, des ions sodium Na^+.
3. L'élévation de température montre que la réaction libère de l'énergie. Cette réaction se produit spontanément, elle ne nécessite pas d'amorçage.
4. Les ions chlorure et les ions sodium sont indifférents, ils ne participent à aucune réaction.
Les seules espèces susceptibles de réagir sont les ions hydronium et les ions hydroxyde.
5. Les représentations de Lewis sont :



- Des forces peuvent se créer entre ces espèces chargées.
- Un noyau d'hydrogène peut être attiré par un doublet non liant de l'ion hydroxyde.
On peut donc observer une réaction de transfert de proton de l'ion hydronium à l'ion hydroxyde.

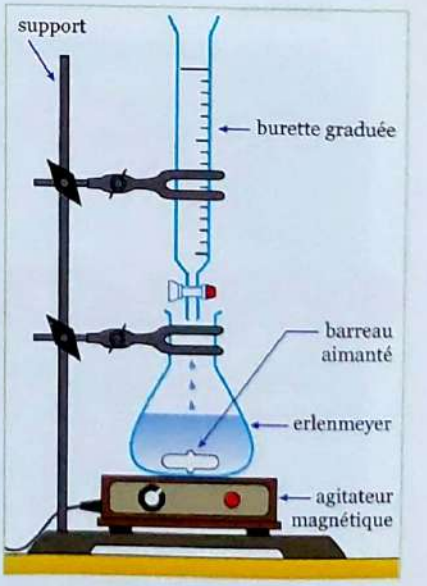


6. L'équation-bilan s'écrit :
$H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2\,H_2O$

Activité 2 Vérifie expérimentalement cette réaction

Réalise le montage du ***document 3***.
Place dans l'erlenmeyer $V_A = 10$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 0{,}1$ mol.L^{-1}.
Place dans la burette une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 0{,}1$ mol.L^{-1}.
Les solutions doivent avoir été préparées avec soin afin que leurs concentrations soient bien déterminées, le volume d'acide doit être mesuré avec précision.
Ajoute dans l'erlenmeyer une ou deux gouttes de bleu de bromothymol.

1. En l'état initial, avant tout ajout de soude, détermine la quantité d'ions hydronium dans l'erlenmeyer.
Indique le pH de la solution.
Indique la couleur du BBT.



Doc. 3 *Montage expérimental.*

Scanné avec CamScanner

2. Si la réaction prévue est celle qui se produit :
$H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2\,H_2O$
Détermine le volume de solution de soude qu'il faut utiliser pour que tous les ions H_3O^+ réagissent.

3. Verse alors progressivement ce volume et note la couleur du BBT au fur et à mesure de l'ajout.
Note avec précision le volume correspondant au virage de l'indicateur.
Indique alors la valeur du pH.

4. Ajoute une goutte de solution de soude.
Note la couleur du BBT.
Indique la valeur du pH.

5. Conclus.

Bilan de l'activité

1. Dans l'état initial, avant ajout de solution de soude, l'erlenmeyer contient :
$n(H_3O^+) = C_AV_A$ mole d'ions hydronium.

$n(H_3O^+) = C_AV_A$

$n(H_3O^+) = 0{,}1 \times 10.10^{-3}$

$n(H_3O^+) = 1.10^{-3}$ mol

Le pH de la solution est tel que $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$[H_3O^+] = 10^{-1}$; pH = 1.

Le BBT a sa teinte acide : jaune.

2. Pour que tous les ions H_3O^+ réagissent, il faut verser une quantité d'ions HO^- égale à la quantité d'ions H_3O^+ initiale.
Soit un volume V_B tel que :
$n(HO^-) = C_BV_B$ avec $n(HO^-) = 1.10^{-3}$ mol

$$V_B = \frac{1.10^{-3}}{0{,}1}$$

$V_B = 10.10^{-3}$ L = 10 mL

3. Versons donc ce volume progressivement pour prendre le temps d'observer.
À l'approche du volume de 10 mL de soude, une couleur verte apparaît lors du versement de chaque goutte de soude, elle disparaît à l'agitation. Il faut alors ajouter la soude très doucement pour que la teinte neutre du BBT apparaisse.
Lorsque le BBT vire au vert, le volume de soude versée est 10 mL, tous les ions H_3O^+ ont réagi, le pH est égal à 7.
Le pH = 7 est confirmé par la teinte du BBT mais on peut le vérifier également à l'aide d'un papier pH.

4. L'ajout d'une seule goutte de solution de soude fait virer le BBT à sa teinte basique : bleue.
Il n'y a plus d'ions H_3O^+ dans la solution, les ions HO^- ne peuvent plus réagir, ils sont en excès, la solution dans l'erlenmeyer devient basique.
La réaction des ions H_3O^+ avec les ions HO^- est donc totale.

5. La réaction prévue entre les ions hydronium et hydroxyde est celle qui se produit.
Lorsque les quantités d'acide C_AV_A initialement présentes et de base C_BV_B versées sont égales, il y a neutralisation. La réaction produit des molécules d'eau et les ions qui restent en solution sont les ions spectateurs, Na^+ et Cl^-. Ils sont en quantités égales, le milieu réactionnel est alors une solution de chlorure de sodium.

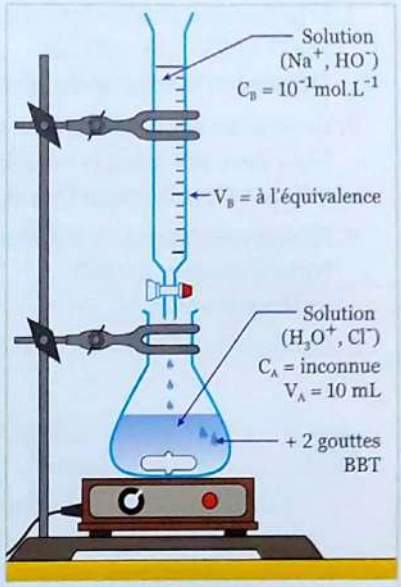
Scanné avec CamScanner

Activité 3 Détermine une concentration inconnue

Tu utilises de nouveau le montage du ***document 3***.
L'erlenmeyer contient $V_A = 10$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration C_A inconnue. Tu y ajoutes une ou deux gouttes de solution de bleu de bromothymol.
La burette contient une solution de soude de concentration $C_B = 10^{-1}$ mol.L^{-1}.
Tu désires connaître la concentration de la solution d'acide.

1. Propose un protocole expérimental.

2. Tu constates que le BBT prend sa teinte neutre pour un volume V_B. Détermine la valeur de la concentration C_A.



Doc. 4 *Dosage d'un acide.*

Bilan de l'activité

1. Le BBT a initialement sa teinte acide : jaune.
Il reste jaune tant que la solution est acide. Il vire au bleu dès qu'elle devient basique.
L'objectif est d'obtenir sa teinte verte qui correspond à la neutralité de la solution dans l'erlenmeyer.
Pour cela, il faut verser exactement autant d'ions HO^- qu'il y a d'ions H_3O^+ dans la solution d'acide de concentration inconnue.
La quantité d'ions H_3O^+ initialement présente est :

$n(H_3O^+) = C_A V_A$

Leur neutralisation exige une quantité égale d'ions HO^-.

$n(HO^-) = C_B V_B$

À l'équivalence, on peut écrire la relation :

$n(H_3O^+)$ présent initialement = $n(HO^-)$ versé à l'équivalence

$C_A V_A = C_B V_B$

Il est donc nécessaire de repérer avec exactitude le volume V_B.
L'observation attentive de l'évolution de la couleur permet de repérer ce volume.
L'agitation magnétique doit être modérée. Lorsque l'équivalence est proche, les gouttes de soude colorent localement la solution en vert. La persistance de cette coloration locale prévient de l'imminence de l'équivalence. Il faut donc ralentir l'écoulement de la soude en conséquence.
L'équivalence se fait « à la goutte près ». Si on la dépasse, le dosage peut être recommencé en profitant de la connaissance de la valeur approchée du volume V_B.

2. La connaissance de V_B permet immédiatement de déterminer C_A.

Exemple : admettons que $V_B = 14{,}2$ mL.

$C_A V_A = C_B V_B$

$$C_A = \frac{C_B V_B}{V_A}$$

$$C_A = 10^{-1} \times \frac{14{,}2.10^{-3}}{10.10^{-3}}$$

$C_A = 0{,}142$ mol.L^{-1}

Scanné avec CamScanner

Retiens l'essentiel

- L'acidité de l'acide chlorhydrique est due à la présence d'ions hydronium (oxonium) de formule H_3O^+.
- La basicité des solutions de soude est due à la présence de l'ion hydroxyde de formule HO^-.
- La mise en présence de ces ions dans un milieu réactionnel entraîne une réaction totale entre eux, d'équation-bilan :

$$H_3O^+ + HO^- \rightarrow 2\,H_2O$$

- Si l'un des réactifs est en excès, la solution est acide ou basique suivant l'ion en excès.
- Si les quantités de matière sont stœchiométriques, on atteint « l'équivalence acido-basique », les deux espèces chimiques se neutralisent. L'égalité des quantités de matière s'écrit :

$$n_A = n_B$$
$$C_A V_A = C_B V_B$$

- La connaissance de trois de ces grandeurs permet de calculer la quatrième.
- Cette équivalence peut être repérée par l'ajout d'un indicateur coloré dans le milieu réactionnel.

Exerce-toi

Vérifie tes acquis

Exercice 1

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

1. L'acide chlorhydrique doit ses propriétés à l'ion _____. L'ion qui lui est associé, l'ion _____ est spectateur.

2. La soude doit ses propriétés à l'ion _____. L'ion associé, l'ion _____ est spectateur.

3. Le mélange des ions hydronium et hydroxyde entraîne la réaction chimique décrite par l'équation-bilan : _____.

4. Lors d'un dosage acido-basique, on repère _____ par le changement de couleur d'un _____ coloré.

5. À l'équivalence, les _____ sont égales et l'on peut écrire la relation _____.

Exercice 2

Dis si chacune des affirmations est vraie ou fausse.

	Vrai	Faux
Le BBT est bleu avec les acides.		
La réaction entre H_3O^+ et HO^- correspond à un transfert de proton.		
La réaction acide chlorhydrique/soude est exothermique.		
Doser un acide, c'est déterminer sa concentration.		
À l'équivalence acido-basique, tous les ions hydronium et hydroxyde ont réagi.		
Pour augmenter le pH de la valeur 2 à la valeur 3, il faut diviser la concentration de l'ion hydronium par dix.		
Quand on divise la concentration des ions hydronium par deux, on multiplie le pH par deux.		
On peut doser de la soude de concentration inconnue par de l'acide chlorhydrique de concentration connue.		

Scanné avec CamScanner

Exerce-toi

Exercice 3

On mélange 10 mL de soude de concentration 0,1 $mol.L^{-1}$ et 20 mL d'acide chlorhydrique de concentration 0,04 $mol.L^{-1}$.

Détermine si le mélange est acide, neutre ou basique.

Exercice 4

On mélange 20 mL de soude de concentration 10^{-1} $mol.L^{-1}$ et 80 mL d'acide chlorhydrique de concentration 0,01 $mol.L^{-1}$.

Détermine les quantités de matières des espèces chimiques présentes dans le mélange.

Exercice 5

Dans 10 cm^3 d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration 0,5 $mol.L^{-1}$, on doit verser 20 mL d'une solution de soude pour atteindre l'équivalence acido-basique.

Détermine la concentration molaire de cette solution de soude.

Réinvestis tes acquis

Exercice 6

Au laboratoire, tu verses $V_A = 100$ mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 1$ $mol.L^{-1}$ dans $V_B = 100$ mL d'une solution de soude de concentration $C_B = 0,5$ $mol.L^{-1}$.

1. **Établis l'inventaire de toutes les espèces chimiques présentes dans le mélange.**
2. **Détermine les quantités de matière de toutes les espèces chimiques présentes dans l'état final (en mole).**
3. **Détermine les concentrations molaires de toutes les espèces chimiques présentes.**
4. **Vérifie si la condition d'électroneutralité est satisfaite.**

Exercice 7

Ton camarade propose de neutraliser V = 100 mL d'une solution de soude de concentration 0,5 $mol.L^{-1}$ en l'injectant directement dans la solution du chlorure d'hydrogène gazeux.

Aide-le à déterminer le volume de gaz nécessaire, sachant que le volume molaire est égal à 24 $L.mol^{-1}$.

Exercice 8

Tu veux doser V = 20 mL d'une solution de soude de concentration inconnue.

Tu disposes d'une solution d'acide chlorhydrique de pH = 2.

Le virage de l'indicateur coloré est obtenu pour $V_A = 17$ mL.

Détermine la concentration de la soude.

Exercice 9

Lors d'une séance de travaux pratiques, le professeur distribue une solution de soude de pH = 11 et une solution d'acide chlorhydrique de pH = 3.

Il vous demande d'obtenir une équivalence acido-basique en utilisant le montage traditionnel avec emploi d'un indicateur coloré.

Détermine le volume de solution d'acide chlorhydrique nécessaire à la neutralisation de 25 mL de solution de soude.

Exercice 10

Le professeur a demandé au laborantin de préparer un litre d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration C = 0,01 $mol.L^{-1}$.

Pour cela, il dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration C_A inconnue, d'une solution de soude de concentration $C_B = 10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ et de tout le matériel nécessaire aux différentes manipulations.

Il commence par doser l'acide.

Pour doser $V_A = 20$ mL, il doit utiliser $V_B = 40$ mL de soude afin d'obtenir l'équivalence.

1. **Détermine avec lui la concentration de l'acide.**
2. **Détermine ce que le laborantin doit faire pour obtenir la solution attendue à partir de la solution existante.**

Scanné avec CamScanner

Des applications d'équilibres acido-basiques

Les équilibres acido-basiques interviennent dans tous les domaines.

Prenons un exemple simple : le pain. Depuis la nuit des temps, les trous, les bulles « d'air » du pain sont formées par du dioxyde de carbone qui se forme au sein de la pâte avant et pendant la cuisson.

Aujourd'hui, en boulangerie industrielle, on utilise de la levure chimique. C'est une poudre qui dans un substrat d'amidon mélange un acide, souvent l'acide tartrique, et une base, souvent l'hydrogénocarbonate de sodium.



Doc. 5 *Traces des bulles de CO^2.*

Incorporée à la pâte, la poudre en présence d'humidité amorce une réaction acide-base et libère du dioxyde de carbone faisant gonfler la pâte. Elle utilise la réaction que nous avons étudiée : en milieu acide, l'ion hydrogénocarbonate libère du dioxyde de carbone.

Depuis plusieurs millénaires, l'humanité partage la connaissance de la fabrication du pain, mais le dioxyde de carbone provient alors de processus de fermentation.

Les boulangers « traditionnels » utilisent des levures et des ferments, produits vivants composés de champignons et de bactéries, présents naturellement dans les céréales mais aussi les fruits.

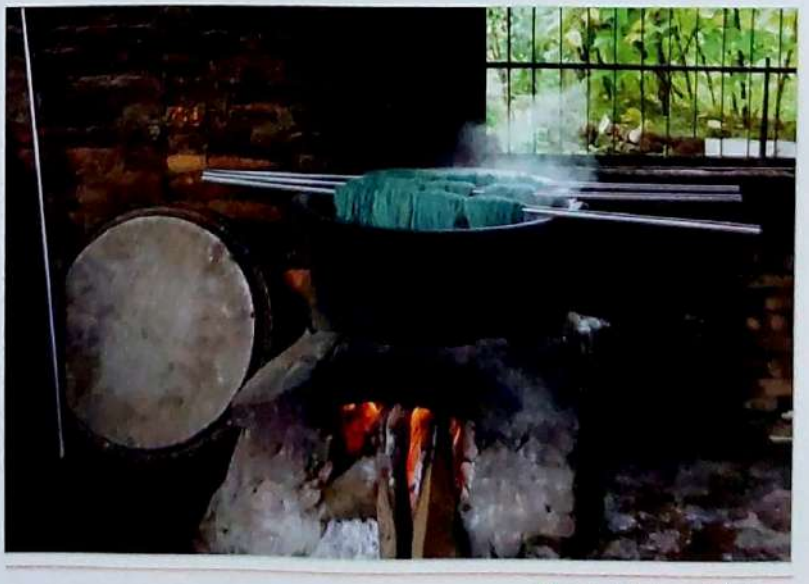
Ces micro-organismes mettent en œuvre la dégradation du glucose avec comme produit final soit l'acide lactique soit l'éthanol et le dioxyde de carbone.

Ce sont ces mêmes micro-organismes qui permettent la fabrication des fromages, bières et vins, plats fermentés et conservation des viandes. L'art des boulangers, des fromagers et des brasseurs consiste à maîtriser les équilibres entre ces populations de champignons et bactéries afin de réguler ces deux fermentations. Pour cela, il faut maîtriser le pH.

Ces êtres vivants sont très sensibles au pH du milieu où ils se trouvent et si les artisans traditionnels se transmettaient secrètement les recettes permettant de l'adapter, les industries modernes le suivent au pH-mètre.

Un autre exemple : les teinturiers savent depuis des millénaires, même s'ils n'avaient pas le vocabulaire pour le dire, que pour teinter la laine, qui a des propriétés basiques, il faut utiliser des colorants dans des bains acides.

Cherche dans ton environnement, tu avais étudié la correction du pH des sols dans une classe précédente…



Doc. 6 *Teinture de la laine.*

Scanné avec CamScanner

Imprimé en Italie par L.E.G.O. S.p.A. - Lavis (TN)
Dépôt légal : 04/2021 - Édition n° 02 - 60/1714/8

Scanné avec CamScanner



Physique-Chimie

60.1714.8
ISBN : 978-2-7531-0758-8

9 782753 107588

ISBN : 978-2-84487-889-2
Dépôt légal n° 16459

Scanné avec CamScanner