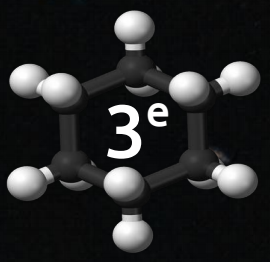


15 30.974 P PHOSPHORE

PhysiquE

6 12.01 C CARBONE

Chimie

Victor Gondret

Victor Hugo

The spiral galaxy NGC 2008 sits centre stage, its ghostly spiral arms spreading out towards us, in this image captured by the NASA/ESA Hubble Space Telescope.

This galaxy is located about 425 million light-years from Earth in the constellation of Pictor (The Painter's Easel). Discovered in 1834 by astronomer John Herschel, NGC 2008 is categorised as a type Sc galaxy in the Hubble sequence, a system used to describe and classify the various morphologies of galaxies. The "S" indicates that NGC 2008 is a spiral, while the "c" means it has a relatively small central bulge and more open spiral arms. Spiral galaxies with larger central bulges tend to have more tightly wrapped arms, and are classified as Sa galaxies, while those in between are classified as type Sb.

Spiral galaxies are ubiquitous across the cosmos, comprising over 70% of all observed galaxies — including our own, the Milky Way. However, their ubiquity does not detract from their beauty. These grand, spiralling collections of billions of stars are among the most wondrous sights that have been captured by telescopes such as Hubble, and are firmly embedded in astronomical iconography.

©ESA/Hubble & NASA, A. Bellini

Introduction

Cher · e collègue,

Ce document contient l'ensemble des cours que j'ai prodigué aux troisièmes du collège Victor Hugo lors de l'année 2019-2020. Étant donné qu'il s'agissait pour moi de ma première année d'enseignement, ces cours n'ont pas encore pas encore pu être modifiés avec recul. L'année 2019-2020 fut également assez spéciale, bousculée d'une part par le mouvement social dû à la réforme des retraites entre décembre et février puis au confinement dû à l'épidémie de COVID-19 à partir de mars.
Ma progression fut assez tâtonnante aussi elle suit plutôt fidèlement celles de Stéphane Landeau sur `pccollege.fr` et celle de Tony Leparoux sur `physikos.free.fr`. Leur site a grandement contribué à la constitution de ce document, que ce soit via des figures, des explications ou des exercices.

Le chapitre 1 traite de l'atome et de sa structure. La constitution de la frise chronologique de l'histoire de l'atome fut appréciée des élèves.
Le chapitre 2 traite de la masse volumique et le suivant des ions. Pour faire les TP, je travaillais avec un demi-groupe pendant que Sandrine Callens travaillait avec l'autre moitié de la classe pour réaliser une étude bibliographique et un poster sur les sources d'énergie.
Le chapitre 4 porte sur les acides et les bases. Chaque élève a pu faire un ou deux mesure de pH mais pas de TP en classe.
Le chapitre 5 reprenait des points de révision de l'année passée car les élèves disaient n'avoir rien vu. Ils connaissaient finalement plutôt bien les concepts.
Le chapitre 6, sur le mouvement, entame un nouveau thème. Il est inspiré fortement de T. Leparoux, tout comme le chapitre 7, sur les forces et les interactions. L'activité sur Motion Shot fut appréciée par les élèves.
Le chapitre 8 traite de la conversion d'énergie. Il gagnerait à être revue et amélioré.
Le chapitre 9 reprend toute l'électricité qui a été vu en quatrième. Suit le chapitre 10 et la puissance d'un appareil électrique ainsi qu'un DM qui a été apprécié des élèves globalement.
Les derniers chapitres de l'année concernent le thème sur les signaux et sont globalement hors-programme. Ils ont été vus durant le confinement.

Clamart, le 1 juillet 2020
Victor Gondret

Table des matières

1 L'atome **1**
- 1.1 Structure de l'atome . . . 1
- 1.2 Le noyau . . . 1
- 1.3 Déterminer la composition d'un atome . . . 3

2 Métaux et masse volumique **15**
- 2.1 Les métaux . . . 15
- 2.2 Test de reconnaissance des métaux . . . 15
- 2.3 La masse volumique . . . 16
- 2.4 Les métaux rares . . . 16

3 Formation et reconnaissance des ions **28**
- 3.1 Conduction de l'eau . . . 28
- 3.2 Formation des ions . . . 28
- 3.3 Neutralité des solution . . . 29
- 3.4 Sens de déplacement des ions en solution . . . 29
- 3.5 Identifications d'ions en solution . . . 30

4 Acides et bases **48**
- 4.1 Mesure du pH des solutions . . . 48
- 4.2 Que fait changer le pH ? . . . 48
- 4.3 Composition de l'acide chlorhydrique . . . 49
- 4.4 Réaction entre acide et base . . . 50
- 4.5 Réaction entre solution acide et métaux . . . 50

5 Rappels de 5e et de 4e **54**

6 Mouvement **60**
- 6.1 De la nécessité d'établir un cadre . . . 60
- 6.2 Caractériser un mouvement . . . 61
- 6.3 La chronophotographie . . . 62
- 6.4 Le vecteur vitesse (finalement) non fait . . . 63

7 Forces et interactions **73**
- 7.1 Actions et interactions . . . 73
- 7.2 Représentation des interactions . . . 73
- 7.3 Les forces et leurs effets . . . 74
- 7.4 Poids et masse : l'interaction gravitationnelle . . . 75

8 Conversion d'énergie **85**
- 8.1 Énergie, énergie cinétique et énergie potentielle . . . 85
- 8.2 Transfert énergétique . . . 87
- 8.3 La puissance . . . 89

9 L'électricité et les lois de l'électricité **92**
9.1 Les grandeurs en électricité 92
9.2 Les lois de l'électricité 94
9.3 La résistance et la loi d'Ohm 95

10 Puissance d'un appareil électrique **98**
10.1 Comment produire de l'électricité ? 98
10.2 Relation entre puissance, tension et intensité 99

11 Le son **104**
11.1 Physique du son 104
11.2 Caractérisation d'un son 107

12 La lumière **113**
12.1 Propagation de l'onde lumineuse 113
12.2 Les sources de lumière 114
12.3 Décomposition de la lumière 114

13 Un monde en couleurs **117**
13.1 Filtre de couleur 117
13.2 Synthèse additive 117
13.3 Couleur d'un objet 119

14 La lumière infrarouge **122**
14.1 Un corps chaud émet de la lumière 122
14.2 Modification de l'œil de souris 122

Chapitre 1

L'atome

Introduction

Faire l'activité sur l'atome [1].

1.1 Structure de l'atome

1.1.1 Rappels sur les dimensions et les unités

Pour les petites longueurs, on utilise d'autres unités que le mètre. De la même façon qu'on utilise le centimètre pour mesurer des petites longueurs, on utilise trois autres unités pour les *très* petites longueurs. On retiendra

— 1 µm = 10^{-6}m,

— 1 nm = 10^{-9}m,

— 1 pm = 10^{-12}m.

1.1.2 Composition de l'atome

Les atomes sont les constituants de la matière. Leur taille est de l'ordre de 0,1 nanomètre soit 10^{-10} mètres [2, 3, 4]. L'atome est constitué d'électrons (particules chargées négativement) qui tournent autour d'un noyau (chargé positivement). L'essentiel de la masse de l'atome est concentré dans le noyau. Les électrons, eux, forment le nuage électronique et donnent à l'atome sa taille. Ainsi, **le noyau est 100 000 fois plus petit que l'atome.**

Exemple : Si le noyau est de la taille d'une balle de ping-pong (2cm), l'atome ferait 2000 mètres soit la taille d'un astéroïde.

Et l'électron dans tout ça ? Il a été montré que son diamètre (s'il en a un) est inférieur à 10^{-22} m [7]. Il est ainsi considéré comme une particule ponctuelle par les scientifiques.

L'atome est donc essentiellement constitué de vide : il a donc une structure lacunaire. La masse d'un électron est de $9,1 \times 10^{-31}$kg.

1.2 Le noyau

Les particules qui constituent le noyau sont des **nucléons**. Parmi eux, on trouve

— les **neutrons**, dont la charge est nulle,

— les **protons**, dont la charge est positive.

Tous les nucléons ont la même masse qui est de $1,7 \cdot 10^{-27}$kg.

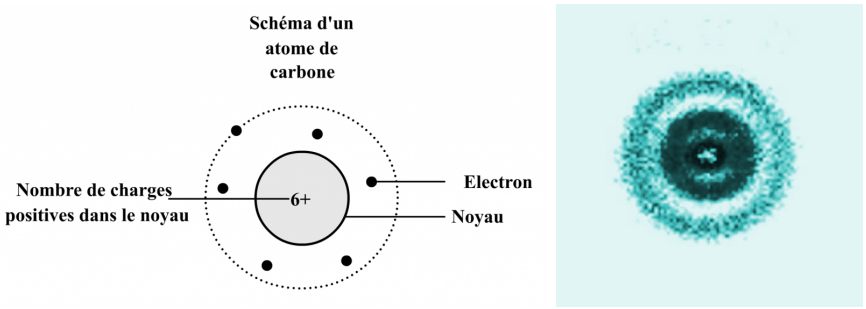


FIGURE 1.1 – À gauche, schéma d'un atome de carbone [5]. À droite, on voit le nuage électronique dans l'atome d'hydrogène : les chercheurs ont mesuré plusieurs milliers de fois la position de l'unique électron de l'atome d'hydrogène. À chaque mesure, ils ont ajouté à la position une petite tâche (de largeur = à l'incertitude de la mesure). En physique quantique, l'électron n'est pas assimilable à une particule de matière. On ne peut calculer de façon précise sa position mais seulement une probabilité de présence dans une région de l'espace [6].

La masse d'un nucléon est donc 1000 fois plus grande que celle d'un électron.

$$m_{nucleon} \approx 1000 \times m_{elec}$$

Dans les exercices, on néglige souvent la masse des électrons par rapport à celle des nucléons.

1.2.1 Neutralité de l'atome

Nous avons également vu plus haut que les protons sont chargés positivement et les électrons négativement. L'unité de la charge électrique est le *Coulomb* de symbole C. La charge fondamentale se note e est est égale à $1,6 \cdot 10^{-19}$C. La charge d'un proton est de $+e$ et celle d'un électron de $-e$.

Un atome est électriquement neutre : il a donc autant d'électrons que de protons.

1.2.2 Isotopie

La nature d'un atome est fixé par son nombre de protons : si un atome a un seul proton, alors ce sera toujours un atome d'hydrogène. Cependant, il existe différents types d'atomes d'hydrogène dans la nature. Certains possèdent 1 seul neutron (leur noyau sera donc constitué d'un neutron et d'un proton) alors que d'autres possèdent 2 neutrons (leur noyau possède donc deux neutrons et 1 proton). On dit alors que ces deux atomes sont des isotopes.

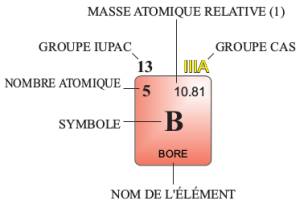
Deux isotopes sont deux atomes d'un même élément dont le nombre de neutrons est différent. Le nombre de nucléons dans le noyau d'un atome est appelé nombre de masse.

Logique : comme les nucléons sont mille fois plus lourd que les électrons, le nombre de nucléons fixe la masse de l'atome.

Pour différencier deux isotopes, on note ${}^{A}X$ où A est le nombre de masse et X le symbole de l'élément. Par exemple, ${}^{16}O$ désigne l'isotope de l'oxygène ayant 16 nucléons.

1.3 Déterminer la composition d'un atome

Dans le tableau périodique, en troisième, nous ne nous intéresserons **qu'au nom de l'élément, au symbole et au nombre atomique**[8].



Méthode : lorsqu'on demande la composition d'un atome, il faut donner le nom de l'élément, le nombre d'électrons, de protons et de neutrons. On donne usuellement ${}^{A}X$: il faut alors chercher dans le tableau l'élément afin de connaître son numéro atomique Z. On en déduit ensuite le nombre de protons (Z) puis d'électrons (Z par conservation de la charge) et enfin le nombre de neutrons (A-Z puisque neutrons = nucléons – protons).

Exemple : À l'aide du tableau périodique, compléter ce tableau.

Symbole de l'atome	Li		C	Ag
Nom de l'atome		Argon		
Nombré d'électrons				
Nombré de nucléons	7			108
Nombré de protons				
Nombré de neutrons		22	6	

Nota Bene : on note parfois un atome ${}^{56}_{26}Fe$, ${}^{65}_{29}Cu$: le chiffre du haut représente le nombre de masse et celui du bas le numéro atomique. Il y a donc redondance puisqu'à chaque numéro atomique correspond un unique symbole.

Exercice : Donner le nom et la composition des isotopes ${}^{1}H$, ${}^{58}Ni$, ${}^{55}Mn$, et ${}^{23}Na$.

Bibliographie

[1] Benoit Challemel du Rozier. L'histoire de l'atome. URL `https://www.ac-orleans-tours.fr/fileadmin/user_upload/physique/college/Cycle4/Matiere/Act_Num_Hist_Atome_3.pdf`.

[2] Jean-Paul Matthieu, Alfred Kastler, and Pierre Fleury. *Dictionnaire de physique*. Masson, 1985.

[3] Christophe Daujean *et al. Microméga - Physique-Chimie Cycle 4*. Hatier, 2017.

[4] Stéphane Landeau. La constitution des atomes. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 15/09/2019. URL `http://pccollege.fr/cycle-4/cycle-4-classe-de-3eme/chapitre-i-la-constitution-des-atomes`.

[5] Sophie Dulac. Les constituants de l'atome. *Physique-Chimie Collège*, consulté le 15/09/2019. URL `https://physique-chimie-college.fr/cours-3eme-chimie/les-constituants-de-latome/`.

[6] Aneta S Stodolna *et al.* Hydrogen atoms under magnification : direct observation of the nodal structure of stark states. *Physical review letters*, 110(21) :213001, 2013.

[7] Hans Dehmelt. A single atomic particle forever floating at rest in free space : New value for electron radius. *Physica Scripta*, 1988(T22) :102, 1988.

[8] Eni Generalic. Tableau périodique des éléments. URL `www.periodni.com`.

Attendus de l'élève

— Savoir les différences de pensées entre Démocrite et Aristote, d'où vient atome, pouvoir replacer sur une frise les 4 éléments de Aristote, l'élément insécable de Démocrite, la découverte de l'électron de Thomson, les électrons qui occupent des orbites bien précises de Böhr et enfin le nuage électronique par Schrödinger.

— Savoir convertir en mètres micromètre, nanomètre, picomètre et la taille d'un atome.

— Décrire un atome (nom des composants + schéma de la figure du cours)

— Savoir définir et utiliser pour décrire la matière : structure lacunaire, isotope, charge électrique des différentes particules, nombre de masse, nombre atomique, nucléon, neutron, proton, électron.

— Savoir qu'un proton et un électron portent chacun une charge élémentaire, de signe opposé, et donc qu'un atome a autant de protons que d'électrons afin d'être neutre.

— Savoir donner la composition d'un atome à l'aide du tableau périodique si l'on donne ${}^{A}\mathrm{X}$.

— Savoir qu'un noyau d'atome est 100 000 fois plus petit que l'atome.

— Savoir qu'un nucléon est 1000 fois plus lourd qu'un électron.

— Savoir calculer la masse d'un atome et expliquer pourquoi on néglige la masse des électrons.

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

— l'activité 1, une par binôme qu'ils doivent découper et coller dans un cahier,

— la correction de l'activité 1 : une par binôme pour la personne qui n'a pas la frise dans son cahier,

— le cours du chapitre 1, polycopié "à trous" ainsi que la fiche avec les exercices du chapitre,

— le DM ainsi que sa correction,

— les interrogations de cours sur le chapitre 1.

La structure de l'atome : activité documentaire

Cette activité tirée de [1] se réalise en binôme sur deux séances. Aucune question ne sera acceptée pendant les dix premières minutes. Les groupes devront chuchoter.

Séance 1 En comparant les biographies et les bulles, surligner les mots clés permettant d'attribuer à chacun des personnages la bulle et le modèle correspondant. Il y a assez de bulles et d'images (7). Ne coller et découper sur la frise que les bulles, le modèles et les portraits (la page "biographie" sera collée sur une page suivante. Par ordre chronologique, déplacer les différentes images de façon que chaque personnage dise une phrase. Ensuite placer en dessous l'image correspondant au modèle de l'atome. Réaliser sur une double page du cahier une grande frise chronologique sur laquelle sera placée le scientifique, sa biographie et ce qu'il raconte. Coller tous les éléments une fois que vous êtes sûr.

Séance 2 Nous exposerons les frises de chaque groupe et chaque élève viendra voter pour sa préférée. Nous procéderons ensuite au vote du groupe ayant les plus belles frises. Pour les 3 meilleurs groupes, il y aura un bonus de +2, +1 et +0.5 au contrôle. Une frise correction sera distribuée pour celles et ceux n'ayant pas la frise dans leur cahier.

Document

Document annexe de l'activité sur l'atome. Tiré de [1].

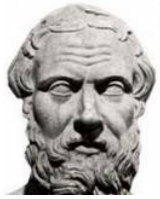
"Le monde grec, conquis par la jeune République romaine du IIIème au Ier siècle av. J.C., livre à ce dernier ces découvertes scientifiques. Une culture grécoromaine voit le jour et les Romains s'appuient sur les travaux des savants grecs et parfois les approfondissent. Quelques noms sont considérés alors comme la Vérité scientifique : Aristote, Ptolémée, Vitruve, Archimède... On écarte déjà de véritables découvertes.
Le IVème siècle marque un tournant dans l'apprentissage des sciences. A cause des troubles politiques et des migrations germaniques, les écoles ferment et le savoir se perd peu à peu. Le christianisme est devenu la religion de l'empire romain et est le dernier rempart du savoir en prenant à sa charge l'éducation. L'enseignement devient religieux et contrôlé par l'Eglise. Du IVème au XVème siècle, l'enseignement connait des temps de difficultés et des temps de renouveau (les "renaissances" carolingiennes, du XIIème siècle). Chaque temps de ces renouveaux est marqué par la redécouverte des textes grecs et romains. Mais l'Eglise sélectionne les vérités scientifiques en fonction de sa croyance. Ainsi bien des découvertes grecques sont éclipsées : l'exemple le plus frappant est l'idée que la Terre est au centre de l'univers et surtout qu'elle est plate.
Au XVIème siècle, les Humanistes de la Renaissance redécouvre des textes grecs (perdus en Occident depuis le IVeme siècle) venant de l'empire byzantin qui vient de s'effondrer. Ils contestent l'enseignement de l'Eglise et tentent d'établir une vérité scientifique au péril de leur vie. Mais il faut attendre le XVIIIème siècle pour que les sciences puissent véritablement se séparer du contrôle religieux : c'est le temps des Lumières."

Dalton (1766-1844)

En 1803, après le développement de la théorie des éléments chimiques par Lavoisier, le physicien britannique John Dalton considère que la matière est faite d'atomes et que lors d'une réaction chimique, ces atomes insécables et de forme sphérique peuvent se combiner avec d'autres atomes. Il décrit ainsi le premier modèle historiquement connu sous le nom de "Modèle de Dalton". Celui-ci restera en place durant de nombreuses années.

Böhr (1885-1962)

Se basant sur les théories de Rutherford, il publie en 1913 un nouveau modèle sur la structure de l'atome. L'atome est présenté comme un noyau
autour duquel gravitent les électrons. Les électrons sont placés sur des orbites bien précises. Les électrons sont plus nombreux sur les orbites les plus éloignés et certaines sont plus stables que d'autres.



Démocrite (460-370 av. J.C.)

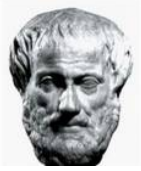
Démocrite admettait deux principes de formation de l'Univers : le plein qu'il nomma *atomos*, c'est-à-dire "indivisible" et le vide. Les atomes existent sous plusieurs formes, sont innombrables et se déplacent sans arrêt dans le vide. Ils peuvent s'assembler pour former différentes matières. Ils sont si petits qu'on ne peut pas les voir et il est impossible de les diviser.

Thomson (1856-1940)

Plusieurs expériences sur les décharges électriques dans les gaz amènent le physicien français Jean Perrin (1870-1942) à postuler l'existence de particules électriquement chargées. Le physicien anglais Joseph Thomson (1856-1940) démontre que ces grains de matière identifiés par Jean Perrin sont tous identiques : il les appelle les électrons. Il propose en 1898 un nouveau modèle de l'atome : les électrons, chargés négativement, et des particules plus lourdes, chargées positivement, sont tous confinés dans une sphère de rayon environ égal à 0,1nm.

Schrödinger (1887-1961)

En s'inspirant des recherches de Louis de Broglie, physicien français, Erwin Schrödinger, physicien autrichien, en 1926 propose un nouveau modèle de l'atome dans lequel, les électrons ne décrivent plus des orbites, mais sont contenus dans des nuages. C'est le modèle actuel de l'atome : le modèle quantique.



Aristote (384-322 av. J.C.)

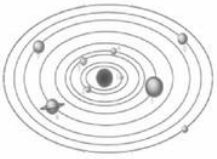
Selon Aristote le vide n'existe pas car la nature a horreur du vide et s'il existait, il empêcherait tout mouvement ! Malheureusement la plupart de ses recherches entravèrent le développement de la science durant fort longtemps avant d'être définitivement balayées ! À ses yeux, la Terre était composée de quatre éléments : l'eau, la terre, l'air et le feu.

Rutherford (1871-1937)

En 1911, Ernest Rutherford, un physicien néo-zélandais, bombarde une fine feuille d'or avec des particules alpha de taille bien plus faible que les atomes d'or. Il est stupéfait de voir que la plupart de ces particules alpha, au lieu de rebondir, traversent la feuille d'or, comme si elle était faite de "trous". Les atomes ne seraient donc pas des sphères pleines, ils seraient constitués principalement de vide ! Formés au centre, d'un noyau massif, chargé positivement, autour duquel se déplacent les électrons, comme des planètes autour du Soleil. Ce modèle fut complété par le modèle de Bohr, apportant des précisions sur les orbites des électrons.

La matière est un assemblage subtil de quatre éléments : le feu, l'eau, la terre et l'air. Selon les proportions, la matière sera lourde, sèche, froide...

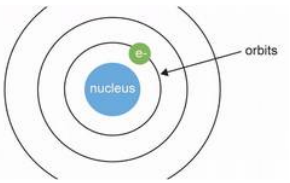
Je pense que la matière est composée de petites entités de formes variées, insécables que j'appellerais *atomos*, signifiant « qui ne peut pas être coupé ».



Les atomes qui constituent la matière seraient assimilables à des boules de billard.

L'atome serait un système solaire en miniature, l'électron gravitant autour du noyau comme la Terre autour du Soleil.

L'atome semble être constitué d'une matière chargée positivement, truffée de particules chargées négativement : les électrons. Un peu comme un pudding aux raisins.

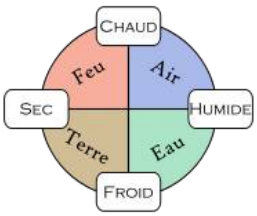


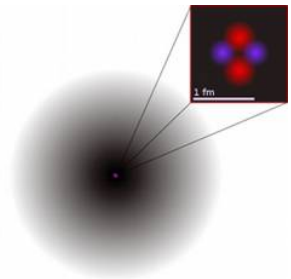
Les progrès de la Physique montrent que nous ne pouvons pas connaître à la fois la vitesse et la position des électrons. L'atome serait constitué d'un noyau baignant dans un nuage électronique.

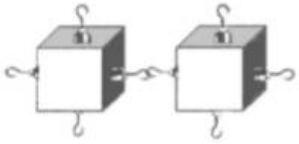
Böhr (1913)

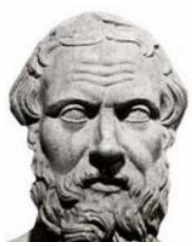
Si j'admets que l'électron se déplace autour du noyau, je rajouterais qu'il ne peut occuper que des orbites bien précises. Un peu comme les étages d'un immeuble.

Schrödinger (1926)

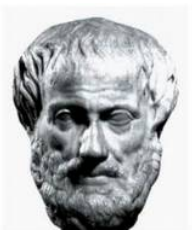








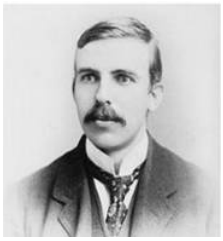
Démocrite (V^e^ siècle av. JC)



Aristote (IV^e^ siècle av. JC)

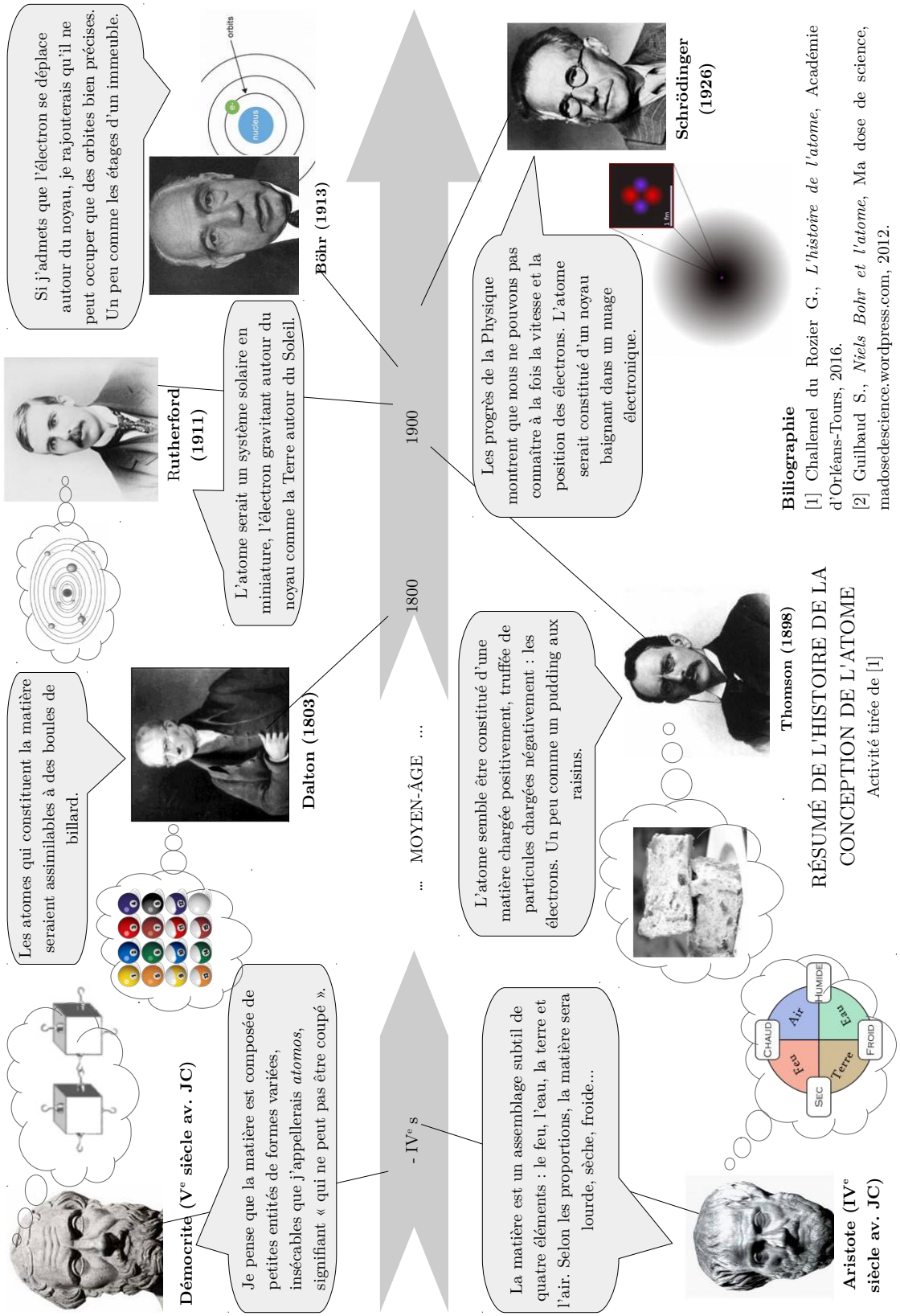
Dalton (1803)

Thomson (1898)



Rutherford (1911)

Correction de l'activité sur la structure de l'atome



Biliographie

[1] Challemel du Rozier G., *L'histoire de l'atome*, Académie d'Orléans-Tours, 2016.

[2] Guilbaud S., *Niels Bohr et l'atome*, Ma dose de science, madosedescience.wordpress.com, 2012.

Devoir maison de physique 1 : corrigé

L'atome de cuivre

On peut lire sur la page wikipédia de l'atome de cuivre, que l'atome de cuivre présente pas moins de 29 isotopes connus. Sur ces 29 isotopes, seuls deux sont stables : il s'agit des isotopes ^{63}Cu et ^{65}Cu. Les autres vont se désintégrer en d'autres éléments (isotopes fils) en plus ou moins de temps (colonne demi-vie).

Par exemple, l'isotope ^{60}Cu du cuivre n'est pas stable. Il va se désintégrer (se transformer) en ^{60}Ni. Plus on attend, plus il est probable que l'isotope ^{60}Cu se soit désintégré en ^{60}Ni. Après avoir attendu 23,7 minutes (soit le temps de demi-vie), il y a une chance sur deux pour que l'isotope 60 du cuivre se soit désintégré (d'où le nom de demi-vie). En d'autres mots, si on a 100 000 atomes de ^{60}Cu alors il n'en restera que 50 000 après 23,7 minutes, le reste sera devenu ^{60}Ni.

Symbole de l'isotope	Z (p)	N (n)	Masse isotopique (u) / Énergie d'excitation	Demi-vie	Mode(s) de désintégration [3, n 1]	Isotope(s) fils [n 2]	Spin nucléaire
^{60}Cu	29	31	59,9373650(18)	23,7(4) min	β+	**^{60}Ni**	2+
^{61}Cu	29	32	60,9334578(11)	3,333(5) h	β+	**^{61}Ni**	3/2-
^{62}Cu	29	33	61,932584(4)	9,673(8) min	β+	**^{62}Ni**	1+
^{63}Cu	29	34	62,9295975(6)	**Stable**			3/2-
^{64}Cu	29	35	63,9297642(6)	12,700(2) h	β+ (18 %)	**^{64}Ni**	1+
					β- (39 %)	**^{64}Zn**	
					CE (43 %)	**^{64}Ni**	
^{65}Cu	29	36	64,9277895(7)	**Stable**			3/2-
^{66}Cu	29	37	65,9288688(7)	5,120(14) min	β-	**^{66}Zn**	1+
^{67}Cu	29	38	66,9277303(13)	61,83(12) h	β-	**^{67}Zn**	3/2-

Figure 1 : extrait de la table des isotopes du cuivre [1].

Isotope	Abondance (pourcentage molaire)	Gamme de variations
^{63}Cu	69,15 (15) %	68,983 - 69,338
^{65}Cu	30,85 (15) %	30,662 - 31,017

Figure 2 : extrait de la table d'abondance des éléments stable du cuivre.

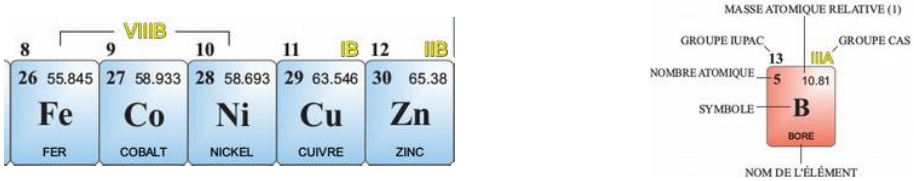


Figure 3 : extraits du tableau périodique des éléments [2].

Données : masse d'un nucléon est 1,66 · 10^{-27} kg,

Questions

1. Rappeler la définition d'un isotope.
2. Parmi les isotopes du cuivre instables, lequel est pour vous le moins instable ? Pourquoi ?
3. Quelle est la composition de l'atome de cuivre ^{63}Cu ? Celle de ^{65}Cu ? (électrons, protons, neutrons).
4. Calculer la masse d'un atome de cuivre ^{63}Cu. Pourquoi peut-on négliger la masse des électrons ?
5. Procéder de même pour ^{65}Cu.
6. Étant donné l'abondance du cuivre, si j'ai 10 000 atomes de cuivre, combien seront à priori des isotopes 63 du cuivre ? Combien seront des isotopes 65 ?
7. Calculer la masse de 10 000 atomes de cuivre de ce paquet. Diviser ensuite cette masse totale par 10 000 : *on obtient la masse moyenne d'un atome de cuivre.*
8. Dans la figure 3, on voit que la masse atomique relative du cuivre est de 63,546 u. Sachant que le « u » est l'unité de masse atomique unifiée et que 1 u = 1,66 · 10^{-27} kg, donner la masse atomique relative du cuivre en kg, comparer au résultat de la question 7 et expliquer ce qu'est la masse atomique relative dans le tableau périodique.

Bibliographie

[1] *Isotopes du cuivre*, fr.wikipédia, consulté le 18/09/19.
[2] Generalic, Eni. *Tableau périodique des éléments*, www.periodni.com, consulté le 8/09/19.
[3] Bureau international des poids et mesures, *Le système international d'unités (SI)*, Organisation intergouvernementale de la Convention du mètre, 2006.

Réponses d'après les DM de Melvil, Laurémy, Léna et William, 3^{e} 1. soin /1

1. Deux isotopes sont deux atomes ayant le même nombre de protons (même élément chimique) mais dont le nombre de neutrons est différent. /1

2. L'isotope instable le plus stable est celui dont la demi-vie est la plus longue. Étant donnée la table de la figure 1, l'isotope ^{67}Cu du cuivre est l'isotope du cuivre le moins instable (parmi les isotopes instables). /1

Par exemple, si on a un isotope ^{64}Cu, la probabilité pour qu'il soit encore du cuivre après 12h est de 1/2. La probabilité pour qu'il soit encore du cuivre après 24h est donc de 1/2×1/2=1/4. La probabilité pour qu'il soit toujours du cuivre après 36h est 1/2×1/2×1/2 = 1/8. Étant donné que 12×5=60, la probabilité pour qu'il soit toujours du cuivre après 60h est

$$(1/2)^5 = 1/32 = 0{,}03.$$

Si on a un isotope ^{64}Cu et un isotope ^{67}Cu que l'on met dans une boîte, après 60h d'attente, la probabilité pour que l'isotope ^{64}Cu ne se soit pas désintégré est de 0,03 tandis que celle de l'isotope ^{67}Cu est (en gros) de 0,5.

3. L'isotope de cuivre ^{63}Cu possède 29 protons (nombre atomique du cuivre) et donc, par neutralité de l'atome, 29 électrons. Il a 63 nucléons donc 63 – 29 = 34 neutrons. /1 + neutralité de l'atome et nombre atomique /0,5
De la même façon, l'isotope ^{65}Cu possède 29 protons, 29 électrons et 36 neutrons.

4. Un électrons est mille fois plus léger qu'un nucléon : on néglige donc sa masse. En faisant cette approximation, on obtient

$$m_{Cu63} = 63 \times 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 1{,}0458 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

La masse de l'isotope 63 du cuivre est donc $1{,}0458 \cdot 10^{-25}$ kg. /1

5. Avec la même approximation,

$$m_{Cu65} = 65 \times 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 1{,}079 \cdot 10^{-25} \text{ kg.}$$

La masse de l'isotope 65 du cuivre est donc $1{,}079 \cdot 10^{-25}$ kg. /1

6. D'après le document 2, l'abondance du ^{63}Cu est 69,15 % : si on a 10 000 atomes, 69,15 % d'entre eux devraient être des isotopes 63 donc 6915. De même, 3085 de ces atomes seraient des isotopes 65. /1
Ne montrez surtout pas cette question/réponse à vos professeurs de mathématiques, car ce raisonnement est un petit peu faux, si ce n'est totalement. Cependant, il est assez efficace pour nous mener à la notion de masse atomique relative !

7. La masse moyenne d'un atome de cuivre s'écrit

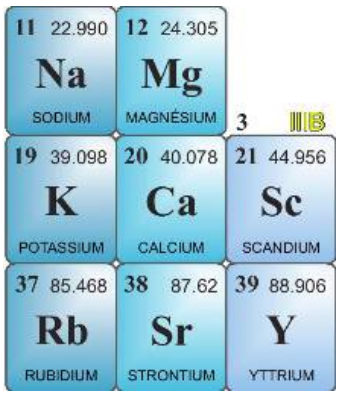
$$\begin{aligned} m_{moy}^{Cu} &= (6915 \times m_{Cu63} + 3085 \times m_{Cu65})/10\,000 \\ &= \text{Abondance}_{Cu63} \times m_{Cu63} + \text{Abondance}_{Cu65} \times m_{Cu65} \\ &= 1{,}056 \cdot 10^{-25} \text{ kg.} \end{aligned}$$

Le résultat est bien entre la masse de l'isotope 63 et celle de l'isotope 65 donc semble cohérent.
La masse moyenne d'un atome de cuivre est donc $1{,}056 \cdot 10^{-25}$ kg. /1

8. La masse atomique relative du cuivre est donc

$$m_{rel}^{Cu} = 63{,}546 \times 1{,}66 \cdot 10^{-27} = 1{,}054 \text{ kg.}$$

Cette masse est semblable à celle de la masse moyenne d'un atome de cuivre, aux erreurs d'arrondis près.
La mase atomique relative du tableau périodique est la masse moyenne de l'atome (en unité de ''u'') en tenant compte de tous les isotopes stables de l'atome et de leur abondance dans la nature. /1,5
Rappel : ce n'est pas parce que la masse atomique relative du cuivre est 63,54 que le seul isotope qui existe est l'isotope ^{63}Cu !!



Interrogation de physique

1. Définir un isotope.

2. Qu'est ce que le nombre de masse ?

3. Avec ou sans l'aide de l'extrait du tableau périodique ci-dessus, compléter le tableau ci-dessous.

Nom de l'élément		Magnésium			Carbone
Symbole	K		Ca		
Nombre de protons					6
Nombre de neutrons			20		
Nombre de nucléons	40	24		88	12
Nombre d'électrons				37	

4. Compléter la phrase (comparaison des masses) : « Un électron est _____ fois plus _____qu'un nucléon ».

5. Calculer la masse de l'isotope ^{51}V. On effectuera l'approximation usuelle.
Données : $m_e = 9{,}11 \times 10^{-31}$kg, celle d'un nucléon $m_{nu} = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg.

5. Quelle est la taille d'un atome environ ?

7. Si le noyau d'un atome est de la taille d'une balle de foot (25 cm), quel serait la taille de l'atome ?

8. Comment appelle-t-on l'ensemble des électrons tournant autour du noyau, donc on ne peut distinguer la position (appellation de Schrödinger) ?

Nom et prénom : Classe de 3ème 3

Interrogation de physique /15

1. Dire si les affirmations suivantes sont vrais ou fausses et expliquer pourquoi. Si l'affirmation est fausse, proposer une correction.
Données : charge d'un proton = 1,6 · 10^{-19}C. **/7,5**

a) Le nombre de masse de l'isotope ^{80}Br est de 79,904.

b) Le nombre d'électrons dans un atome de sélénium est 34.

c) La charge du noyau de l'atome de chlore est de 17x1,6 · 10^{-19}C = 27,2 · 10^{-19}C.

d) Le nombre de nucléon d'un atome de soufre est toujours 32.

e) La charge de l'atome de sélénium est de 34x1,6 · 10^{-19}C = 54,4 · 10^{-19}C.

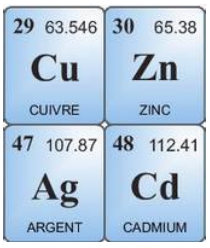
f) La charge d'un électron est de –1,6 · *10^{-19}C.*

2. Donner la composition de l'isotope ^{74}As. **/2**

3. Qui de Démocrite ou d'Aristote a développé la théorie des 4 éléments ? **/0,5**

4. Jusqu'à quand cette théorie (4 éléments) a-t-elle été dominante ? Pourquoi ? **/1**

5. Que sont deux isotopes ? **/2**

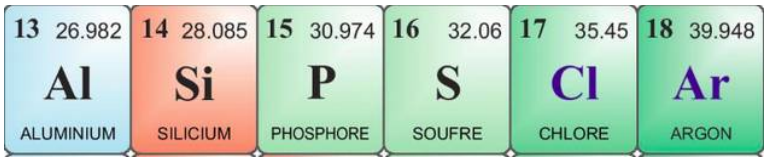


6. Remplir le tableau suivant. **/2**

Nom de l'élément		Zinc		Hydrogène
Symbole	Ag			
Nombre de protons				1
Nombre de neutrons	50			0
Nombre de nucléons		66	112	
Nombre d'électrons			48	

Nom et prénom : Classe de 3ème 4

Interrogation de physique



1. Définir un isotope :

2. Qu'est ce que le nombre de masse ?

3. Donner la composition de ^{14}Si en argumentant (mots clés). Faire de même avec ^{32}S.

4. Dire si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses :

Affirmation	Vrai ou faux ?
Dans un atome, il y a toujours autant de protons que de neutrons.	
Dans un atome, il y a toujours autant de protons que d'électrons.	
Dans un atome, il y a toujours autant de nucléons que d'électrons	
Un atome est en moyenne 1000 fois plus grand que son noyau.	

5. Entourer la bonne réponse.

Données : m_e = 9,11 × 10^{-31}kg, celle d'un nucléon m_{nu} = 1,67 × 10^{-27} kg,

On notera e la charge élémentaire en valeur absolue (la charge d'un électron est donc –e).

La masse de ^{26}Al est de 4,34× 10^{-26} kg 2,17× 10^{-26} kg 2,37× 10^{-29} kg 1,18× 10^{-29} kg

La charge d'un noyau de ^{35}Cl est de $+35e$ $-17e$ $+17e$ $-35e$

5. Quelle est la taille d'un atome environ ?

6. Si le noyau d'un atome est de la taille d'une balle de foot (25 cm), quel serait la taille de l'atome ?

Chapitre 2

Métaux et masse volumique

2.1 Les métaux

Un métal est un corps simple brillant lorsqu'il est poli [1].

Exemples de métaux :

- l'or : (à partir de 5000 av.J.C.) bijoux, panneaux réfléchissants modules spatiaux, électronique de pointe...
- l'argent : (à partir de 3500 av.J.C.) circuits électroniques, bijoux, miroirs...
- le cuivre : (à partir de 3000 av.J.C.) fils électriques, conduites d'eau, chaudières...
- le fer : (à partir de 1000 av.J.C.) construction métallique (rails, ponts, charpentes....)
- le zinc : (XVIe siècle) plaques couverture toit, gouttières, automobiles...
- l'aluminium : (XIXe siècle) ustensile de cuisine, emballage alimentaire, aéronautique ....

On mélange souvent ces métaux à d'autres espèces chimiques afin d'améliorer leur propriétés : on appelle ces mélanges des alliages.

- Laiton = cuivre + zinc
- Acier = fer + carbone
- Bronze = cuivre + étain

Les métaux conduisent très bien l'électricité et la chaleur.

Recommanderiez-vous de fabriquer le bord de vos fenêtres en aluminium (métal) ? Pourquoi ?

2.2 Test de reconnaissance des métaux

Il est possible de différencier les métaux grâce à plusieurs tests [2] :

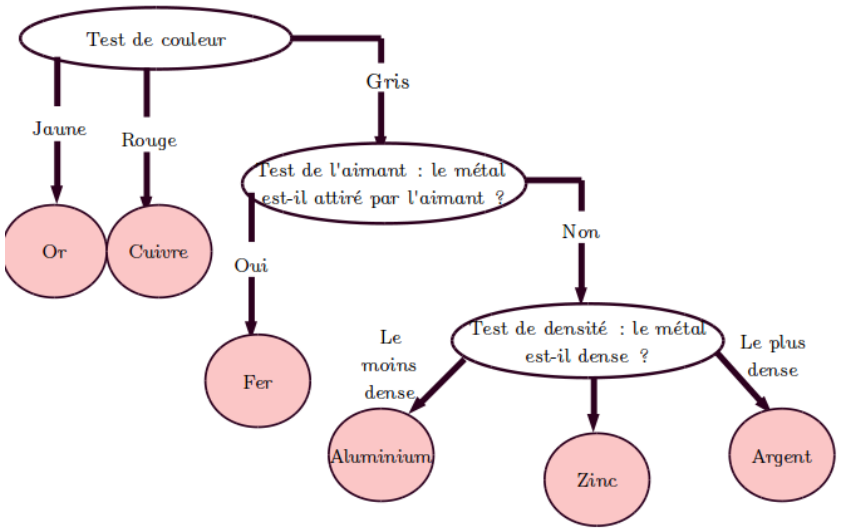


FIGURE 2.1 – Test de reconnaissance des métaux.

2.3 La masse volumique

Chaque matériau a une masse volumique : celle-ci est constante et ne dépend que du matériau. Il est donc possible d'identifier un matériau grâce à sa masse volumique. Elle se note ρ et s'exprime en g/cm^3 ou bien en kg/m^3. On a ainsi

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2.1}$$

c'est-à-dire

$$\text{masse volumique} = \frac{\text{masse}}{\text{volume}}.$$

La masse d'un matériau donné est proportionnelle à son volume. Le coefficient de proportionnalité est la **masse volumique**.
Ces relations peuvent aussi se réécrire

$$m = \rho \times V \tag{2.2}$$

et

$$V = \frac{m}{\rho}. \tag{2.3}$$

2.4 Les métaux rares

Regarder le film [3] sur `https://education.francetv.fr/matiere/geographie/terminale/video/les-metaux-rares`

"Sur le plan écologique, le problème [des métaux rares] vient en premier lieu de l'extraction, qui a un coût très lourd : quand vous extrayez quelques milligrammes de ces métaux par dizaines de kilos de roches et qu'il vous faut arriver à des centaines voire des milliers de tonnes, les dégâts sont colossaux. Par ailleurs, il faut ensuite raffiner ces métaux, c'est-à-dire les séparer de la roche, mais également les séparer entre eux pour aboutir à des matières pures à 100%. Et pour cela, il faut faire appel à des produits chimiques. Le problème, c'est que les eaux, chargées en déchets et en rebuts quelquefois radioactifs, ne sont ni recyclées ni retraitées, en Chine notamment. Il y a donc de graves problèmes environnementaux générés par le rejet des eaux usées, avec la pollution des cours d'eau, des nappes phréatiques ou encore des terres, qui ont des impacts sanitaires sur les populations environnantes."
Production des métaux et écologie " ne seront jamais compatibles. Encore une fois, un métal rare sort du fin fond de l'écorce terrestre et son extraction a un coût. En revanche, il est possible de faire

des mines responsables, avec un meilleur encadrement législatif et réglementaire, des médias actifs pour souligner les risques...
En fait, ce que l'on observe, c'est que cette nouvelle transition énergétique et technologique génère autant de déchets qu'elle trouve de solutions aux problèmes précédents. Partant de ce constat, je pense que c'est un leurre de croire que par la grâce des technologies vertes nous allons nous en sortir, et il est clair qu'il y a d'autres solutions à trouver. Dans le cas présent j'ai envie de croire que sans pour autant baisser notre consommation au quotidien, on peut optimiser les ressources et faire aussi bien mais avec moins."

Propos tirés de [4].

secteur d'activité	usages	métaux rares impliqués
automobile, photovoltaïque	batteries Ni-MH, Li-ion	lithium (Li), cobalt (Co), lanthane (La)
automobile	catalyse (échappement, particules, NOx)	platine (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), cérium (Ce)
automobile, lignes grande vitesse, éolien	aimants permanents (moteurs électriques)	cobalt (Co), samarium (Sm), néodyme (Nd), dysprosium (Dy)
aéronautique, cogénération	titane-composite/alliage aluminium-lithium, aciers U.H.S.S., superalliages	titane (Ti), lithium (Li), rhénium (Re), niobium (Nb)
photovoltaïque	technologies film mince : CdTe, CIGS	indium (In), germanium (Ge), gallium (Ga), sélénium (Se), tellure (Te)
éclairage	LED (*light emiting diodes*) à lumière blanche	gallium (Ga), indium (In), europium (Eu), terbium (Tb)
nucléaire	matériaux résistants au flux de neutrons	zirconium (Zr), béryllium (Be), niobium (Nb)

FIGURE 2.2 – Utilisation de métaux rares. Tirée de [6].

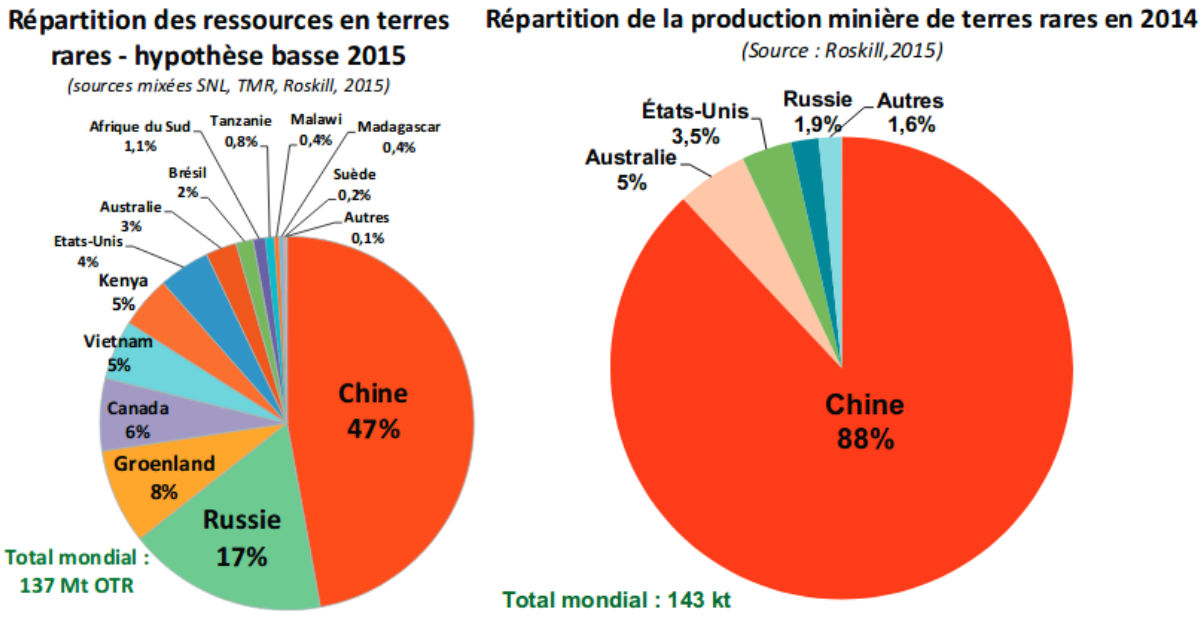


FIGURE 2.3 – Répartition des ressources en terres rares et de la production minière de terres rares. Tirée de [7].

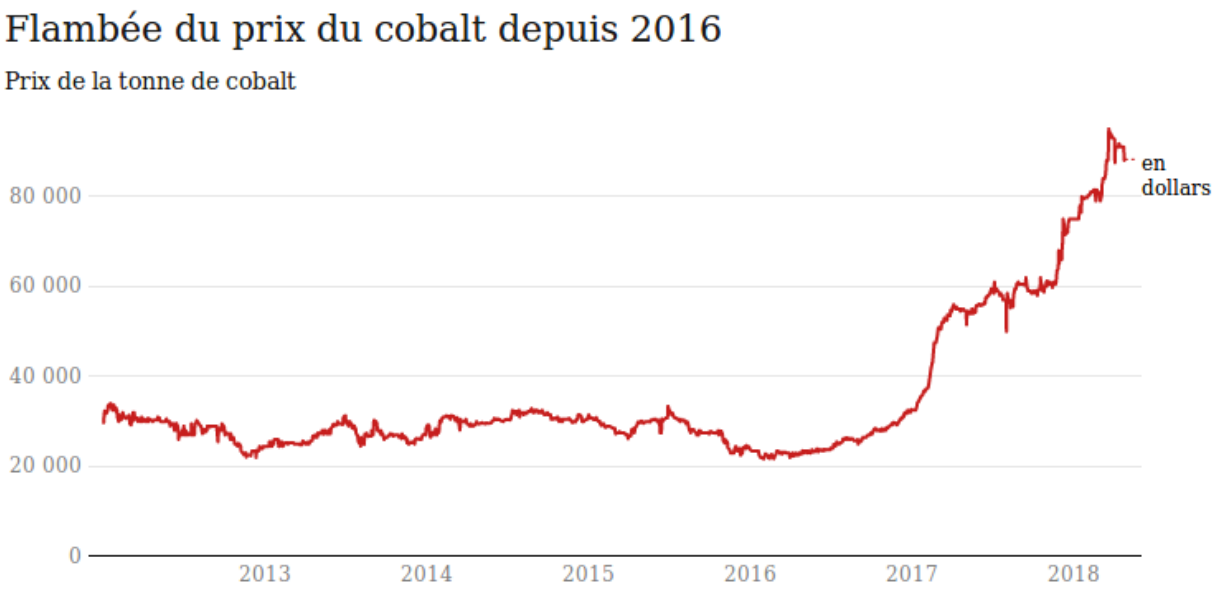


FIGURE 2.4 – Évolution du prix du cobalt (terre rare) depuis 2016. Tirée de [8]

Bibliographie

[1] Stéphane Landeau. Les métaux dans la vie quotidienne. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 22/09/2019. URL `http://pccollege.fr/troisieme-2/chimie-3eme/chapitre-i-les-metaux-de-la-vie-quotidienne`.

[2] Jean-Luc Azan *et al.* *Physique Chimie 3e*. Nathan, 2017.

[3] Maxime Chappet and Julie Chansel. Les métaux rares. *France Télévision*, 2018. URL `https://www.lumni.fr/video/les-metaux-rares`.

[4] L'infodurable. La "guerre des métaux rares", ou la face cachée de la transition énergétique. avril 2019.

[5] Guillaume Pitron. *La guerre des métaux rares : la face cachée de la transition énergétique et numérique*. Éditions Les Liens qui libèrent, 2018.

[6] Christian Hocquard. Métaux rares. *Encyclopædia Universalis*, consulté le 29/09/2019. URL `https://www.universalis.fr/encyclopedie/metaux-rares/`.

[7] Géosciences pour une Terre durable BRGM. Les terres rares. *Dossier enjeux des Géosciences*, janvier 2017.

[8] Delafoi Florian. Écologique, la voiture électrique ? *Le temps*, mai 2018.

[9] Sia Partners. Métaux critiques et métaux rares : comment s'intègrent-ils dans la transition énergétique bas carbone ? 2018. URL `https://energie.sia-partners.com/20180830/metaux-critiques-et-metaux-rares-comment-sintegrent-ils-dans-la-transition-energetique-bas`

[10] Dale Hall and Nic Lutsey. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. 2018.

Attendus de l'élève

À la fin du cours, l'élève devra

— donner quelques exemples de métaux et leur utilisation,
— savoir que les métaux conduisent bien l'électricité et la chaleur,
— savoir identifier un métal en fonction de sa couleur, son aimantation, sa masse volumique,
— savoir qu'on peut aussi identifier un métal grâce à sa température de fusion,
— savoir calculer une masse volumique lorsqu'on donne masse et volume,
— savoir calculer la masse d'un élément lorsqu'on donne volume et masse volumique,
— savoir calculer le volume d'un élément lorsqu'on donne masse et masse volumique,
— savoir expliquer le problème de l'utilisation des métaux rares dans les énergies renouvelables,
— savoir le nom de 2 métaux rares et leur utilisation,
— proposer un protocole (+ schéma) permettant de mesurer la masse volumique d'un objet (TP),

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

— la figure 2.2 et le texte de Pitron,
— la bibliographie et les attendus de cours,
— le TP sur la masse volumique.

Les métaux rares sont associés à la croûte terrestre (cobalt, gallium, tungstène, indium…) et diffèrent des métaux abondants (fer, aluminium, plomb, cuivre, or, argent…). En effet, ils sont mélangés dans le sol dans des proportions bien plus faible (2650 fois moins de gallium que de fer). On en extrait donc bien moins et leur prix est ainsi plus élevé : 1 kg de gallium vaut 150 dollars, c'est-à-dire 9 000 fois plus que le fer.
« Sur le plan écologique, le problème [des métaux rares] vient en premier lieu de l'extraction, qui a un coût très lourd : quand vous extrayez quelques milligrammes de ces métaux par dizaines de kilos de roches et qu'il vous faut arriver à des centaines voire des milliers de tonnes, les dégâts sont colossaux. Par ailleurs, il faut ensuite raffiner ces métaux, c'est-à-dire les séparer de la roche, mais également les séparer entre eux pour aboutir à des matières pures à 100 %. Et pour cela, il faut faire appel à des produits chimiques. Le problème, c'est que les eaux, chargées en déchets et en rebuts quelquefois radioactifs, ne sont ni recyclées ni retraitées, en Chine notamment. Il y a donc de graves problèmes environnementaux générés par le rejet des eaux usées, avec la pollution des cours d'eau, des nappes phréatiques ou encore des terres, qui ont des impacts sanitaires sur les populations environnantes. »
Production des métaux et écologie « ne seront jamais compatibles. Encore une fois, un métal rare sort du fin fond de l'écorce terrestre et son extraction a un coût. En revanche, il est possible de faire des mines responsables, avec un meilleur encadrement législatif et réglementaire, des médias actifs pour souligner les risques…
En fait, ce que l'on observe, c'est que cette nouvelle transition énergétique et technologique génère autant de déchets qu'elle trouve de solutions aux problèmes précédents. Partant de ce constat, je pense que c'est un leurre de croire que par la grâce des technologies vertes nous allons nous en sortir, et il est clair qu'il y a d'autres solutions à trouver. Dans le cas présent j'ai envie de croire que sans pour autant baisser notre consommation au quotidien, on peut optimiser les ressources et faire aussi bien mais avec moins. »

Propos de G. Pitron, *La guerre des métaux rares* [7,8]

Les métaux rares sont associés à la croûte terrestre (cobalt, gallium, tungstène, indium…) et diffèrent des métaux abondants (fer, aluminium, plomb, cuivre, or, argent…). En effet, ils sont mélangés dans le sol dans des proportions bien plus faible (2650 fois moins de gallium que de fer). On en extrait donc bien moins et leur prix est ainsi plus élevé : 1 kg de gallium vaut 150 dollars, c'est-à-dire 9 000 fois plus que le fer.
« Sur le plan écologique, le problème [des métaux rares] vient en premier lieu de l'extraction, qui a un coût très lourd : quand vous extrayez quelques milligrammes de ces métaux par dizaines de kilos de roches et qu'il vous faut arriver à des centaines voire des milliers de tonnes, les dégâts sont colossaux. Par ailleurs, il faut ensuite raffiner ces métaux, c'est-à-dire les séparer de la roche, mais également les séparer entre eux pour aboutir à des matières pures à 100 %. Et pour cela, il faut faire appel à des produits chimiques. Le problème, c'est que les eaux, chargées en déchets et en rebuts quelquefois radioactifs, ne sont ni recyclées ni retraitées, en Chine notamment. Il y a donc de graves problèmes environnementaux générés par le rejet des eaux usées, avec la pollution des cours d'eau, des nappes phréatiques ou encore des terres, qui ont des impacts sanitaires sur les populations environnantes. »
Production des métaux et écologie « ne seront jamais compatibles. Encore une fois, un métal rare sort du fin fond de l'écorce terrestre et son extraction a un coût. En revanche, il est possible de faire des mines responsables, avec un meilleur encadrement législatif et réglementaire, des médias actifs pour souligner les risques…
En fait, ce que l'on observe, c'est que cette nouvelle transition énergétique et technologique génère autant de déchets qu'elle trouve de solutions aux problèmes précédents. Partant de ce constat, je pense que c'est un leurre de croire que par la grâce des technologies vertes nous allons nous en sortir, et il est clair qu'il y a d'autres solutions à trouver. Dans le cas présent j'ai envie de croire que sans pour autant baisser notre consommation au quotidien, on peut optimiser les ressources et faire aussi bien mais avec moins. »

Propos de G. Pitron, *La guerre des métaux rares* [7,8]

secteur d'activité	usages	métaux rares impliqués
automobile, photovoltaïque	batteries Ni-MH, Li-ion	lithium (Li), cobalt (Co), lanthane (La)
automobile	catalyse (échappement, particules, NOx)	platine (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), cérium (Ce)
automobile, lignes grande vitesse, éolien	aimants permanents (moteurs électriques)	cobalt (Co), samarium (Sm), néodyme (Nd), dysprosium (Dy)
aéronautique, cogénération	titane-composite/alliage aluminium-lithium, aciers U.H.S.S., superalliages	titane (Ti), lithium (Li), rhénium (Re), niobium (Nb)
photovoltaïque	technologies film mince : CdTe, CIGS	indium (In), germanium (Ge), gallium (Ga), sélénium (Se), tellure (Te)
éclairage	LED (*light emiting diodes*) à lumière blanche	gallium (Ga), indium (In), europium (Eu), terbium (Tb)
nucléaire	matériaux résistants au flux de neutrons	zirconium (Zr), béryllium (Be), niobium (Nb)

secteur d'activité	usages	métaux rares impliqués
automobile, photovoltaïque	batteries Ni-MH, Li-ion	lithium (Li), cobalt (Co), lanthane (La)
automobile	catalyse (échappement, particules, NOx)	platine (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), cérium (Ce)
automobile, lignes grande vitesse, éolien	aimants permanents (moteurs électriques)	cobalt (Co), samarium (Sm), néodyme (Nd), dysprosium (Dy)
aéronautique, cogénération	titane-composite/alliage aluminium-lithium, aciers U.H.S.S., superalliages	titane (Ti), lithium (Li), rhénium (Re), niobium (Nb)
photovoltaïque	technologies film mince : CdTe, CIGS	indium (In), germanium (Ge), gallium (Ga), sélénium (Se), tellure (Te)
éclairage	LED (*light emiting diodes*) à lumière blanche	gallium (Ga), indium (In), europium (Eu), terbium (Tb)
nucléaire	matériaux résistants au flux de neutrons	zirconium (Zr), béryllium (Be), niobium (Nb)

secteur d'activité	usages	métaux rares impliqués
automobile, photovoltaïque	batteries Ni-MH, Li-ion	lithium (Li), cobalt (Co), lanthane (La)
automobile	catalyse (échappement, particules, NOx)	platine (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), cérium (Ce)
automobile, lignes grande vitesse, éolien	aimants permanents (moteurs électriques)	cobalt (Co), samarium (Sm), néodyme (Nd), dysprosium (Dy)
aéronautique, cogénération	titane-composite/alliage aluminium-lithium, aciers U.H.S.S., superalliages	titane (Ti), lithium (Li), rhénium (Re), niobium (Nb)
photovoltaïque	technologies film mince : CdTe, CIGS	indium (In), germanium (Ge), gallium (Ga), sélénium (Se), tellure (Te)
éclairage	LED (*light emiting diodes*) à lumière blanche	gallium (Ga), indium (In), europium (Eu), terbium (Tb)
nucléaire	matériaux résistants au flux de neutrons	zirconium (Zr), béryllium (Be), niobium (Nb)

secteur d'activité	usages	métaux rares impliqués
automobile, photovoltaïque	batteries Ni-MH, Li-ion	lithium (Li), cobalt (Co), lanthane (La)
automobile	catalyse (échappement, particules, NOx)	platine (Pt), palladium (Pd), rhodium (Rh), cérium (Ce)
automobile, lignes grande vitesse, éolien	aimants permanents (moteurs électriques)	cobalt (Co), samarium (Sm), néodyme (Nd), dysprosium (Dy)
aéronautique, cogénération	titane-composite/alliage aluminium-lithium, aciers U.H.S.S., superalliages	titane (Ti), lithium (Li), rhénium (Re), niobium (Nb)
photovoltaïque	technologies film mince : CdTe, CIGS	indium (In), germanium (Ge), gallium (Ga), sélénium (Se), tellure (Te)
éclairage	LED (*light emiting diodes*) à lumière blanche	gallium (Ga), indium (In), europium (Eu), terbium (Tb)
nucléaire	matériaux résistants au flux de neutrons	zirconium (Zr), béryllium (Be), niobium (Nb)

Bibliographie

[1] Leparoux T., *Cours de physique de 3ème*, `physikos.free.fr` , consulté le 21/09/19.
[2] Landau S., *Les métaux dans la vie quotidienne*, `pccollege.fr`, consulté le 21/09/2019.
[3] Azan J.L. *et al., Physique Chimie 3e*, Nathan, 2018.
[4] *Sciences physique au collège de Nomeny*, `nomenysciences.eklablog.com`, consulté le 22/09/2019.
[5] Delafoi F., *Écologique, la voiture électrique?,* Le temps, mai 2018.
[6] Hall D. and Lutsey N., *Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions,* International Council on Clean Transportation, `theicct.org,` February 2018.
[7] L'infodurable, *La "guerre des métaux rares", ou la face cachée de la transition énergétique*, 17/042019
[8] Pitron G., *Guerre des métaux rares*, Les Liens qui Libèrent, 2018
[9] Sia Partners , *Métaux critiques et métaux rares: comment s'intègrent-ils dans la transition énergétique bas carbone ?*, 2018
[10] Encyclopedia Universalis France, *Les métaux rares*, `universalis.fr`, consulté le 29/09/2019.

Les attendus du cours

À la fin du cours, l'élève devra

- donner quelques exemples de métaux et leur utilisation,
- savoir que les métaux conduisent bien l'électricité et la chaleur,
- savoir identifier un métal en fonction de sa couleur, son aimantation, sa masse volumique,
- savoir qu'on peut aussi identifier un métal grâce à sa température de fusion,
- savoir calculer une masse volumique lorsqu'on donne masse et volume,
- savoir calculer la masse d'un élément lorsqu'on donne volume et masse volumique,
- savoir calculer le volume d'un élément lorsqu'on donne masse et masse volumique,
- savoir expliquer le problème de l'utilisation des métaux rares dans les énergies renouvelables,
- savoir le nom de 5 métaux rares et leur utilisation,
- expliquer brièvement la bonne conduction des métaux (TP),
- proposer un protocole (+ schéma) permettant de mesurer la masse volumique d'un objet (TP),
- proposer un protocole (+ schéma) permettant de vérifier si un matériau est conducteur (TP).

Bibliographie

[1] Leparoux T., *Cours de physique de 3ème*, `physikos.free.fr` , consulté le 21/09/19.
[2] Landau S., *Les métaux dans la vie quotidienne*, `pccollege.fr`, consulté le 21/09/2019.
[3] Azan J.L. *et al., Physique Chimie 3e*, Nathan, 2018.
[4] *Sciences physique au collège de Nomeny*, `nomenysciences.eklablog.com`, consulté le 22/09/2019.
[5] Delafoi F., *Écologique, la voiture électrique?,* Le temps, mai 2018.
[6] Hall D. and Lutsey N., *Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions,* International Council on Clean Transportation, `theicct.org,` February 2018.
[7] L'infodurable, *La "guerre des métaux rares", ou la face cachée de la transition énergétique*, 17/042019
[8] Pitron G., *Guerre des métaux rares*, Les Liens qui Libèrent, 2018
[9] Sia Partners , *Métaux critiques et métaux rares: comment s'intègrent-ils dans la transition énergétique bas carbone ?*, 2018
[10] Encyclopedia Universalis France, *Les métaux rares*, `universalis.fr`, consulté le 29/09/2019.

Les attendus du cours

À la fin du cours, l'élève devra

- donner quelques exemples de métaux et leur utilisation,
- savoir que les métaux conduisent bien l'électricité et la chaleur,
- savoir identifier un métal en fonction de sa couleur, son aimantation, sa masse volumique,
- savoir qu'on peut aussi identifier un métal grâce à sa température de fusion,
- savoir calculer une masse volumique lorsqu'on donne masse et volume,
- savoir calculer la masse d'un élément lorsqu'on donne volume et masse volumique,
- savoir calculer le volume d'un élément lorsqu'on donne masse et masse volumique,
- savoir expliquer le problème de l'utilisation des métaux rares dans les énergies renouvelables,
- savoir le nom de 5 métaux rares et leur utilisation,
- expliquer brièvement la bonne conduction des métaux (TP),
- proposer un protocole (+ schéma) permettant de mesurer la masse volumique d'un objet (TP),
- proposer un protocole (+ schéma) permettant de vérifier si un matériau est conducteur (TP).

Correction des exercices sur les métaux

Exercice 12

a) Il s'agit du cuivre b) c'est le fer

Exercice 13

Seul le fer est attiré par un aimant : il faut donc que les seuls déchets métalliques dont veut se débarrasser le viticulteur soient du fer. Si des déchets sont de l'aluminium ou du zinc, cela ne fonctionnera pas.

Exercice 14

1. Il s'agit du cuivre et de l'or.
2. L'aluminium vient de la bauxite et le zinc de la calamine.
3. Le fer est attiré par un aimant. Il est probable que le minerais d'où il vient soit aussi attiré par un aimant et présente donc des propriétés magnétiques d'où le nom de magnétite.
4. L'extraction de métaux des minerais est coûteuse et consomme beaucoup d'énergie : elle pollue donc beaucoup. Par exemple, les batteries de voitures électriques sont constituées de « 80% de nickel, à 15% de cobalt, à 5% d'aluminium » (d'après la référence [4] du cours). Cependant, même si l'extraction des minerais a un coût environnemental très important, l'utilisation et la fabrication de véhicules électriques rejette moins de gaz à effet de serre qu'un véhicule à moteur thermique.

« Globalement, les véhicules électriques émettent bien moins de gaz à effet de serre sur leur durée de vie qu'une voiture thermique en Europe, même lorsque l'on prend en compte la production de batteries, très gourmande en énergie. Un véhicule électrique moyen en Europe produit 50 % de gaz à effet de serre en moins sur 150 000 km, mais ce chiffre peut varier entre 28 et 72 %, selon la façon de produire de l'électricité (charbon, gaz, nucléaire...). » [5].

Exercice 15

Voir cours

Exercice 16

Aidons nous de l'exercice 15 juste ci-dessus. Tout d'abord, il faut polir le métal afin de faire ressortir sa couleur. Si celle-ci est jaune ou rouge, il s'agit d'or ou de cuivre. Si non, il faudrait mettre un aimant devant. Si le métal est attiré, il s'agit de fer. Si non, il faut trouver la masse volumique du métal. Pour cela, prendre une balance et une éprouvette graduée. Peser la pièce puis trouver son volume. Pour cette dernière étape, mettre de l'eau dans l'éprouvette jusqu'à une graduation et noter le volume d'eau V_1 mis. Mettre ensuite la pièce dans l'éprouvette et re-noter le volume V_2 dans l'éprouvette. Le volume de la pièce est donné par V_2-V_1 et on peut calculer la masse volumique ρ de la pièce. On regarde si cette masse volumique est de 2,7g/cm^3 (aluminium), 7,2g/cm^3 (zinc) ou bien 10,5g/cm^3 (argent).

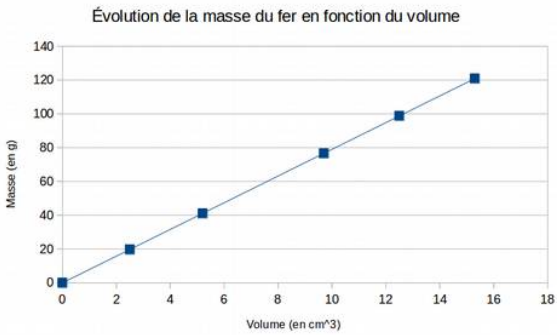
Exercice 17

1. Le métal le plus conducteur semble être <u>l'argent</u>.
2. On utilise du cuivre car ce dernier <u>conduit très bien l'électricité</u> et a une <u>température de fusion élevée</u> (par rapport aux autres métaux) : même si le courant est fort, le câble ne risque pas de fondre.
3. On veut éviter que le courant électrique soit trop fort pour prévenir les électrocutions et les accidents électriques. Si on utilisait du fer, ce dernier fonderait à 1538°C soit à une température plus haute que celle de fusion du cuivre (qui compose les fils!).

Exercice 19

1. la masse volumique de ce cylindre est donc $\rho = m/V = \underline{7{,}2\ g/cm^3}$. (Ne pas oublier l'unité !!!).
2. Il s'agit donc d'<u>aluminium</u>.

Exercice 20



1. Voir ci-contre. Attention à bien mettre les unités sur les axes !! En physique, les unités doivent tout le temps être indiquées !!! Si la grandeur n'a pas d'unité, il faut indiquer « sans unité ».
2. On voit que la droite reliant les différents points passe par l'origine : il y a proportionnalité. C'est donc consistant avec ce qui a été vu en cours.
3. Calculons le coefficient directeur de la courbe : on trouve 7,9 g/cm^3.

Rappel : Pour calculer le coefficient directeur d'une courbe, il faut prendre deux points d'abscisse et ordonnées (x_1, y_1) et (x_2, y_2) : le coefficient directeur est alors donné par $(y_1 - y_2)/(x_1 - x_2)$. Lorsque la courbe passe par l'origine (fonction linéaire) il suffit même juste de prendre un point (x_1, y_1) et de trouver le ratio y_1/x_1. Si un point n'est pas bien sur la courbe, (à cause d'erreurs expérimentales) ne le prenez pas pour faire le ratio par contre !!

Exercice 21

1. L'énoncé nous donne la masse volumique de l'aluminium qui est de 2,7g/cm^3. On peut donc relier le volume V d'aluminium utilisé pour fabriquer la cannette, donné par $V_{alu} = m / \rho = \underline{5{,}4\ cm^3}$.
2. D'après l'énoncé, « *pour produire une cannette en acier, on utilise deux fois moins de métal* » (il faut comprendre deux fois moins de volume) donc le volume d'acier utilisé pour une cannette est $V_{acier} = 5{,}4/2$ cm^3 = 2,7 cm^3. Puisque la cannette en acier pèse $m_{acier} = 21g$, on en déduit que la masse volumique de l'acier est $\rho_{acier} = m_{acier} / V_{acier} = \underline{7{,}8\ g/cm^3.}$

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Travail expérimental du chapitre 2 : masse volumique des métaux

TP ramassé à la fin du cours.

Ce travail évalué est réalisé en binôme. Chaque groupe n'aura qu'une seule feuille et ne devra pas faire trop de bruit, ni communiquer avec les autres groupes. Une partie de la note de ce TP concerne le travail dans le calme.
L'autonomie de chaque groupe est également évaluée lors de ce TP donc réfléchissez bien avant de poser une question comme « est-ce que on colle les feuilles dans le cahier ? » ou « est-ce que je prend une feuille pour répondre aux questions ? »

Question 1 : Rappeler la formule du cours permettant d'obtenir la masse volumique ρ (''rhô'') d'un matériau de masse m et de volume V.

/1

Question 2 : Proposer un protocole de façon concise permettant de mesurer la masse volumique d'un métal. Vous disposez du matériel posé sur votre paillasse : éprouvette graduée, eau, métal, balance, bécher rempli d'eau.

NE FAITES AUCUNE MESURE TANT QUE VOUS N'AVEZ PAS EU LA FEUILLE 2.

Lorsque vous avez trouvé votre protocole, appelez le professeur et résumez lui votre proposition. Rappel : un schéma est souvent le bienvenue.

/3

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Protocole :

1. Peser le premier métal qui vous est donné. Noter le poids dans le tableau ci-dessous.
2. Noter sur votre brouillon (arrière de la feuille) le volume V_A d'eau dans l'éprouvette gradue.
3. Mettre dans l'éprouvette le morceau de métal et noter le volume V_B lorsque le métal est au fond. Aucun bout de métal ne doit déborder. Notez bien l'incertitude de votre mesure.
4. Déduire de la mesure de V_A et V_B le volume du bout de métal et compléter le tableau ci-dessous.

Recommencer ainsi avec les différents métaux.

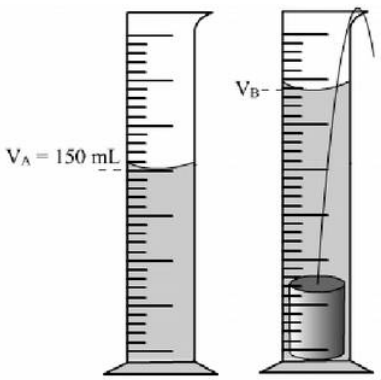


Figure 1 Figure 2

Question 3 : Remplir le tableau suivant grâce à vos mesures.

L'élève porte-parole peut venir chercher chacun des échantillons. Il n'y en a que 2 de chaque donc dès que les mesures sont faites, il faut donc les ramener au tableau. Rappel : $1cm^3 = 1mL$.

Matériau	Cuivre	Plomb	Aluminium
Masse m (en g)			
Volume V (en mL)			
Volume V (en cm^3)			

Travail dans le calme /2
Manipulation (concentration, soin de l'expérience, attention, autonomie) /3
Pertinence des résultats /2

Question 4 : Calculer maintenant la masse volumique des différents matériaux

Matériau	Cuivre	Plomb	Aluminium
Masse volumique ρ (g/cm^3)			

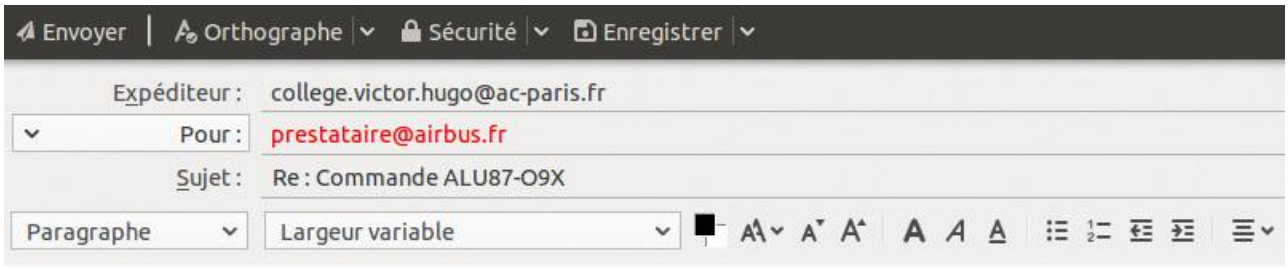
Question 5 : Rappeler la composition de l'isotope ^{66}Zn /1

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Question 6 : Répondre au mail d'Airbus (en y incluant toutes les formules de politesse bien sûr) et en expliquant comment vous avez trouvé votre résultat. Le soin, l'orthographe, la forme du mail sont évalués. Rappel : volume d'un cylindre de rayon R et de longueur L est donné par $V = \pi R^2 \times L$.

Démarche scientifique : /3

Forme et expression : /3



> Bonjour Madame, Bonjour Monsieur,
> Nous avons commandé récemment 67 300 barres d'aluminium afin de construire les nouveaux Airbus A350.
> Cependant, certains de nos techniciens doutent de la pureté du métal. Pourriez-vous nous dire s'il s'agit bien
> d'aluminium ou si nous avons été escroqués ? Une barre de métal qui nous a été envoyé pèse 1,13 kg. Ces
> barres sont cylindriques (rayon r=2cm) et longueur l=10cm).
> Merci beaucoup,
> Cordialement,
> Claude Rivaret
> Chef de projet Airbus A350

Rangement de la paillasse : /1

Chapitre 3

Formation et reconnaissance des ions

3.1 Conduction de l'eau

Expérience : On réalise l'expérience [1] présentée sur le schéma de la figure 3.1. Le courant électrique, s'il y a un courant part de la pile, passe par la solution à tester, par l'ampèremètre et enfin par la lampe. Si celle-ci s'allume, cela signifie que la solution conduit l'électricité.

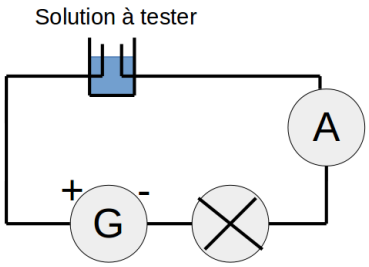


FIGURE 3.1 – Schéma de l'expérience

On rappelle quelques définitions :
Soluté : substance solide, liquide ou gazeuse que l'on dissout.
Solvant : liquide dans lequel on dissout le soluté.

Observations : la lampe s'allume faiblement dans le cas de l'eau minérale et complètement dans le cas de l'eau salée.

Solution	eau pure	Eau sucrée	eau minérale	eau salée
Éclat de la lampe	éteinte	éteinte	faiblement allumée	allumée
Intensité	0A	0,0A	0,02A	0,2A
Composition	H_2O	H_2O, $C_6H_{12}O_6$	H_2O, Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, SO_4^{2-}...	H_2O, Na^+, Cl^-

Dans l'eau minérale et l'eau salée il y a des minéraux dissous appelés **ions**. Ce sont des particules chargées électriquement qui conduisent le courant électrique. Dans l'eau sucrée ou l'eau pure, il n'y a pas d'ions, mais que des molécules neutres électriquement : il n'y a donc pas de conduction de l'électricité.

3.2 Formation des ions

Un atome est toujours neutre. Cependant, il peut perdre un électron ou en gagner un. Il n'est plus neutre : il devient un ion.
Définition d'un ion : Atome ou groupe d'atomes qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.
Il existe deux types d'ions :

— les ions positifs : **les cations**. Atome ou groupe d'atome qui a perdu des électrons comme Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+},Al^{3+} etc...

— les ions négatifs : **les anions**. Atome ou groupe d'atome qui a gagné des électrons comme Cl^-, SO_4^{2-} ...

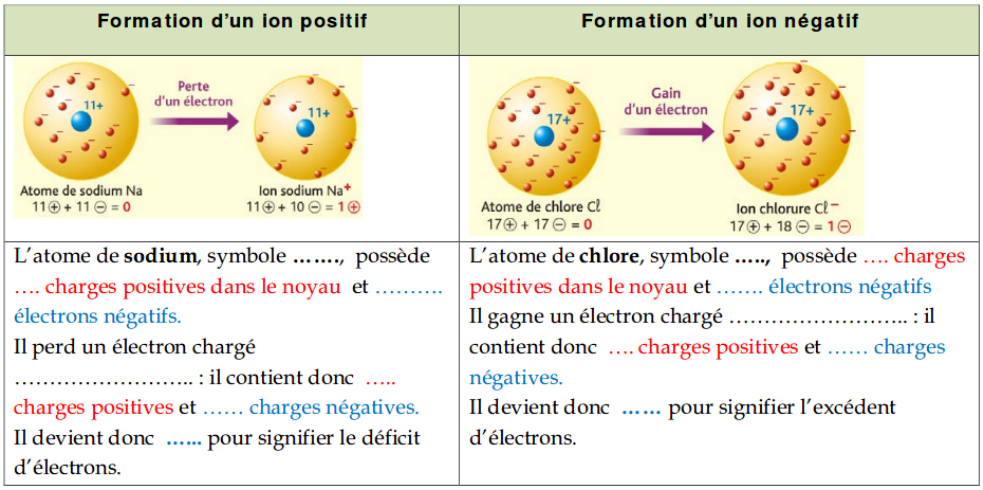


FIGURE 3.2 – Formation du cation Na^+ et de l'anion Cl^-. Tirée de [1].

Il y a deux types de solutions :

— Des solutions moléculaires issues de la dissolution de cristaux moléculaires dans l'eau. Elles ne contiennent que des molécules comme l'eau sucrée, l'eau glucosée... Elles ne conduisent donc pas le courant électrique. Elles sont issues d'une **transformation physique**

$$C_{12}H_{22}O_{11(s)} \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11(aq)} \quad \{1\}$$

Des solutions ioniques issues de la dissolution de cristaux ioniques dans l'eau. Elles contiennent des ions et des molécules d'eau par exemple l'eau salée ou bien une solution de sulfate de fer. Elle conduisent le courant électrique. Elles sont issues d'une transformation chimiques

$$NaCl_{(s)} \longrightarrow Na^+_{(aq)} + Cl-_{(aq)} \cdot \quad \{2\}$$

Dans une transformation chimique, il y a rupture et/ou formation de liaisons : les espèces chimiques qui constituent la matière sont modifiées. En revanche, il y a conservation du nombre de chaque atome et de la charge.

3.3 Neutralité des solution

La matière est toujours neutre. Donc même si la solution contient des ions, chargé, la charge totale d'une solution est toujours nulle. Ainsi, un ion positif est toujours proche d'un ion négatif et inversement comme nous pouvons le mettre en application en figure 3.3.

3.4 Sens de déplacement des ions en solution

Expérience : On mélange une solution de permanganate de potassium et de sulfate de cuivre anhydre que l'on met dans un tube en U. Par chaque extrémité des tubes en U, on fait tremper dans la solution deux électrodes, reliées à un générateur allumé.

Observation : Après plusieurs heures, on observe une teinte légère vers chaque électrode mais le violet et le bleu sont trop proche pour conclure quoi que ce soit. En revanche, on observe sur l'électrode négative (branchée du côté moins) un dépôt solide orange.

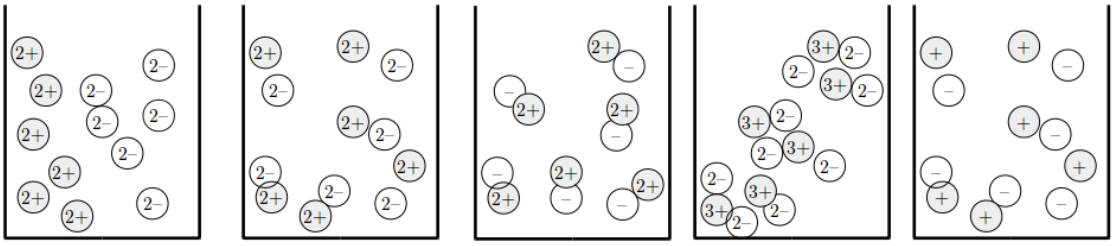


FIGURE 3.3 – Sur cet exercice, le schéma de tout à gauche est complètement faux. En effet, ce n'est pas possible que les cations soient d'un côté du bécher et les anions de l'autre. La matière, lorsqu'on "zoom", doit être neutre jusqu'à l'échelle atomique. Le troisième bécher ne respecte pas la neutralité électronique : il y a trop de charges positives. Le second bécher contient M_2^+ et O_2, le quatrième Al_3^+ et O_2^- et le dernier Na^+ et Cl. Il ne reste donc que la solution de chlorure de magnésium qui n'a pas été attribuée. Nous en déduisons qu'il faut rajouter un ion chlorure Cl^- à côté de chaque cation.

Interprétation : il s'agit des ions cuivre qui ont migré vers l'électrode négative. Les ions ont gagné alors deux électrons et se sont solidifiés.

Conclusion : Les ions négatifs (anions) se déplacent vers la borne positive et les cations (ions +) vers la borne négative. Les opposés s'attirent !

3.5 Identifications d'ions en solution

La soude et le nitrate d'argents sont deux réactifs souvent utilisés en chimie. Ils permettent de mettre en évidence la présence de certains ions en solution. Les précipités qu'ils forment avec les différents ions sont récapitulés dans le taleau de la figure 3.4.
Par exemple, pour savoir quels sont les ions présents dans une solution, il est possible rajouter quelques gouttes de nitrate d'argent dans un échantillon de celle-ci. Si le précipité qui se forme est blanc, cela signifie que la solution contient des ions chlorures. Si rien ne se passe, cela signifie qu'il n'y a pas d'ions chlorures. Mais il peut y avoir d'autres ions en revanche !
De la même façon, la soude est le réactif qui permet d'identifier les ions fer (II) Fe^{2+} en solution. Si on en verse dans une solution contenant des ions Fe^{2+}, il se forme alors un précipité vert. On peut ainsi mettre en évidence la présence de différents ions en solution.

Bibliographie

[1] Tony Leparoux. Chapitre 1 : molécules, atomes et...ions. *Chimie 2016-2017, Physikos*, consulté le 29/09/2020. URL `http://physikos.free.fr/file/0111-3eme/1-chap1-atomes-molecules-ions/chapitre%201%20atomes%20ions%20%20et%20molecules%20prof%202016.pdf`.

[2] Stéphane Landeau. Conduction électrique des solutions aqueuses. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 29/09/2019. URL `http://pccollege.fr/troisieme-2/chimie-3eme/chapitre-iii-conduction-electrique-des-solutions-aqueuses`.

[3] Jean-Luc Azan *et al.* *Physique Chimie 3e.* Nathan, 2017.

Ion testé	Fer II	Fer III	Cuivre II	Aluminium III	Zinc II	Chlorure
Formule de l'ion	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cl^-
Réactif	soude	soude	soude	soude	soude	Nitrate d'argent
Couleur du précipité	Vert	rouille	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc qui noircit à la lumière

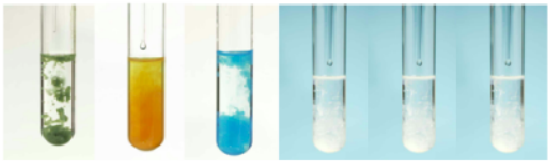


FIGURE 3.4 – Tableau permettant d'identifier les ions en solutions.

[4] Institut National de Recherche et de Sécurité. Hydroxyde de sodium et solutions aqueuses, fiche toxicologique n°20, 2012. URL `www.inrs.fr`.

[5] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Medical management guidelines for NaOH, 2011.

[6] L'équation de dissolution, consulté le 28/09/2019. URL `http://webphysique.fr/equation-de-dissolution`.

[7] Académie de Poitiers. Test de reconnaissance des ions, consulté le 28/09/2019. URL `ww2.ac-poitiers.fr`.

[8] Académie d'Orléans Tours. Qui a tué Pamela Rose ?, consulté le 28/09/2019. URL `https://www.ac-orleans-tours.fr/fileadmin/user_upload/physique/approche_par_competence/archive/college2/Dossier_documentaire/doc/3_ions.pdf`.

[9] Eni Generalic. Tableau périodique des éléments. URL `www.periodni.com`.

Attendus de l'élève

À la fin du cours, l'élève devra

— savoir proposer un protocole et réaliser le schéma électrique pour prouver la présence d'ions dans une solution,

— expliquer la conduction de l'eau salée mais pas de l'eau sucrée

— définir la notion d'ion, d'anion, de cation, soluté, solvant,

— donner la formule d'un ion lorsqu'on donne le nombre d'électron perdu ou gagné,

— différencier une transformation chimique d'une transformation physique,

— savoir que dans une réaction chimique, il y a conservation du nombre de chaque atome et de la charge

— savoir donner la réaction de dissolution d'un cristal ionique lorsqu'on donne le nom du cristal et quelques un des ions formés, inversement, donner la formule du cristal lorsqu'on donne les ions issus de la réaction de dissolution,

— savoir que la matière est neutre et réaliser des schéma illustrant la présence d'ions en solution,

— savoir proposer une expérience mettant en évidence le sens de déplacement des ions dans une solution (partie V du cours),

— connaître les mesures de sécurité pour manipuler de la soude (hydroxyde de sodium, TP)

— lorsqu'on donne un table d'identification des ions, pouvoir proposer un protocole permettant d'identifier la présence ou non de certains ions dans cette solution (TP + cours, la table sera donnée),

— donner la composition (proton, nucléon, électrons) d'une espèce ionique.

Annexes

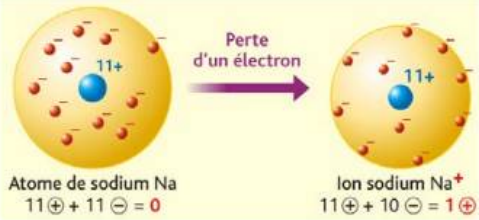
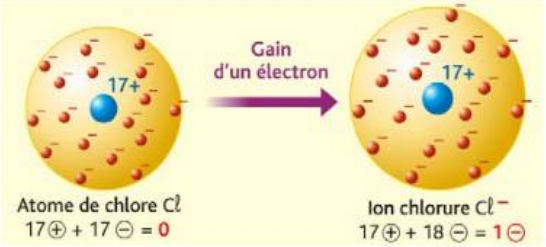
Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

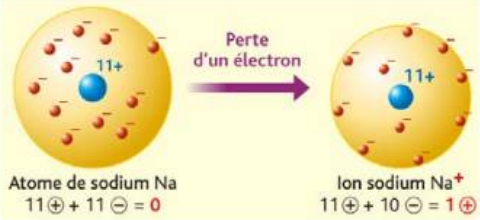
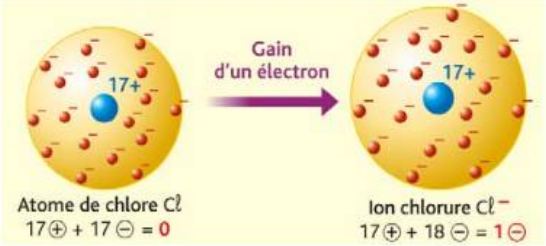
— les figures 3.2, 3.3 et 3.4 du cours,

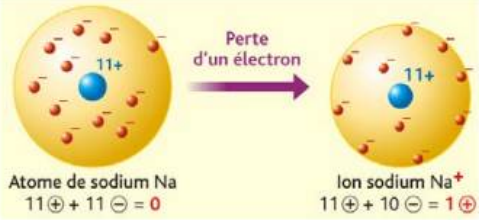
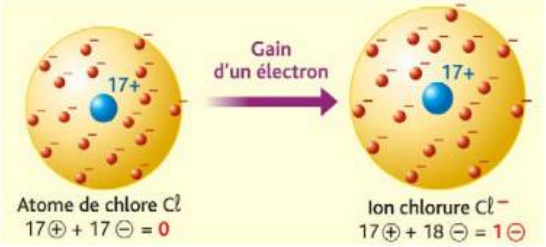
— la bibliographie et les attendus de cours,

— le TP sur l'identification des ions.

— deux des 6 sujets du contrôle sur les chapitres 1, 2 et 3.

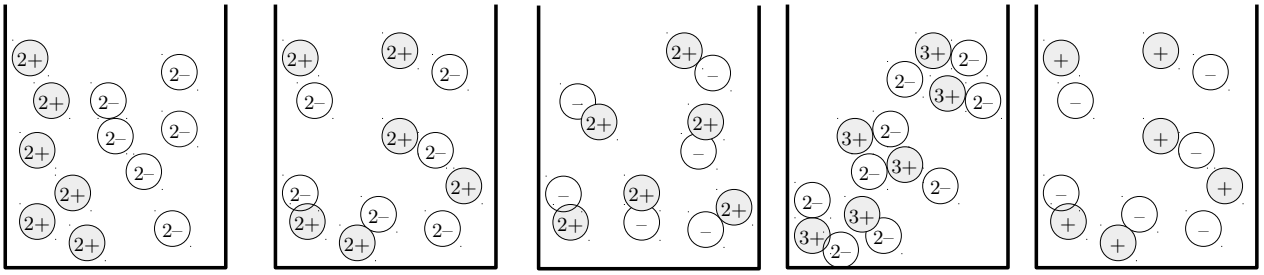
Formation d'un ion positif	Formation d'un ion négatif
	
L'atome de **sodium**, symbole ……., possède …. charges positives dans le noyau et ……. électrons négatifs. Il perd un électron chargé ……. : il contient donc ….. charges positives et …… charges négatives. Il devient donc …… pour signifier le déficit d'électrons.	L'atome de **chlore**, symbole ….., possède …. charges positives dans le noyau et ……. électrons négatifs Il gagne un électron chargé ……. : il contient donc …. charges positives et …… charges négatives. Il devient donc …… pour signifier l'excédent d'électrons.

Formation d'un ion positif	Formation d'un ion négatif
	
L'atome de **sodium**, symbole ……., possède …. charges positives dans le noyau et ……. électrons négatifs. Il perd un électron chargé ……. : il contient donc ….. charges positives et …… charges négatives. Il devient donc …… pour signifier le déficit d'électrons.	L'atome de **chlore**, symbole ….., possède …. charges positives dans le noyau et ……. électrons négatifs Il gagne un électron chargé ……. : il contient donc …. charges positives et …… charges négatives. Il devient donc …… pour signifier l'excédent d'électrons.

Formation d'un ion positif	Formation d'un ion négatif
	
L'atome de **sodium**, symbole ……., possède …. charges positives dans le noyau et ……. électrons négatifs. Il perd un électron chargé ……. : il contient donc ….. charges positives et …… charges négatives. Il devient donc …… pour signifier le déficit d'électrons.	L'atome de **chlore**, symbole ….., possède …. charges positives dans le noyau et ……. électrons négatifs Il gagne un électron chargé ……. : il contient donc …. charges positives et …… charges négatives. Il devient donc …… pour signifier l'excédent d'électrons.

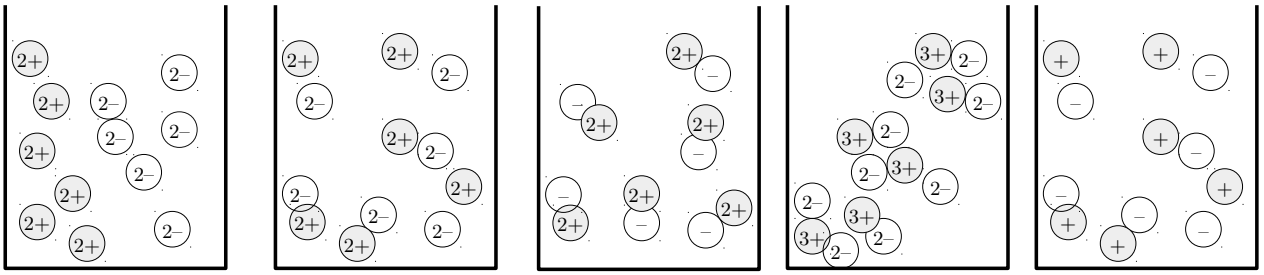
La matière est toujours _____ . Donc même si la solution contient des ions, chargés, la charge totale d'une solution est toujours _____. Ainsi, un ion positif est toujours proche d'un ion _____ et inversement.

Barrer le schéma complètement faux. Modifier celui ne respectant pas la neutralité électronique. Puis attribuer à chaque schéma les 4 réactions de dissolution : dissolution du sel dans l'eau, dissolution de l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) formant des ions Al^{3+} et O^{2-} , dissolution du chlorure de magnésium ($MgCl_2$) qui forme des ions Mg^{2+} et deux anions et enfin de l'oxyde de magnésium (MgO) qui forme un cation et un anion.



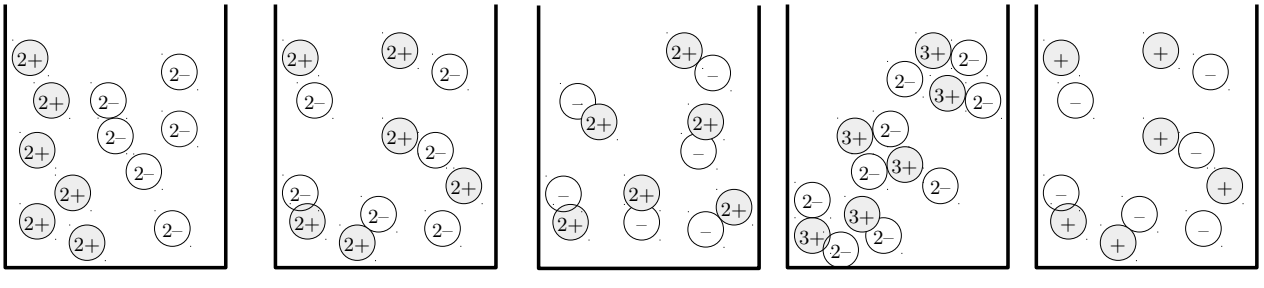
La matière est toujours _____ . Donc même si la solution contient des ions, chargés, la charge totale d'une solution est toujours _____. Ainsi, un ion positif est toujours proche d'un ion _____ et inversement.

Barrer le schéma complètement faux. Modifier celui ne respectant pas la neutralité électronique. Puis attribuer à chaque schéma les 4 réactions de dissolution : dissolution du sel dans l'eau, dissolution de l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) formant des ions Al^{3+} et O^{2-} , dissolution du chlorure de magnésium ($MgCl_2$) qui forme des ions Mg^{2+} et deux anions et enfin de l'oxyde de magnésium (MgO) qui forme un cation et un anion.



La matière est toujours _____ . Donc même si la solution contient des ions, chargés, la charge totale d'une solution est toujours _____. Ainsi, un ion positif est toujours proche d'un ion _____ et inversement.

Barrer le schéma complètement faux. Modifier celui ne respectant pas la neutralité électronique. Puis attribuer à chaque schéma les 4 réactions de dissolution : dissolution du sel dans l'eau, dissolution de l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) formant des ions Al^{3+} et O^{2-} , dissolution du chlorure de magnésium ($MgCl_2$) qui forme des ions Mg^{2+} et deux anions et enfin de l'oxyde de magnésium (MgO) qui forme un cation et un anion.



V. Identifications d'ions en solution

Voir TP.

Utilisation du tableau :

La _____ est le réactif qui permet d'identifier les ions fer (II) Fe^{2+} en solution. Si on en verse dans une solution contenant des ions Fer^{2+}, il se forme alors un précipité _____. On peut ainsi mettre en évidence la présence de différents ions en solution.

Ion testé	Fer II	Fer III	Cuivre II	Aluminium III	Zinc II	Chlorure
Formule de l'ion	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cl^-
Réactif	soude	soude	soude	soude	soude	Nitrate d'argent
Couleur du précipité	Vert	rouille	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc qui noircit à la lumière

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19

[2] Landau S., *Conduction électrique des solutions aqueuses,* `pccollege.fr`, consulté le 29/09/2019.

[3] Azan J.L. *et al., Physique Chimie 3e*, Nathan, 2018.

[4] Institut National de Recherche et de Sécurité, *Hydroxyde de sodium et solutions aqueuses*, Fiche toxicologique n°20, `www.inrs.fr`, 2012.

[5] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Sodium hydroxide*, Medical management guidelines for NaOH, 2011.

[6] *L'équation de dissolution*, `www.webphysique.fr`, consulté le 28/09/2019

[7] Generalic E., *Tableau périodique des éléments*, www.periodni.com, consulté le 8/09/2019.

[8] Académie de Poitiers, *Test de reconnaissance des ions*, ww2.ac-poitiers.fr, consulté le 28/09/2019.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- savoir proposer un protocole et réaliser le schéma électrique pour prouver la présence d'ions dans une solution,
- expliquer la conduction de l'eau salée mais pas de l'eau sucrée
- définir la notion d'ion, d'anion, de cation, soluté, solvant,
- donner la formule d'un ion lorsqu'on donne le nombre d'électron perdu ou gagné,
- différencier une transformation chimique d'une transformation physique,
- savoir que dans une réaction chimique, il y a conservation du nombre de chaque atome et de la charge
- savoir donner la réaction de dissolution d'un cristal ionique lorsqu'on donne le nom du cristal et quelques un des ions formés,
- inversement, donner la formule du cristal lorsqu'on donne les ions issus de la réaction de dissolution,
- savoir que la matière est neutre et réaliser des schéma illustrant la présence d'ions en solution,
- savoir proposer une expérience mettant en évidence le sens de déplacement des ions dans une solution (partie V du cours),
- connaître les mesures de sécurité pour manipuler de la soude (hydroxyde de sodium, TP)
- lorsqu'on donne un table d'identification des ions, pouvoir proposer un protocole permettant d'identifier la présence ou non de certains ions dans cette solution (TP + cours, la table sera donnée),
- donner la composition (proton, nucléon, électrons) d'une espèce ionique,
-proposer un protocole pour détecter du CO_2 (eau de chaux), du dihydrogène (étincelle devant le gaz $\rightarrow$ détonation) et oxygène (charbon incandescent dans O_2 prend feu).

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Travail expérimental du chapitre 3 : identification d'ions en solution

TP ramassé à la fin du cours.

Ce travail évalué est réalisé par binôme. Chaque groupe n'aura qu'une seule feuille et ne devra pas faire trop de bruit, ni communiquer avec les autres groupes. Une partie de la note de ce TP concerne le travail dans le calme. Chaque binôme a un élève porte-parole qui sera la personne qui viendra chercher le matériel au tableau. Le professeur passera entre les tables et notera directement sur les fiches de TP les remarques concernant le respect du matériel, le calme du groupe etc...
Prénom de l'élève porte-parole :
L'autonomie de chaque groupe est également évaluée lors de ce TP donc réfléchissez bien avant de poser une question comme « est-ce que on colle les feuilles dans le cahier ? ».

Document 1 :

HYDROXYDE DE SODIUM

Danger

H314 - Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

Nota : Les conseils de prudence P sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement CE n° 1272/2008.

215-185-5

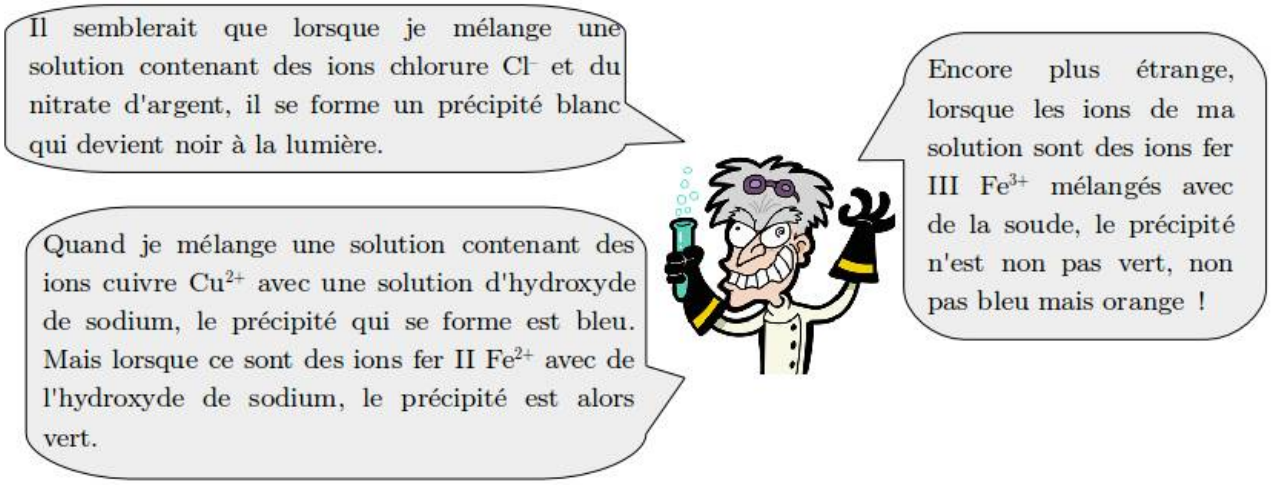
« En cas de contact cutané, brûlures, ulcérations profondes et décès ont été observés chez la souris ; toutefois, aucune mortalité ou brûlure n'est rapportée si la zone d'administration est immédiatement lavée. En effet, des souris ont été exposées à de la soude diluée à 50%, au maximum 2 heures, avec différents temps de rinçage de la zone testée (immédiat, après 30 minutes, 1 heure, 2 heures ou aucun). Les taux de mortalité suivants ont été observés : 0, 20 %, 40 %, 80 % et 71 %, respectivement. Cette étude met aussi en évidence le caractère retardé des brûlures chimiques, avec des symptômes pouvant apparaître plusieurs heures après l'exposition [4]. »

Tiré de [3].

Question 1 : Quel matériel recommanderiez-vous de porter pour manipuler de l'hydroxyde de sodium ? Que faire si vous touchez de la soude ? /1

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Document 2 :



Question 2 : Compléter les phrases suivantes. /2

- Le _____ est le réactif qui permet d'identifier les ions chlorure Cl^- en solution. On obtient un précipité _____ qui _____ à la lumière.
- _____ permet de mettre en évidence la présence d'ions métalliques.
    - S'il est mélangé à une solution contenant des ions _____ (Fe^{2+}), il forme un précipité _____.
- S'il est mélangé à une solution contenant des ions _____ (Fe^{3+}) il forme un précipité _____.
- S'il est mélangé à une solution contenant des ions _____ (Cu^{2+}) il forme un précipité _____.

Document 3 :

La réaction de dissolution du sulfate de cuivre dans l'eau s'écrit

$$CuSO_{4(s)} \rightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$$

D'autres réactions de dissolutions s'écrivent de la façon suivante

Chlorure de fer (II) dans l'eau $FeCl_{2\,(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + 2\ Cl^-_{(aq)}$	Chlorure de fer (III) dans l'eau $FeCl_{3\,(s)} \rightarrow Fe^{3+}_{(aq)} + 3\ Cl^-_{(aq)}$
Sulfate de fer (II) dans l'eau $FeSO_{4(s)} \rightarrow Fe^{2+}_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$	Chlorure de sodium $NaCl_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Démarche d'investigation :

Les pompiers ont récupéré 5 solutions des diverses usines et doivent absolument savoir quelle usine contient quelle solution afin d'éteindre le feu en tout sécurité. Ils ont transmis au collège Victor Hugo les échantillons et vous demandent de leur dire d'ici la fin de l'heure quelle usine contient quel produit.

Document 4 : plan de l'usine et témoignage d'un client de l'usine de Lubrizol

Plan de l'usine de Lubrizol

Question 3 : Le professeur vous donnera deux tubes à essai contenant la solution A. Proposer un protocole permettant d'identifier la composition de cette solution (ne pas oublier de faire un schéma).

/3,5

Une fois le protocole trouvé et noté, appeler le professeur afin qu'il vérifie celui-ci et vous donne la feuille suivante ainsi que la solution A.

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Solution fournie par le professeur : solution A

Solution-test	Couleur du précipité	Présence d'ion détectées ? Si oui lesquels ?
Nitrate d'argent		
Hydroxyde de sodium		

Travail dans le calme et propreté de la feuille /1
Manipulation (concentration, soin de l'expérience, attention, résultat, autonomie) /1

Question 4 : Quelle est la composition de la solution A ? Expliquer.

/2

Question 5 : Rincez vos tubes à essais puis récupérer la deuxième solution (solution B) sur le bureau du professeur. Tester ainsi une à une les solution B, C, D et E.

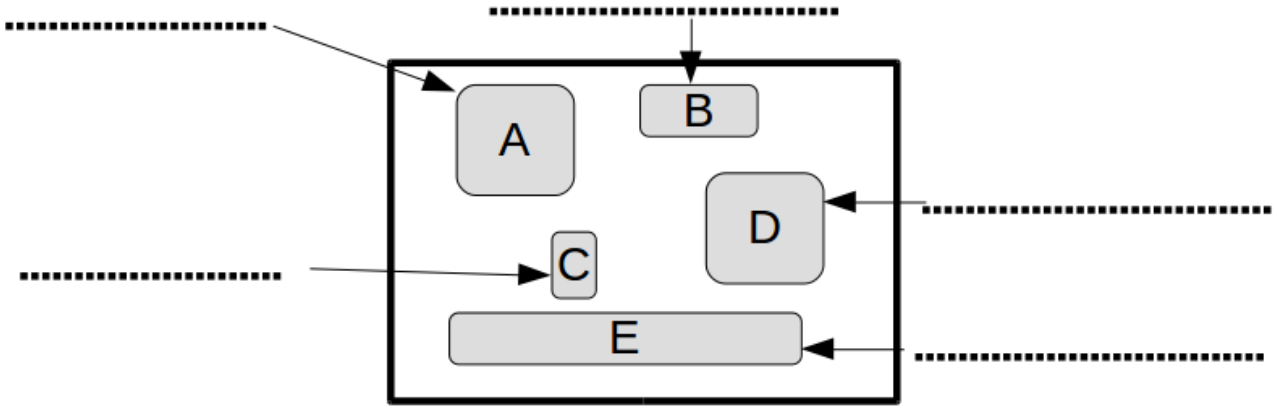
Solution inconnue (B,C,D,E)	Solution-test	Couleur du précipité	Présence d'ion ? Si oui lesquels ?
Solution ……..	Nitrate d'argent		
	Hydroxyde de sodium		
La solution contient donc			
Solution ……..	Nitrate d'argent		
	Hydroxyde de sodium		
La solution contient donc			
Solution ……..	Nitrate d'argent		
	Hydroxyde de sodium		
La solution contient donc			
Solution ……..	Nitrate d'argent		
	Hydroxyde de sodium		
La solution contient donc			

Travail dans le calme et propreté de la feuille /2
Manipulation (concentration, soin de l'expérience, attention, résultat, autonomie) /3,5

Noms et prénoms des 2 membres
du groupe (entourer votre nom) :

Question 6 : compléter le plan de l'usine avec /2

- Bâtiment du chlorure de fer (II)
- Bâtiment du chlorure de fer (III),
- Bâtiment du sulfate de fer (II),
- Bâtiment du sulfate de cuivre (II),
- Bâtiment du chlorure de sodium.



Plan de l'usine de Lubrizol

Question 7 : compléter avec : bleu / précipité / ions /1

Afin de savoir si une solution contient des ions, on peut réaliser des tests. Selon le _____ qui se forme, on peut en déduire la présence de quelques _____. Par exemple, si on ajoute de la soude NaOH à une solution contenant des ions Cu^{2+}, il se formera un précipité _____.

Document 2 :

La formule du sel est NaCl. Lorsqu'on met le sel dans l'eau, celui-ci se dissout dans l'eau et se sépare sous le forme de deux ions Na^+ et Cl^-. L'équation de dissolution du chlorure de sodium se note ainsi :

$$NaCl_{(s)} \rightarrow Na^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)} .$$

Les équations de dissolution vérifient deux règles de conservation.

- l*a conservation des éléments chimiques*: chaque élément chimique est présent en même quantité dans les espèces chimiques avant et après dissolution.
- *la conservation de la charge électrique*: la charge totale (en général nulle) des espèces chimiques est la même avant et après dissolution.

Propreté de la paillasse : /1

Nom et prénom :

Contrôle de physique-chimie des chapitres 1, 2 et 3

Sujet A – à rendre avec la copie

2 points concernent la présentation de la copie et l'utilisation de la langue française /2

Cochez les affirmations suivantes si vous pensez les avoir réussi.

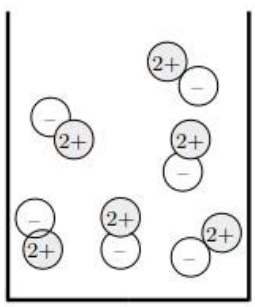
- ☐ Ma copie est bien présentée et soignée. Toutes mes phrases sont rédigées.
- ☐ Mes schémas sont réalisés au crayon papier et à la règle, il y a un titre et des légendes.
- ☐ J'ai mis mon nom sur toutes les feuilles.
- ☐ Mon orthographe est correcte.

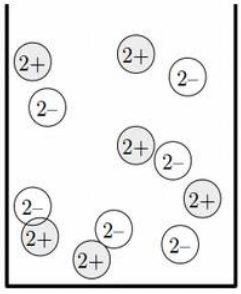
Questions de cours *répondre sur le sujet* /4

1. La taille d'un atome est d'environs _____ mètres.

2. L'ion bromure Br^- possède _____ électrons.

3. Un ion dont la charge est négative s'appelle un _____



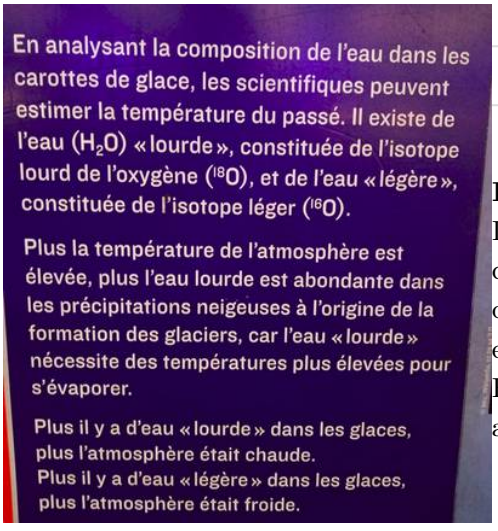


solution de chlorure de magnésium

4. Modifier le schéma de gauche afin qu'il représente une solution de chlorure de magnésium Cl^- et Mg^{2+}.

5. Le schéma 1 représente quelle solution? Choisir entre
– une solution de chlorure de sodium (Na^+ et Cl^-),
– une solution d'oxyde d'aluminium (Al^{3+} et O^{2-}),
– une solution d'oxyde de magnésium (Mg^{2+} et O^{2-}).

6. Donner le nom d'un métal rare et quelle est son utilisation.



Exercice 1 : *répondre sur votre copie* /4

Dans la station de métro ''Champs-Élysées - Clemenceau'', l'affiche ci-contre est collée contre le mur. Votre petite sœur, avec vous, vous demande quelle est la différence entre le deux atomes d'oxygène. Elle est en quatrième et ne connaît donc que vaguement la notion d'atome. Expliquez-lui en une centaine de mot (une dizaine de lignes) cette affiche et donc la différence entre l'eau légère et l'eau lourde.

Exercice 2 : *répondre sur votre copie* /5

Les plans maintenus secrets de la dernière console de jeu de l'usine Métalion ont été dérobés cette nuit. Le cambrioleur a pris la fuite mais les chiens de garde de l'entreprise de surveillance ont réussi à lui arracher des morceaux de vêtement. La police a été appelée immédiatement : elle a arrêté 6 suspects et a fouillé leur domicile mais n'a retrouvé ni la trace des plans ni celle des habits déchirés. Ces vêtements ont trempé dans la solution ionique avec laquelle le coupable est en contact pour son travail ou ses loisirs.

Utilisez les témoignages des techniciens de la police scientifique et les documents ci-dessous pour trouver le coupable ! Justifiez tout votre raisonnement sur votre copie.

Charles, le fils du PDG, passionné de courses de voilier en mer et qui rentrait tout juste de 15 jours de régate	Jean, l'agent d'entretien qui vient de traiter tous les parkings et espaces verts autour de l'usine contre la mousse	Louis, ouvrier chargé de la gravure des circuits imprimés de la console	Bruno, employé de la station d'épuration situé dans la même zone industrielle	Didier, employé de l'élevage intensif de porcs situé lui aussi dans la même zone industrielle

J'ai récupéré le bout de tissu du coupable et j'en ai extrait des produits chimiques ! J'ai ensuite mis ces produits dans des tubes à essai. Lorsque j'ai mis du nitrate d'argent, il s'est formé un précipité blanc. Quand j'ai mis de la soude, il s'est formé un précipité bleu !

Quelques ions et leur utilisation (Wikipédia)

Le sulfate de cuivre est utilisé comme complément minéral dans l'alimentation des porcs. Le sulfate de fer II est un produit anti-mousse réputé. Le chlorure de fer III est utilisé pour traiter les eaux usées. Le chlorure de cuivre est utilisé pour le gravure des circuits imprimés en cuivre. L'électro-zingage est réalisé dans un bain de sulfate de zinc. L'eau de mer est salée et contient donc du chlorure de sodium!

Ion testé	Fer II	Fer III	Cuivre II	Aluminium III	Zinc II	Chlorure
Formule de l'ion	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cl^-
Réactif	soude	soude	soude	soude	soude	Nitrate d'argent
Couleur du précipité	Vert	rouille	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc qui noircit à la lumière

Exercice 3 : *répondre sur le sujet* /5

Pour déterminer la masse volumique de différents métaux, un élève utilise 4 échantillons. Il mesure leur masse et leur volume. Il note ses résultats dans un tableau. Maladroit il renverse son éprouvette d'eau sur sa feuille et se retrouve avec une feuille « à trous ».

Métal	1	2	3	4
Masse de l'échantillon	78		29,7	76,9
Volume de l'échantillon (mL)		12	11	
Masse volumique (g/mL)	7,8	7,1		8,9

1. Pourquoi l'élève avait-il besoin d'une éprouvette d'eau ? Comment s'en est-il servi ? Donner le protocole qu'il a suivi. Votre réponse, ci-dessous, devra être soignée.

2. Compléter le tableau et expliquez ci-dessous tous vos calculs. Vous pouvez poursuivre votre réponse au dos s'il manque de la place.

Nom et prénom :

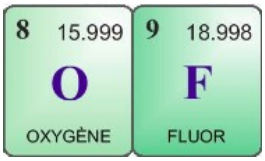
Contrôle de physique-chimie des chapitres 1, 2 et 3

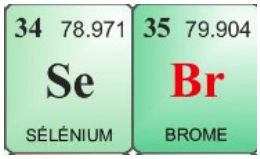
Sujet C – à rendre avec la copie

2 points concernent la présentation de la copie et l'utilisation de la langue française /2

Cochez les affirmations suivantes si vous pensez les avoir réussi.

- ☐ Ma copie est bien présentée et soignée. Toutes mes phrases sont rédigées.
- ☐ Mes schémas sont réalisés au crayon papier et à la règle, il y a un titre et des légendes.
- ☐ J'ai mis mon nom sur toutes les feuilles.
- ☐ Mon orthographe est correcte.



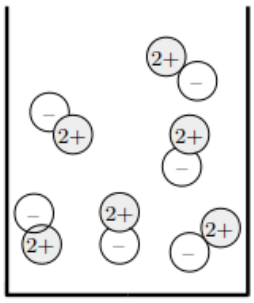


Questions de cours *répondre sur le sujet* /5

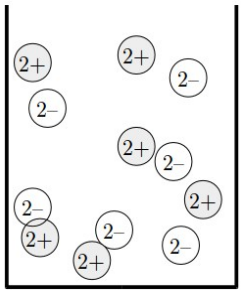
1. La taille d'un atome est d'environs _____ mètres.

2. L'ion bromure Br^- possède _____ électrons.

3. Un ion dont la charge est négative s'appelle un _____



solution de chlorure de magnésium



4. Modifier le schéma de gauche afin qu'il représente une solution de chlorure de magnésium Cl^- et Mg^{2+}.

5. Le schéma de droite représente quelle solution? Choisir entre
– une solution de chlorure de sodium (Na^+ et Cl^-),
– une solution d'oxyde d'aluminium (Al^{3+} et O^{2-}),
– une solution d'oxyde de magnésium (Mg^{2+} et O^{2-}).

6. Donner le nom d'un métal rare et quelle est son utilisation.

7. Quelle est la composition de l'isotope ^{19}F ?

Nom et prénom :

Exercice 1 : la bombe nucléaire *répondre sur votre copie* /5

Note du professeur : l'accord de Vienne est un accord signé par plusieurs pays dont les USA, la France, et l'Iran dans lequel l'Iran garanti que ses travaux en physique nucléaire soient bien pacifiques. Il y a quelques mois, pour diverses raisons, les USA ont décidé de se retirer de cet accord et l'Iran a repris ses recherches nucléaires.

À l'état naturel, l'uranium que l'on extrait est composé à plus de 99 %, en masse, d'uranium 238 (que l'on écrit ^{238}U) et à 0,7 % d'uranium 235 (^{235}U). Or, seul ce dernier isotope est fissile et permet donc une réaction de fission nucléaire.

Pour être employé comme combustible dans une centrale nucléaire et produire de l'énergie – et plus encore pour entrer dans la fabrication d'une bombe – l'uranium doit être enrichi. Extrait des mines, l'uranium est broyé (…). C'est ensuite que la phase d'enrichissement peut commencer.

La méthode la plus courante consiste à injecter de l'uranium sous forme gazeuse dans une centrifugeuse, qui permet de séparer deux éléments de masses différentes. La masse de l'isotope ^{235}U étant différente de celle de l'isotope ^{238}U (...), les deux isotopes peuvent être – un petit peu – séparés. Mais pour que la teneur en ^{235}U atteigne la proportion désirée, le procédé doit être répété de très nombreuses fois. C'est la raison pour laquelle les centrifugeuses sont montées en cascade : le gaz passe dans des machines successives et augmente sa concentration.

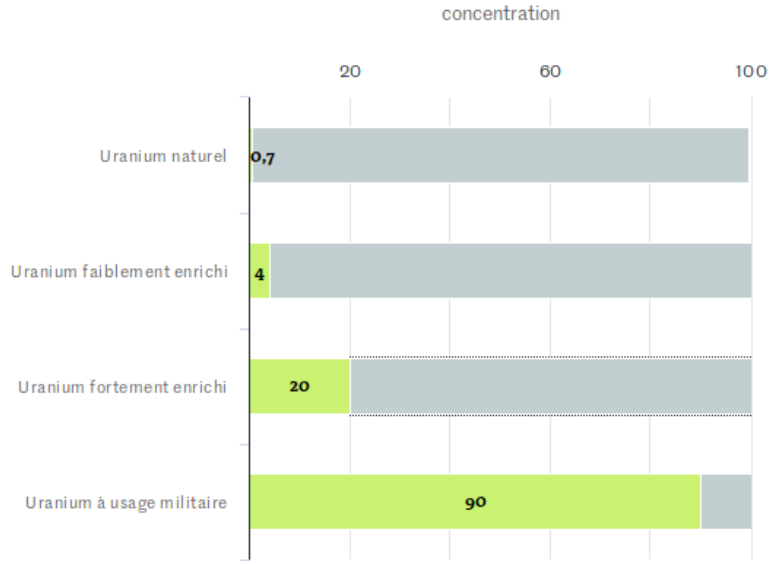


Figure : Proportion des isotopes d'uranium 235 et 238 à différents stades d'enrichissement.

Le 8 juillet, Téhéran avait (...) annoncé avoir « passé le seuil de 4,5 % pour l'enrichissement de l'uranium », comme l'indiquait alors un porte-parole de l'organisation iranienne de l'énergie atomique. Ces deux annonces sont en violation manifeste des termes imposés par l'accord de Vienne.

Extrait du Monde [1], un peu modifié par le professeur… ;-)

1. Expliquer la différence entre l'atome l'uranium 238 et l'atome l'uranium 235. Lequel est le plus lourd ?
2. D'après le document ci-dessus, qu'est-ce que l'enrichissement de l'uranium ? Quel est l'intérêt d'enrichir l'uranium ?
3. Pourquoi la communauté internationale s'intéresse de près au taux d'enrichissement de l'uranium en Iran ?

Bibliographie :

[1] Baruch J., *Nucléaire iranien : pourquoi l'accord prévoit-il un seuil maximal d'enrichissement de l'uranium ?*, Les Décodeurs, Le Monde, 10/07/2019.

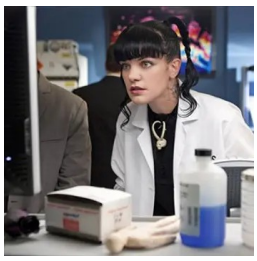
Nom et prénom :

Exercice 2 : enquête *répondre sur votre copie* /4

Les plans maintenus secrets de la dernière console de jeu de l'usine Métalion ont été dérobés cette nuit. Le cambrioleur a pris la fuite mais les chiens de garde de l'entreprise de surveillance ont réussi à lui arracher des morceaux de vêtement. La police a été appelée immédiatement : elle a arrêté 6 suspects et a fouillé leur domicile mais n'a retrouvé ni la trace des plans ni celle des habits déchirés. Ces vêtements ont trempé dans la solution ionique avec laquelle le coupable est en contact pour son travail ou ses loisirs.

Utilisez les témoignages des techniciens de la police scientifique et les documents ci-dessous pour trouver le coupable ! Justifiez tout votre raisonnement sur votre copie.

Charles, le fils du PDG, passionné de courses de voilier en mer et qui rentrait tout juste de 15 jours de régate	Jean, l'agent d'entretien qui vient de traiter tous les parkings et espaces verts autour de l'usine contre la mousse	Louis, ouvrier chargé de la gravure des circuits imprimés de la console	Bruno, employé de la station d'épuration situé dans la même zone industrielle	Didier, employé de l'élevage intensif de porcs situé lui aussi dans la même zone industrielle



J'ai récupéré le bout de tissu du coupable et j'en ai extrait des produits chimiques ! J'ai ensuite mis ces produits dans des tubes à essai. Lorsque j'ai mis du nitrate d'argent, rien ne s'est passé. Quand j'ai mis de la soude, il s'est formé un précipité vert !

Quelques ions et leur utilisation (Wikipédia)

Le sulfate de cuivre est utilisé comme complément minéral dans l'alimentation des porcs. Le sulfate de fer II est un produit anti-mousse réputé. Le chlorure de fer III est utilisé pour traiter les eaux usées. Le chlorure de cuivre est utilisé pour le gravure des circuits imprimés en cuivre. L'électro-zingage est réalisé dans un bain de sulfate de zinc. L'eau de mer est salée et contient donc du chlorure de sodium!

Ion testé	Fer II	Fer III	Cuivre II	Aluminium III	Zinc II	Chlorure
Formule de l'ion	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cl^-
Réactif	soude	soude	soude	soude	soude	Nitrate d'argent
Couleur du précipité	Vert	rouille	Bleu	Blanc	Blanc	Blanc qui noircit à la lumière

Nom et prénom :

Exercice 3 : un élève maladroit *répondre sur le sujet* /6

Pour déterminer la masse volumique de différents métaux, un élève utilise 4 échantillons. Il mesure leur masse et leur volume. Il note ses résultats dans un tableau. Maladroit il renverse son éprouvette d'eau sur sa feuille et se retrouve avec une feuille « à trous ».

Métal	1	2	3	4
Masse de l'échantillon	78		29,7	76,9
Volume de l'échantillon (mL)		12	11	
Masse volumique (g/mL)	7,8	7,1		8,9

1. Pourquoi l'élève avait-il besoin d'une éprouvette d'eau ? Comment s'en est-il servi ? Donner le protocole qu'il a suivi. Votre réponse, ci-dessous, devra être soignée. PS : il n'y a des lignes que sur un côté...

2. Compléter le tableau et expliquez ci-dessous tous vos calculs et les formules utilisées.

Chapitre 4

Acides et bases

4.1 Mesure du pH des solutions

Le pH d'une solution aqueuse permet de savoir si une solution est acide, neutre ou basique. "pH" signifie potentiel hydrogène et est relié à la concentration en ions hydrogène H+. et en ions hydroxyde HO^- dans une solution.
Le pH se mesure à l'aide d'un papier indicateur de pH ou avec un appareil appelé pH-mètre.

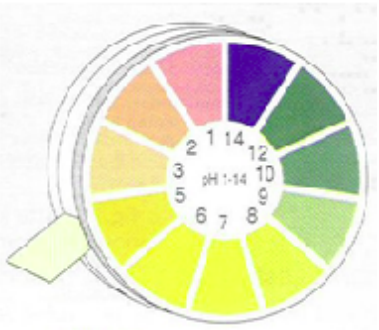


FIGURE 4.1 – Le papier pH permet, selon sa coloration, d'identifier le pH de la solution.

Expérience : On mesure le pH de quelques solutions grâce au papier pH.
NB : Il est possible de faire mesurer le pH par les élèves. J'ai essayé de les laisser en autonomie pour mesurer le pH mais le bazar s'installe rapidement en classe entière. C'est possible de passer entre les tables avec le chariot roulant : chaque binôme doit mesurer le pH d'une solution. Celles et ceux n'ayant pas encore fait de mesure le feront lors de l'expérience suivante.

Solution	Eau pure	Jus de citron	Eau savonneuse	huile	Vinaigre	Javel
pH	7	2-3	10	6	4	8-9

Interprétation : Une solution est acide lorsqu'elle contient plus d'ions H^+ que d'ions HO^-. Son pH est ainsi inférieur à 7.
Une solution est neutre lorsque sont pH est égal à 7. La solution contient alors autant d'ions H^+ que d'ions HO^-.
Une solution est basique quand elle contient davantage d'ions HO^- que d'ions H^+. Elle a donc un pH supérieur à 7.

Conclusion : Les ions H^+ sont responsables de l'acidité et les ions HO^- sont responsables de la basicité.

4.2 Que fait changer le pH ?

Demander ce qui peut faire varier le pH.

— Hypothèse 1 : la température

— Hypothèse 2 : la concentration, la dilution.

Expérience 1 : on essaye de faire varier la température d'une solution et on regarde si le pH change.

Observation :

Solution	Vinaigre	Vinaigre	Eau	Eau	Détergent	Détergent
Température	19°C	41°C	19°C	51°C	19°C	50°C
pH	3	3	6-7	7	8	8

Conclusion : la température n'influe pas sur le pH.

Expérience 2 : On mesure le pH d'une solution de soude et d'une solution d'acide. On dilue ensuite cette solution 10 fois puis 100 fois.

Observations :

Solution	Soude	Soude diluée 10 fois	Soude diluée 100 fois	Acide	Acide dilué 10 fois	Acide dilué 100 fois
pH	1	5	7	14	12	8

Lorsqu'on dilue la solution acide, le pH augmente et se rapproche de 7. De même, lorsqu'on dilue la solution basique, le pH diminue et se rapproche de 7.

Conclusion : quand on dilue une solution acide, elle devient moins acide et son pH se rapproche de 7.
Quand on dilue une solution basique, elle devient moins basique et son pH se rapproche de 7.
Nota Bene : les solutions acides ou basiques (certains produits ménagers) sont corrosives lorsqu'elles sont concentrées. Il est souvent nécessaires de les diluer pour les utiliser.

4.3 Composition de l'acide chlorhydrique

Quelle est la composition de l'acide chlorhydrique ?

Expérience 1 : mesurons le pH de l'acide chlorhydrique.

Observations : on trouve 1.

Interprétation : le pH de la solution est très faible. La solution est donc acide et contient des ions H+.

Expérience 2 : versons quelques gouttes de nitrate d'argent dans de l'acide chlorhydrique.

Observations : on observe la formation d'un précipité blanc.

Interprétation : ce précipité prouve la présence d'ions chlorure Cl^- dans l'acide chlorhydrique.

Conclusion : l'acide chlorhydrique contient des ions hydrogène H^+ et des ions chlorure Cl^- en solution dans l'eau. On note donc sa formule HCl.

4.4 Réaction entre acide et base

Expérience : Mesurons le pH d'une solution d'hydroxyde de sodium (Na^+ et HO^-). Ajoutons de l'acide à cette solution puis re-mesurons le pH. Quelle est la nouvelle valeur du pH ?

Observations : Le pH avant l'ajout d'acide est 13, celui après l'ajout d'acide est plus faible.

Interprétation : on rajoute des ions H+ à la solution. Il est donc normal que le pH de la solution diminue puisque celle-ci devient plus acide (ou moins basique). Dans la solution initiale, il y a des ions hydroxyde HO^- et dans l'acide chlorhydrique, il y a des ions hydrogène H^+.

Conclusion : L'équation de réaction entre un acide H^+ et une base s'écrit

$$HO^- + H^+ \longrightarrow H_2O \quad \{3\}$$

4.5 Réaction entre solution acide et métaux

Expérience 1 : On ajoute de l'acide chlorhydrique à de la poudre de fer. Une réaction se produit : un gaz est formé. Nous allons chercher à identifier ce gaz. On approche une flamme près du tube à essai.

Observation : on voit une détonation ainsi qu'un "pop" caractéristique.

Interprétation : il s'agit du pop caractéristique du dihydrogène. Du dihydrogène est produit lors de la réaction.

Expérience 2 : On cherche maintenant à savoir quels ions ont été formés lors de la réaction : s'agit-il d'ions Fe^{2+} ou Fe^{3+}. On ajoute donc de la soude dans le tube à essai.

Observation : on observe un précipité vert.

Interprétation : il y a donc des ions Fe^{2+}.

Conclusion : La réaction de l'acide sur le fer produit des ions fer II ainsi que du dihydrogène, on écrit donc la réaction de réaction comme suit

$$2\,H^+ + Fe \rightarrow H_2 + {Fe_2}^+ \quad \{4\}$$

Bibliographie

[1] Tony Leparoux. Chapitre 2 : Reconnaissance des ions et ph des solutions. *Chimie 2016-2017, Physikos*, consulté le 29/09/2020. URL `http://physikos.free.fr/file/0111-3eme/2-chap2-ions%20et%20pH/Chapitre%202%20reconnaissance%20des%20ions%20et%20pH%20%20prof%202016.pdf`.

[2] Tony Leparoux. Chapitre 3 : Réaction entre solution acides et basique, entre métaux et solutions acides. *Chimie 2016-2017, Physikos*, consulté le 29/09/2020. URL `http://physikos.free.fr/file/0111-3eme/3-chap3-%20reaction%20metal%20acide%20base%20acide/CHAPITRE%203%20reaction%20acide%20base%20metal%20prof%202016.pdf`.

[3] Stéphane Landeau. Conduction électrique des solutions aqueuses. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 29/09/2019. URL `http://pccollege.fr/troisieme-2/chimie-3eme/chapitre-iii-conduction-electrique-des-solutions-aqueuses`.

[4] Stéphane Landeau. La réaction entre l'acide chlorhydrique et le fer. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 29/09/2019. URL `http://pccollege.fr/troisieme-2/chimie-3eme/chapitre-v-la-reaction-entre-lacide-chlorhydrique-et-le-fer`.

[5] Jean-Paul Matthieu, Alfred Kastler, and Pierre Fleury. *Dictionnaire de physique*. Masson, 1985.

[6] Jean-Luc Azan *et al. Physique Chimie 3e*. Nathan, 2017.

[7] Éric Donadéi *et al. Physique-Chimie 3e*. Belin Éducation, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du cours, l'élève devra

— savoir ce que signifie pH et comment il dépend de la concentration en ions hydrogènes et en ions hydroxydes : plus il y a d'ions H+, plus le pH est faible et s'il y a plus d'ions H+ que d'ions HO– le pH est inférieur à 7 (et donc réciproquement),

— savoir mesurer un pH à l'aide de papier pH,

— savoir que la température n'a pas d'influence sur le pH,

— savoir que la dilution influe le pH : lorsqu'on dilue une solution acide (basique) avec de l'eau, son pH se rapproche de 7,

— connaître la composition de l'acide chlorhydrique et proposer un protocole pour mettre en évidence sa composition,

— connaître l'équation de réaction entre un acide et une base (entre hydroxyde et ion hydrogène),

— connaître le test caractéristique du dihydrogène,

— savoir proposer un protocole pour mettre en évidence les ions formé lors de la réaction entre un acide et un métal.

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

— la figure 4.1,

— la bibliographie et les attendus de cours,

pH 1-14
1 14 12 10 9 8 7 6 5 3 2

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19.
[2] Landau S., *Conduction électrique des solutions aqueuses,* pccollege.fr, consulté le 12/10/2019.
[3] Mathieu J.P., Kastler A. et Fleury P., *Dictionnaire de Physique*, Eyrolles et Masson, 1985.
[4] Azan J.L. *et al., Physique Chimie 3e*, Nathan, 2018.
[5] Landau S., *La réaction entre l'acide chlorhydrique et le fer*, pccollege.fr, consulté le 30/10/2019.
[6] Duperrex J., *La combustion,* jeanduperrex.ch, consulté le 7/11/2019
[7] Arer L, Donadéi É., Lévêque Th, *et al*, Physique Chimie 3e, Belin Éducation, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

– savoir ce que signifie pH et comment il dépend de la concentration en ions hydrogènes et en ions hydroxydes : plus il y a d'ions H^+, plus le pH est faible et s'il y a plus d'ions H^+ que d'ions HO^- le pH est inférieur à 7 (et donc réciproquement),
– savoir mesurer un pH à l'aide de papier pH,
– savoir que la température n'a pas d'influence sur le pH,
– savoir que la dilution influe le pH : lorsqu'on dilue une solution acide (basique) avec de l'eau, son pH se rapproche de 7,
– connaître la composition de l'acide chlorhydrique et proposer un protocole pour mettre en évidence sa composition,
– connaître l'équation de réaction entre un acide et une base (entre hydroxyde et ion hydrogène),
– connaître le test caractéristique du dihydrogène,
– avoir proposer un protocole pour mettre en évidence les ions formé lors de la réaction entre un acide et un métal.

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19.
[2] Landau S., *Conduction électrique des solutions aqueuses,* pccollege.fr, consulté le 12/10/2019.
[3] Mathieu J.P., Kastler A. et Fleury P., *Dictionnaire de Physique*, Eyrolles et Masson, 1985.
[4] Azan J.L. *et al., Physique Chimie 3e*, Nathan, 2018.
[5] Landau S., *La réaction entre l'acide chlorhydrique et le fer*, pccollege.fr, consulté le 30/10/2019.
[6] Duperrex J., *La combustion,* jeanduperrex.ch, consulté le 7/11/2019
[7] Arer L, Donadéi É., Lévêque Th, *et al*, Physique Chimie 3e, Belin Éducation, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

– savoir ce que signifie pH et comment il dépend de la concentration en ions hydrogènes et en ions hydroxydes : plus il y a d'ions H^+, plus le pH est faible et s'il y a plus d'ions H^+ que d'ions HO^- le pH est inférieur à 7 (et donc réciproquement),
– savoir mesurer un pH à l'aide de papier pH,
– savoir que la température n'a pas d'influence sur le pH,
– savoir que la dilution influe le pH : lorsqu'on dilue une solution acide (basique) avec de l'eau, son pH se rapproche de 7,
– connaître la composition de l'acide chlorhydrique et proposer un protocole pour mettre en évidence sa composition,
– connaître l'équation de réaction entre un acide et une base (entre hydroxyde et ion hydrogène),
– connaître le test caractéristique du dihydrogène,
– avoir proposer un protocole pour mettre en évidence les ions formé lors de la réaction entre un acide et un métal.

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19.
[2] Landau S., *Conduction électrique des solutions aqueuses,* pccollege.fr, consulté le 12/10/2019.
[3] Mathieu J.P., Kastler A. et Fleury P., *Dictionnaire de Physique*, Eyrolles et Masson, 1985.
[4] Azan J.L. *et al., Physique Chimie 3e*, Nathan, 2018.
[5] Landau S., *La réaction entre l'acide chlorhydrique et le fer*, pccollege.fr, consulté le 30/10/2019.
[6] Duperrex J., *La combustion,* jeanduperrex.ch, consulté le 7/11/2019
[7] Arer L, Donadéi É., Lévêque Th, *et al*, Physique Chimie 3e, Belin Éducation, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

– savoir ce que signifie pH et comment il dépend de la concentration en ions hydrogènes et en ions hydroxydes : plus il y a d'ions H^+, plus le pH est faible et s'il y a plus d'ions H^+ que d'ions HO^- le pH est inférieur à 7 (et donc réciproquement),
– savoir mesurer un pH à l'aide de papier pH,
– savoir que la température n'a pas d'influence sur le pH,
– savoir que la dilution influe le pH : lorsqu'on dilue une solution acide (basique) avec de l'eau, son pH se rapproche de 7,
– connaître la composition de l'acide chlorhydrique et proposer un protocole pour mettre en évidence sa composition,
– connaître l'équation de réaction entre un acide et une base (entre hydroxyde et ion hydrogène),
– connaître le test caractéristique du dihydrogène,
– avoir proposer un protocole pour mettre en évidence les ions formé lors de la réaction entre un acide et un métal.

Chapitre 5

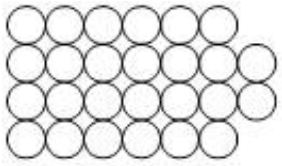
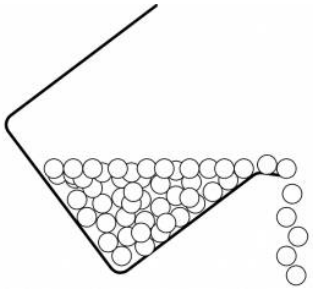
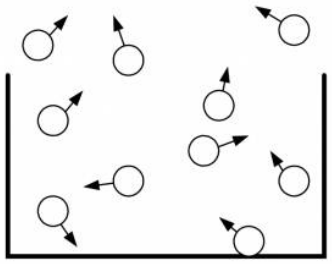
Rappels de 5e et de 4e

Les élèves disaient ne pas avoir vu plusieurs notions que je pensais être faites en quatrième. Nous avons donc vu très rapidement quelques rappels de cours des années passées. Il s'est avéré finalement que la majorité se souvenait des notions lorsqu'on l'a fait. Le poly de cours est tiré de mon cours de quatrième.

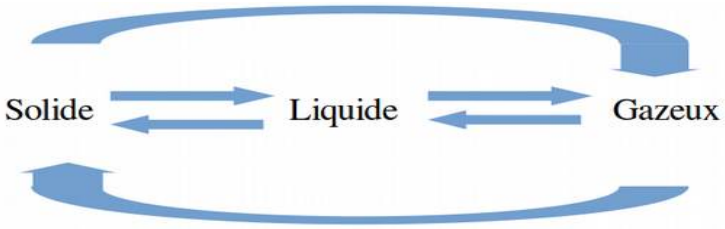
Chapitre 5 : rappels (?) de 4e et de 5e

Introduction

Compléter la première ligne avec les 3 états de la matière. Compléter la troisième ligne avec les mots suivants (qui peuvent être réutilisés plusieurs fois) : compact / désordonné / ordonné / dispersé.

L'état ……	L'état ……	L'état ……
On peut les prendre avec les doigts et leur volume est constant. Les molécules qui le composent sont très proches les unes des autres et immobiles : les molécules sont liées entres elles.	Il n'a pas de forme propre et on ne peut le prendre avec les doigts. Son volume est constant. Les molécules qui le composent sont proches les unes des autres et agitées.	Il n'a pas de forme propre et occupe tout le volume qui lui est offert. On peut modifier son volume. Les molécules sont éloignées les unes des autres et très agitées. Les molécules ne sont pas liées.
Cet état est un état …… et ……	Cet état est un état …… et ……	Cet état est un état …… et ……
		

Les noms de changements d'état sont les suivants



I. Formule brute des molécules

La représentation des atomes est le fruit de nombreuses contributions et a été beaucoup modifiée jusqu'aux travaux de Mendeleïev, à la fin du XIX^{ème} siècle. La convention, toujours utilisée aujourd'hui est la suivante :

Exemple : compléter le tableau suivant

Élément	Nom latin	Symbole
Potassium	Kalium	
Fer	Ferrum	
Sodium	Natrium	
Or	Aurum	
Mercure	Hydragyrum	

Pour représenter une molécule, on utilise justement ces symboles. Tous les atomes qui composent la molécule sont notés à la suite. Lorsqu'il y a plusieurs atomes, on note en indice leur nombre, juste après le symbole de l'atome en question.
Exemple : H_2O, SO_2

II. Lois de conservation

Expérience 1 : conservation de la masse lors d'un mélange.
Protocole : Peser deux béchers contenant deux liquides différents. Mélanger les béchers puis les re-peser. La masse a-t-elle changé ?
Observation : la masse initiale est de _____ et la masse finale de _____

Interprétation : _____

Titre : conservation de la masse lors d'un mélange.

Expérience 2 : conservation de la masse lors d'un changement d'état.
Protocole : peser des glaçons puis attendre qu'ils fondent. Regarder ensuite si la masse de l'eau liquide est la même que celle des glaçons.
Observation : la masse initiale est de _____ et la masse finale de _____

Interprétation : _____

_____

_____

_____

Titre : conservation de la masse lors de la fusion de l'eau.

Expérience 3 : conservation de la masse lors d'une transformation chimique.

Protocole : dans une enceinte hermétique, verser de l'acide chlorhydrique sur de la craie. Il se forme du CO_2. La masse des réactifs est-elle la même que celle des produits ?

Observation : la masse initiale est de _____ et la masse finale de _____

Interprétation : _____

_____

_____

_____

Titre : schéma de la réaction entre la craie et l'acide.

Conclusion : Que ce soit au cours d'un mélange, d'une transformation physique (changement d'état) ou d'une transformation chimique, la masse de l'état initial _____ que celle de l'état final.

III. La réaction chimique et Lavoisier

On modélise une transformation (ou réaction) chimique par une équation de réaction.

_____ : substance qui disparaît lors d'une réaction. À _____ de la flèche.

_____ : substance qui se forme lors d'une réaction. À _____ de la flèche.

L'équation de réaction se note ainsi :

réactif 1+ réactif 2 +... → produit 1 + produit 2 + …

où ''+'' signifie _____ et ''→'' signifie _____.

Lavoisier, au XVIIIème siècle, observe qu'il y a conservation de la matière : **le nombre de chaque élément des réactifs est le même que celui des produits**. La règle qu'il énonce est

---

Exemple : dans l'équation de réaction suivante, vérifier la conservation des atomes

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

Parmi les réactifs, il y a un atome de carbone et 2 d'oxygène et parmi les produits, il y a 1 carbone et 2 oxygène : Lavoisier a raison !

Remarque : Pour que le nombre d'atome soit bien toujours conservé, il est parfois nécessaire d'ajouter un coefficient stœchiométrique devant certaines molécules. Par exemple, dans la réaction ci-dessous, il faut ____ molécules de dihydrogène pour réagir avec une molécule de dioxygène. Cela donne donc ____ molécules d'eau.

$$\ldots\ldots H_2 + O_2 \rightarrow \ldots\ldots H_2O.$$

Exercice : Vérifier si la loi de Lavoisier est bien vérifiée. Si l'équation chimique est fausse, donner quels sont les atomes donc le nombre n'est pas conservé.

a) $H_2O + SO_3 \rightarrow H_2SO_4$

b) $2\ KClO_3 \rightarrow 2KCl + 2\ O_2$

c) $FeCl_2 + Zn \rightarrow ZnCl_2$

d) $HCl + NaOH \rightarrow H_2O + NaCl$

e) $S + O_2 \rightarrow SO_2$

f) $CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$

g) $Hcl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2\,CH_3$

h) $NaOH + CH_3COOH \rightarrow NaC_2H_3O_2 + H_2O$

IV. Tests d'identification

Lorsqu'on place un charbon incandescent dans un flacon contenant du _____, il s'enflamme aussitôt.

Le _____ _____ est une poudre blanche qui devient _____ en présence d'eau.

Lorsqu'on met une flamme à côté d'un tube contenant du _____, on entend une détonation avec un ''pop'' caractéristique.

L'_____ est un liquide transparent qui devient opaque en présence de _____.

Bibliographie

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

– savoir définir l'état solide et ses caractéristiques (incompressible, molécules proches, immobiles et liées, état compact et ordonné),

– savoir définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),

– savoir définir l'état gazeux (compressible, occupant tout le volume offert, molécules éloignées et agitées, molécules ayant de grande vitesses et non liées : état désordonné et dispersé,

– savoir faire des schémas représentant les molécules dans chacun des états,

– connaître les noms des 6 changements d'états,

– connaître les 4 tests d'identification pour savoir si une substance contient de l'eau, du dihydrogène, du dioxyde de carbone ou du dioxygène,

– lorsqu'on donne la formule d'une molécule, savoir donner les atomes qui la composent à l'aide du tableau périodique,

– savoir vérifier qu'une équation de réaction est bien équilibrée, et si non, identifier le problème,

Chapitre 6

Mouvement

6.1 De la nécessité d'établir un cadre

Situation 1 : Une voiture file sur l'autoroute avec un enfant endormi sur le siège arrière. Cet enfant est-il immobile ou en mouvement ?
Réponse : L'enfant est immobile par rapport à la voiture mais en mouvement par rapport à la route.

Situation 2 : Un train part de Toulon à 7h00 pour arriver à Marseille à 7h48. La distance séparant les deux gares est de 50 km. Lise est assise dans un wagon de ce train et Alban est sur le quai. Il regarde le train partir.

Lise est-elle immobile ou en mouvement par rapport au quai ?	Mouvement
Alban est-il immobile ou en mouvement par rapport au quai ?	Immobile
Lise est-elle en mouvement par rapport à Alban ?	Oui
Alban est-il en mouvement par rapport à Lise ?	Oui
Quelle est la vitesse moyenne du train entre Toulon et Marseille ?	17,4m/s =62,5km/h

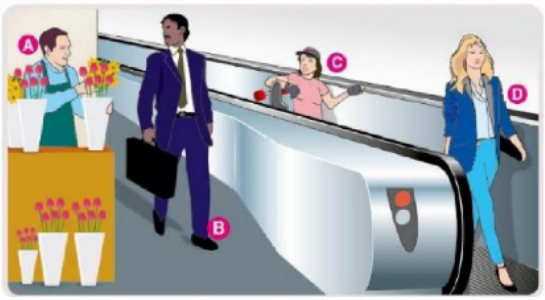
Situation 3 : Un tapis roulant se trouve au milieu d'une gare. Il a une vitesse de 3,0 m/s. Paul marche sur le tapis, dans le sens normal, à une vitesse de 1,5 m/s. Élodie est assise sur un banc, à côté du tapis roulant. Rémi marche en sens inverse sur le tapis roulant, de manière à rester à la même hauteur qu'Élodie.

Paul est-il en mouvement par rapport à Élodie ?	Oui
Paul est-il en mouvement par rapport à Rémi ?	Oui
Élodie est-elle en mouvement par rapport à Paul ?	Oui
Élodie est-elle en mouvement par rapport à Rémi ?	Non, immobile
Rémi est-il en mouvement par rapport à Élodie ?	Non, immobile

Bilan : Le mouvement d'un objet dépend de l'observateur appelé référentiel. Lorsqu'on décrit un mouvement, il faut donc toujours préciser le référentiel. Un objet peut être immobile et en mouvement, tout dépend du référentiel !
Exemple : la table est immobile par rapport au référentiel terrestre mais en mouvement par rapport au référentiel héliocentrique (référentiel dont l'origine est le centre du soleil et dont les axes pointent vers 3 étoiles fixes).

Le mouvement d'un objet est caractérisé par sa **trajectoire** et sa **vitesse** dans un certain **référentiel**.

- Le tapis roulant avance par rapport au sol.
- La personne A reste derrière son stand de fleurs.
- B marche sur le sol à la même vitesse que le tapis roulant.
- C se tient à la rampe du tapis roulant sans marcher.
- D marche sur le tapis roulant à la vitesse à laquelle B marche sur le sol.



Comment une personne voit-elle le mouvement d'autres personnes ? Complète le tableau.

Voit	A	B	C	D
A	Immobile	Avancer	Avancer	Avancer plus rapidement
B	reculer	immobile	immobile	avancer
C	reculer	immobile	immobile	avancer
D	Reculer plus rapidement	reculer	reculer	immobile

FIGURE 6.1 – Le mouvement est relatif : qui voit qui avancer ? Tiré de [1]

.

6.2 Caractériser un mouvement

Il est souvent nécessaire en physique, pour simplifier l'étude du mouvement d'un objet, de le réduire à un point : dans la plupart des cas son centre de gravité (masse). Cependant, cela signifie que l'on perd de l'information : par exemple, dans le cas d'un vélo, on perd le mouvement de la rue.

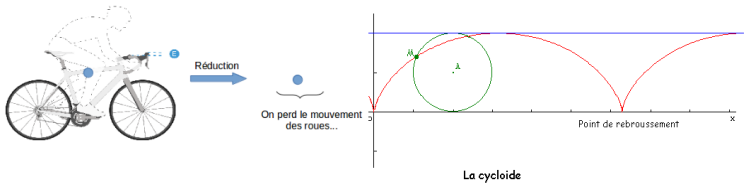


FIGURE 6.2 – Pour modéliser un mouvement, on le représente par un points matériel. Cela permet de se débarrasser des mouvements des pédales, des bras du cycliste sur notre exemple. La situation est donc plus simple mais nous avons perdu de l'information, comme par exemple le mouvement du chewing-gomme accroché sur la roue (en rouge ci-dessus), différent de celui du cadre du vélo (en bleu).

.

Bilan : pour faciliter l'étude du mouvement d'un objet, on le modélise par un point.
La trajectoire d'un objet est l'ensemble des positions occupées par un objet au cours du temps.
Pour caractériser un mouvement, on utilise 2 adjectif. Le premier traite la trajectoire du point. Si la trajectoire est :

— une ligne droite, on parle alors de trajectoire rectiligne,

— un cercle, on parle alors de trajectoire circulaire,

— une courbe quelconque, on parle de trajectoire curviligne.

Le second adjectif décrit l'évolution de la vitesse : ralenti/décéléré, uniforme (la vitesse est constante) ou accéléré.

La vitesse v d'un objet est le rapport de la distance d parcourue et du temps du parcours t. On a ainsi

$$v = \frac{d}{t}. \tag{6.1}$$

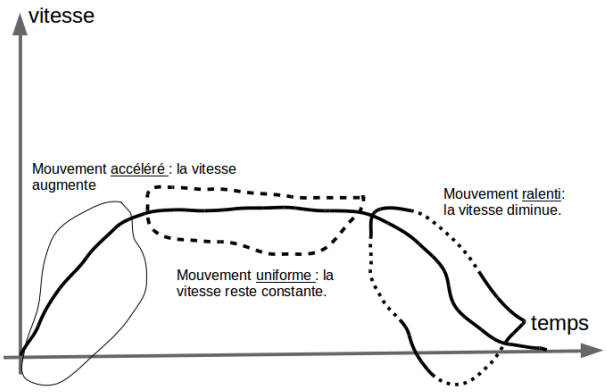


FIGURE 6.3 – Lorsque la vitesse augmente, le mouvement est accéléré, lorsque la vitesse est constante, le mouvement est uniforme et lorsque la vitesse diminue, le mouvement est décéléré (ou ralenti).

.

Il faut cependant bien savoir retrouver (ou connaître) les formules permettant d'obtenir le temps du parcours ou la distance

$$d = t \times v \tag{6.2}$$

et

$$t = \frac{d}{v}. \tag{6.3}$$

La vitesse peut s'exprimer en km/h ou bien en m/s. On sait que

— une heure $= 60 \times 60$ secondes $= 3600$ secondes,

— 1 km $= 1000$m.

Si on donne une vitesse en km/h, que vaut-elle en m/s ?

$$1\text{km/h} = \frac{1\text{km}}{1\text{h}} = \frac{1000\text{m}}{3600\text{s}} = \frac{1}{3,6}\text{m/s}. \tag{6.4}$$

Inversement, on multiplie par 3,6 une vitesse en m/s pour l'obtenir en km/h.

6.3 La chronophotographie

Une chronophotographie est une superposition de photos d'un objet prises à intervalles de temps réguliers. Elle donne rapidement une idée de la trajectoire et de la vitesse de l'objet.

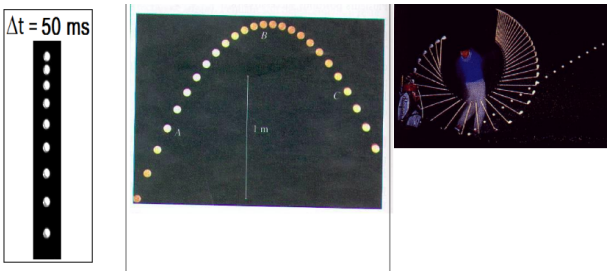


FIGURE 6.4 – Pour la première chronophotographie, l'objet étudié est "le centre de la balle" qui tombe, pour la seconde, c'est également "le centre de la balle". Pour la troisième, c'est "le bout du club de golf". Tiré de [1].

Sur la première chronophotographie, le mouvement est rectiligne car la trajectoire est une droite et le mouvement est accéléré car les images successives de la balle s'espacent. Sur la seconde,

le mouvement est curviligne car la trajectoire n'est ni une droite, ni un cercle. Le mouvement est décéléré (les images de la balle se rapprochent) puis accéléré (elles s'espacent). Enfin, le mouvement du bout de la crosse est circulaire accéléré puis décéléré.

6.4 Le vecteur vitesse (finalement) non fait

Le polycopié réalisé suit.

Bibliographie

[1] Tony Leparoux. Les mouvements. *Chimie 2016-2017, Physikos*, consulté le 07/12/2019. URL `http://physikos.free.fr/file/0111-3eme/mouvement%20et%20interactions/1-chap1-%20mouvements/chapitre%201%20mouvement.pdf`.

[2] Mazarine Daniel. Cours de physique de 3e. *collège de Mantes-La-Jolie*, 2019.

[3] Sony. Motion shot support. *collège de Mantes-La-Jolie*, Consulté le 7/01/2019. URL `http://x-application.sony.net/motionshot/`.

[4] Laurent Odievre. Réaliser une chronophotographie. *Blog de Physique-Chimie du collège Louis Pasteur*, Consulté le 7/01/2020. URL `https://louispasteur.arsene76.fr/matieres-enseignees/physique-chimie/realiser-une-chronophotographie-3396.htm`.

[5] Maéva et Julie. Chronophotographie. *Collège Errobi, Cambo*, 2007. URL `http://lettres.tice.ac-orleans-tours.fr/php5/coin_eleve/etymon/phys/chronophotographie.htm`.

[6] Théo. Les trajectoires d'un ballon de basket et d'un volant de badminton, Consulté le 7/01/2020. URL `http://blogue-ton-ecole.ac-dijon.fr/mon-village-ma-geographie/2016/03/18/les-trajectoires-dun-ballon-de-basket-et-dun-volant-de-badminton`.

[7] Sophie Gouet. Mécanique. *La Physique-Chimie au collège et au lycée*, consulté le 26/01/2020. URL `http://gouet-physique.wifeo.com/mecanique-3eme.php`.

[8] Pikomath. Qu'est-ce qu une tangente et comment la tracer ?, consulté le 26/01/2020. URL `https://www.youtube.com/watch?v=yuC6rIgX_9s,`.

Attendus de l'élève

À la fin du cours, l'élève devra

— être capable de comparer le mouvement de deux objets/personnes l'un par rapport à l'autre,

— savoir utiliser et définir les notions de référentiel, trajectoire rectiligne, curviligne et circulaire,

— savoir identifier si le mouvement est accéléré, décéléré ou uniforme lorsqu'il est donné une chronophotographie ou l'évolution de la vitesse/position avec le temps,

— savoir réaliser et définir une chronophotographie,

— savoir manipuler les formules liant vitesse, distance parcourue et temps du parcours.

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

— les situations du début du cours, les figures 6.1 et 6.4,

— la partie sur le vecteur vitesse (non réalisée),

— les exercices réalisés en cours,
— la bibliographie et les attendus de cours,
— l'activité sur la réalisation d'un document présentant plusieurs chronophotographies,
— le devoir maison optionnel sur la chronophotographie.

Situation 1 : Une voiture file sur l'autoroute avec un enfant endormi sur le siège arrière.
Cet enfant est-il immobile ou en mouvement ?
Réponse :

Situation 2 :
Un train part de Toulon à 7h00 pour arriver à Marseille à 7h48. La distance séparant les deux gares est de 50 km. Lise est assise dans un wagon de ce train et Alban est sur le quai. Il regarde le train partir.
Lise est-elle immobile ou en mouvement par rapport au quai ?
Alban est-il immobile ou en mouvement par rapport au quai ?
Lise est-elle en mouvement par rapport à Alban?
Alban est-il en mouvement par rapport à Lise?
Quelle est la vitesse moyenne du train entre Toulon et Marseille ?

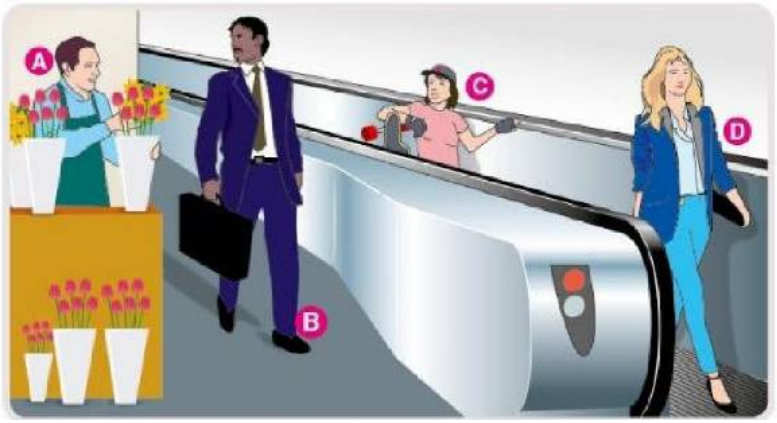
Situation 3 : Un tapis roulant se trouve au milieu d'une gare. Il a une vitesse de 3,0 m/s. Paul marche sur le tapis, dans le sens normal, à une vitesse de 1,5 m/s. Élodie est assise sur un banc, à côté du tapis roulant. Rémi marche en sens inverse sur le tapis roulant, de manière à rester à la même hauteur qu'Élodie.
Paul est-il en mouvement par rapport à Élodie ?
Paul est-il en mouvement par rapport à Rémi ?
Élodie est-elle en mouvement par rapport à Paul ?
Élodie est-elle en mouvement par rapport à Rémi ?
Rémi est-il en mouvement par rapport à Élodie ?

Situation 1 : Une voiture file sur l'autoroute avec un enfant endormi sur le siège arrière.
Cet enfant est-il immobile ou en mouvement ?
Réponse :

Situation 2 :
Un train part de Toulon à 7h00 pour arriver à Marseille à 7h48. La distance séparant les deux gares est de 50 km. Lise est assise dans un wagon de ce train et Alban est sur le quai. Il regarde le train partir.
Lise est-elle immobile ou en mouvement par rapport au quai ?
Alban est-il immobile ou en mouvement par rapport au quai ?
Lise est-elle en mouvement par rapport à Alban?
Alban est-il en mouvement par rapport à Lise?
Quelle est la vitesse moyenne du train entre Toulon et Marseille ?

Situation 3 : Un tapis roulant se trouve au milieu d'une gare. Il a une vitesse de 3,0 m/s. Paul marche sur le tapis, dans le sens normal, à une vitesse de 1,5 m/s. Élodie est assise sur un banc, à côté du tapis roulant. Rémi marche en sens inverse sur le tapis roulant, de manière à rester à la même hauteur qu'Élodie.
Paul est-il en mouvement par rapport à Élodie ?
Paul est-il en mouvement par rapport à Rémi ?
Élodie est-elle en mouvement par rapport à Paul ?
Élodie est-elle en mouvement par rapport à Rémi ?
Rémi est-il en mouvement par rapport à Élodie ?

- Le tapis roulant avance par rapport au sol.
- La personne A reste derrière son stand de fleurs.
- B marche sur le sol à la même vitesse que le tapis roulant.
- C se tient à la rampe du tapis roulant sans marcher.
- D marche sur le tapis roulant à la vitesse à laquelle B marche sur le sol.



Comment une personne voit-elle le mouvement d'autres personnes ? Complète le tableau avec Avancer, Reculer, Immobile, Avancer plus rapidement, Reculer plus rapidement.

Voit	A	B	C	D
A				
B				
C				
D				

1. Saut à l'élastique

Cas n°1: La caméra est posée sur le pont. Que peut-on dire du mouvement...

– des arbres?

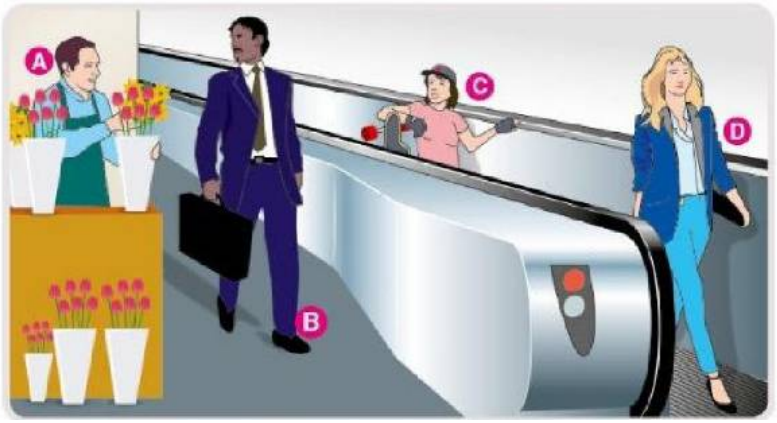
– du sauteur?

Cas n°2: La caméra est embarquée sur le sauteur. Que peut-on dire du mouvement...

– global du sauteur?

– *des arbres?*

- Le tapis roulant avance par rapport au sol.
- La personne A reste derrière son stand de fleurs.
- B marche sur le sol à la même vitesse que le tapis roulant.
- C se tient à la rampe du tapis roulant sans marcher.
- D marche sur le tapis roulant à la vitesse à laquelle B marche sur le sol.



Comment une personne voit-elle le mouvement d'autres personnes ? Complète le tableau avec Avancer, Reculer, Immobile, Avancer plus rapidement, Reculer plus rapidement.

Voit	A	B	C	D
A				
B				
C				
D				

1. Saut à l'élastique

Cas n°1: La caméra est posée sur le pont. Que peut-on dire du mouvement...

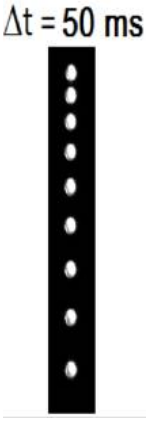
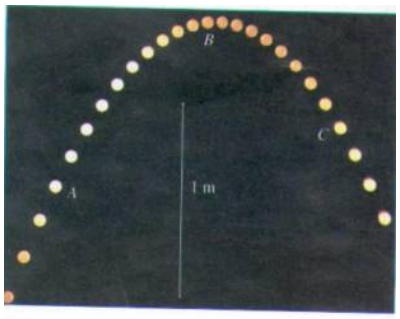
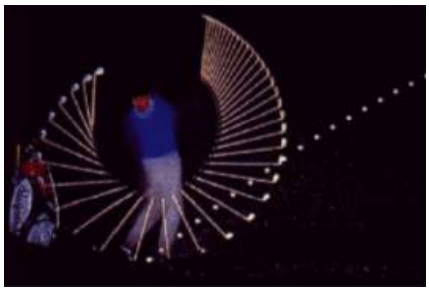
– des arbres?

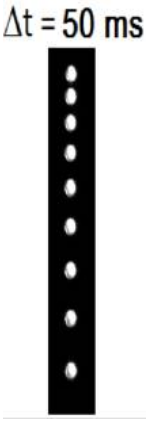
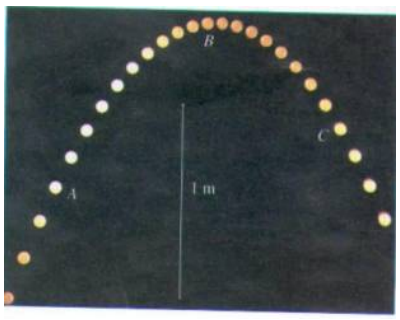
– du sauteur?

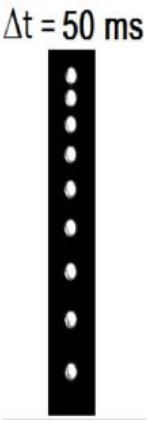
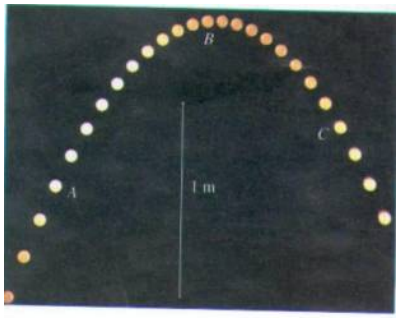
Cas n°2: La caméra est embarquée sur le sauteur. Que peut-on dire du mouvement...

– global du sauteur?

– *des arbres?*

	Chronophotographie 1	Chronophotographie 2	Chronophotographie 3
			
Étude	Centre de la boule	Centre de la boule	Bout du club de Golf

	Chronophotographie 1	Chronophotographie 2	Chronophotographie 3
			
Étude	Centre de la boule	Centre de la boule	Bout du club de Golf

	Chronophotographie 1	Chronophotographie 2	Chronophotographie 3
			
Étude	Centre de la boule	Centre de la boule	Bout du club de Golf

Fiche d'exercices 1 du chapitre 5

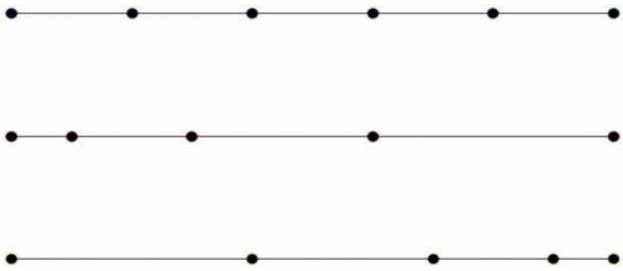
Exercice 1 Relier la vitesse d'un objet à sa valeur

Objets		Vitesse
Usaïn Bolt sur une distance de 100 m	●	110 km/h
un marcheur	●	0,013 m/s
le son dans l'air	●	340 m/s
la station spatiale internationale ISS	●	1,7 m/s
un guépard en sprint	●	300 000 km/s
une voiture sur autoroute	●	10 m/s = 36 km/h
un escargot	●	130 km/h
la lumière	●	27 600 km/h

Exercice 2

On représente par un point la position d'une voiture à intervalle de temps régulier (par exemple toutes les 5 secondes).

Indiquer, en justifiant, si le mouvement représenté est accéléré, ralenti ou uniforme.



Exercice 3

2/ On a relevé les valeurs de vitesse d'un objet toutes les 10 secondes. Les mesures sont présentées dans les tableaux ci-dessous. Indiquer pour chaque tableau s'il représente un mouvement accéléré, uniforme (vitesse constante) ou ralenti.

t (s)	0	10	20	30	40
(m/s)	0	10	20	25	30

Tableau 1 :

t (s)	0	10	20	30	40
v (m/s)	25	25	25	25	25

Tableau 2 :

t (s)	0	10	20	30	40
v (m/s)	25	15	10	5	0

Tableau 3 :

.....

.....

.....

Exercice 4

1. Saut à l'élastique

Cas n°1: La caméra est posée sur le pont. Que peut-on dire du mouvement des arbres? De celui du sauteur?

Cas n°2: La caméra est embarquée sur le sauteur. Que peut-on dire du mouvement global du sauteur? De celui des arbres?

2. Bobsleigh

Cas n°1 : La caméra est sur le bord de piste. Que peut-on dire du mouvement des spectateurs? De celui du bobsleigh

Cas n°2 : La caméra est embarquée sur le bobsleigh. Que peut-on dire du mouvement du bobsleigh? De celui de spectateurs

Exercice 5

1. Van Niekerk a couru le 400 m en 43,03 s à Rio en 2016. Quelle était sa vitesse moyenne en m/s ? et en km/h.

2. Le record du monde du 1500 m est détenu par El Guerrouj. Il l'a couru à 7,28 m/s de moyenne. Quel est le temps du record du monde ?

3. Une personne marche à 6 km/h pendant 3h30. Quelle distance parcourt-elle ?

Bibliographie	**Attendus de l'élève**
[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19. [2] Daniel M., *Cours de physique de 3e ,* collège de Mantes-La-Jolie, 2019. [3] Sony, *Motion Shot Support,* `http://x-application.sony.net/motionshot/,` Consulté le 7 janvier 2019 [4] Odievre L., *Réaliser une chronophotographie*, Blog de Physique-Chimie du collège Louis Pasteur, `louispasteur.arsene76.fr`, Novembre 2016 [5] Maéva et Julie, *Chronophotographie*, `http://lettres.tice.ac-orleans-tours.fr/`, Collège Errobi, Cambo, 2007 [6] Théo, *Les trajectoires d'un ballon de basket et d'un volant de badminton*, `blogue-ton-ecole.ac-dijon.fr`, consulté le 15/01/2019.	À la fin du chapitre, l'élève devra – être capable de comparer le mouvement de deux objets/personnes l'un par rapport à l'autre, – savoir utiliser et définir les notions de référentiel, trajectoire rectiligne, curviligne et circulaire, – savoir identifier si le mouvement est accéléré, décéléré ou uniforme lorsqu'il est donné une chronophotographie ou l'évolution de la vitesse/position avec le temps, – savoir réaliser et définir une chronophotographie, – lorsqu'on donne une chronophotographie et une échelle, savoir construire le vecteur vitesse

Bibliographie	**Attendus de l'élève**
[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19. [2] Daniel M., *Cours de physique de 3e ,* collège de Mantes-La-Jolie, 2019. [3] Sony, *Motion Shot Support,* `http://x-application.sony.net/motionshot/,` Consulté le 7 janvier 2019 [4] Odievre L., *Réaliser une chronophotographie*, Blog de Physique-Chimie du collège Louis Pasteur, `louispasteur.arsene76.fr`, Novembre 2016 [5] Maéva et Julie, *Chronophotographie*, `http://lettres.tice.ac-orleans-tours.fr/`, Collège Errobi, Cambo, 2007 [6] Théo, *Les trajectoires d'un ballon de basket et d'un volant de badminton*, `blogue-ton-ecole.ac-dijon.fr`, consulté le 15/01/2019.	À la fin du chapitre, l'élève devra – être capable de comparer le mouvement de deux objets/personnes l'un par rapport à l'autre, – savoir utiliser et définir les notions de référentiel, trajectoire rectiligne, curviligne et circulaire, – savoir identifier si le mouvement est accéléré, décéléré ou uniforme lorsqu'il est donné une chronophotographie ou l'évolution de la vitesse/position avec le temps, – savoir réaliser et définir une chronophotographie, – lorsqu'on donne une chronophotographie et une échelle, savoir construire le vecteur vitesse

Bibliographie	**Attendus de l'élève**
[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19. [2] Daniel M., *Cours de physique de 3e ,* collège de Mantes-La-Jolie, 2019. [3] Sony, *Motion Shot Support,* `http://x-application.sony.net/motionshot/,` Consulté le 7 janvier 2019 [4] Odievre L., *Réaliser une chronophotographie*, Blog de Physique-Chimie du collège Louis Pasteur, `louispasteur.arsene76.fr`, Novembre 2016 [5] Maéva et Julie, *Chronophotographie*, `http://lettres.tice.ac-orleans-tours.fr/`, Collège Errobi, Cambo, 2007 [6] Théo, *Les trajectoires d'un ballon de basket et d'un volant de badminton*, `blogue-ton-ecole.ac-dijon.fr`, consulté le 15/01/2019.	À la fin du chapitre, l'élève devra – être capable de comparer le mouvement de deux objets/personnes l'un par rapport à l'autre, – savoir utiliser et définir les notions de référentiel, trajectoire rectiligne, curviligne et circulaire, – savoir identifier si le mouvement est accéléré, décéléré ou uniforme lorsqu'il est donné une chronophotographie ou l'évolution de la vitesse/position avec le temps, – savoir réaliser et définir une chronophotographie, – lorsqu'on donne une chronophotographie et une échelle, savoir construire le vecteur vitesse

Bibliographie	**Attendus de l'élève**
[1] T. Leparoux, *Cours de physique de 3ème*, physikos.free.fr, consulté le 29/09/19. [2] Daniel M., *Cours de physique de 3e ,* collège de Mantes-La-Jolie, 2019. [3] Sony, *Motion Shot Support,* `http://x-application.sony.net/motionshot/,` Consulté le 7 janvier 2019 [4] Odievre L., *Réaliser une chronophotographie*, Blog de Physique-Chimie du collège Louis Pasteur, `louispasteur.arsene76.fr`, Novembre 2016 [5] Maéva et Julie, *Chronophotographie*, `http://lettres.tice.ac-orleans-tours.fr/`, Collège Errobi, Cambo, 2007 [6] Théo, *Les trajectoires d'un ballon de basket et d'un volant de badminton*, `blogue-ton-ecole.ac-dijon.fr`, consulté le 15/01/2019.	À la fin du chapitre, l'élève devra – être capable de comparer le mouvement de deux objets/personnes l'un par rapport à l'autre, – savoir utiliser et définir les notions de référentiel, trajectoire rectiligne, curviligne et circulaire, – savoir identifier si le mouvement est accéléré, décéléré ou uniforme lorsqu'il est donné une chronophotographie ou l'évolution de la vitesse/position avec le temps, – savoir réaliser et définir une chronophotographie, – lorsqu'on donne une chronophotographie et une échelle, savoir construire le vecteur vitesse

La chronophotographie

Nom des 3 personnes du groupe : _____

Travail préliminaire

Sur au moins deux des smartphones du groupe, installer l'application ''*Motion Shot*'', développée par Sony. Celle-ci est disponible gratuitement sur le GooglePlay Store pour les téléphones ayant Android ou bien sur l'Apple Store pour ceux fonctionnant sous iOS.

Sans cette application, le travail ne sera pas réalisable. Essayer avant la première séance le fonctionnement de l'application et si quelque chose ne va pas, contacter le professeur au moins 24h avant la première séance.

Première séance (1/2h)

Avec votre smartphone et le matériel à votre disposition, réaliser plusieurs chronophotographies :

– une première chronophotographie représentant un mouvement uniforme rectiligne,

– une seconde chronophotographie représentant un mouvement uniforme circulaire,

– une troisième chronophotographie représentant un mouvement accéléré rectiligne,

– une quatrième chronophotographie représentant un mouvement décéléré rectiligne,

– une cinquième chronophotographie représentant un mouvement curviligne.

Sauvegardez bien ces chronophotographies sur votre appareil et n'hésitez pas à en faire plusieurs, avec différents téléphones au cas où.

Travail intermédiaire

Envoyer les chronophotographies que réalisées sur les boîtes mails de TOUS les élèves du groupe ou sur une plate-forme dont **chaque membre du groupe a accès via un ordinateur du collège**. L'absence de l'un des membres du groupe n'est pas une excuse.

Deuxième séance (1h)

Réaliser un document présentant vos clichés :

– récupérer vos clichés via mails ou plate-forme numérique type *cloud* et les télécharger sur l'ordinateur du collège,

– ouvrir LibreOffice Writer et présenter vos différents clichés. En haut à gauche du document, indiquer les noms des 3 membres du groupe et au milieu, en police plus grande, titrer votre document,

– dans une première partie, expliquer l'origine du mot ''chronophotographie''. Bien indiquer vos sources en bas de votre document

– disposer sur deux pages A4 vos photos. Pour chaque image, expliquer quelle partie de l'objet/humain vous étudiez le mouvement et quel est ce mouvement. Bien soigner l'orthographe et la mise en page, regarder le barème ci-dessous afin de bien cerner les points évalués,

– imprimer le document en fin d'heure et le remettre au professeur.

Barème et notation

– lors de la séance 1, le groupe a bien un smartphone avec l'application qui fonctionne,	/1,5
– lors de la séance 2, le groupe a bien pu récupérer ses photos,	/1
– esthétisme de la mise en page du document final,	/2
– la légende sous chaque photo décrit bien le mouvement et l'objet étudié,	/5
– les chronophotographies correspondent bien aux mouvements demandés,	/2,5
– définition et origine de ''chronophotographie'',	/2
– orthographe et syntaxe des textes,	/2
– aucun élève du groupe n'a profité de la liberté accordée pour mettre le bazar.	/2

Aide pour l'utilisation de Motion Shot [1]

Take a picture

1. Start Motion Shot.
2. Choose the subject of the picture to be taken and tap the screen to align the focus.
3. Firmly hold the device with both hands and press the shutter button (or for iOS)
4. The shooting will end automatically after 8 seconds. Press the shutter button again to end the recording beforehand.

* You can also take photos using the shutter button of the device.

Hints

To capture the movement of the subject more beautifully, choose a background that isn't a single color and has little movement.

Adjust the distance to the subject so that it fits in the frame as much as possible.

The bigger the movement of the subject is, the more beautiful the movement can be captured.

Edit the image

1. Press the effect button at the upper left corner of the screen and choose the effect to use from the effect list that appears. [Normal, Fade-in, Fade-out, Remove, Grid, Stripe, Animation (Normal), Animation (Loop)]
2. Adjust the time interval using the slider at the bottom of the screen.
3. Adjust the movement interval using the slider on the right side of the screen.
   - If Animation effect is enabled, you can adjust the playback speed of the animation.
   -- Press the toggle button above the slider on the right of the screen (displayed only when Animation effect is enabled) to switch between the movement interval slider and animation playback speed slider. For Stripe/Grid, you can move the image by frame.

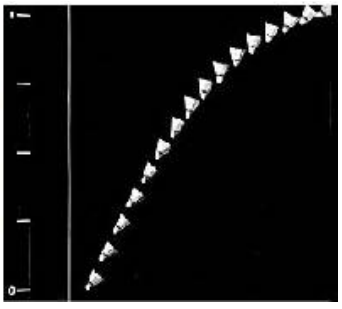
Save

Android : 1. At the edit screen, press to display a popup with share options. The image will be automatically saved at this moment. Images are saved in the internal memory of your device. (Folder name: /Pictures/MOTION_SHOT/)

iOS : Press "Save" on the edit screen to save it to the "Camera Roll".

Exemple de description d'image

Sur l'image ci-contre, nous pouvons observé la trajectoire d'un volant. Cette trajectoire est curviligne car elle n'est ni rectiligne ni circulaire. Le mouvement de ce volant est le même que celui d'un ballon de basket qu'on lance sur un panier, sa trajectoire suit celle d'une parabole.
Nous avons choisi ce volant car sa petite taille et sa faible vitesse permet de réaliser une chronophotographie comportant beaucoup d'objets et une image bien nette.



Bibliographie

[1] Sony, *Motion Shot Support,* `http://x-application.sony.net/motionshot/`, Consulté le 7 janvier 2019

[2] Odievre L., *Réaliser une chronophotographie*, Blog de Physique-Chimie du collège Louis Pasteur, `louispasteur.arsene76.fr`, Novembre 2016

[3] Maéva et Julie, *Chronophotographie*, `http://lettres.tice.ac-orleans-tours.fr/`, Collège Errobi, Cambo, 2007

Autour de la chronophotographie

Devoir Maison facultatif, facile, sympathique et utile

Réaliser une chronophotographie lors de vos vacances puis la **développer sur du papier photo**. En dessous de la photo, sur une étiquette, **écrire** un petit texte décrivant votre choix d'artiste ainsi que le mouvement de la cible, comme le serait une note descriptive dans un musée. **N'hésitez pas à être loufoque et à laisser libre cours à votre imagination.**

La photo et la description sera ensuite affichée dans la salle de classe (pour l'instant austère).

Un exemple est donné ci-contre, mais laissez-vous emporter par votre originalité et votre sens artistique.

Chronophotographie de Hervé, Musée du collège V. Hugo, 2006 : Cette chronophotographie de Hervé capture une splendide figure de saut à ski. L'objet de la photo, en blanc, semble flotter en l'air, comme porté par le vent avant de retomber élégamment sur ses jambes. Le décor clair, entre ciel bleu et mont enneigé, fait ressortir les acrobaties aériennes du skieur qui attire irrémédiablement l'œil émerveillé du spectateur. Cette chronophotographie, connue dans le monde entier, fait figure de référence dans son domaine et place Hervé au centre de la table des artistes de son temps.

Chapitre 7

Forces et interactions

7.1 Actions et interactions

Exemple : considérons un palet posé sur la glace. Le palet est immobile par rapport au référentiel de la patinoire. L'objet Palet subit deux actions mécaniques : une de la Terre et une de la glace. En retour le palet exerce deux actions : une sur la glace (il "pousse" la glace) et une sur la Terre.

Énoncé général : si un objet A agit sur un objet B, alors simultanément B agit sur A (principe des actions réciproques). On dit que A et B sont en interaction (actions réciproques). L'action de A sur B est notée A→B et l'action de B sur A est notée B→A. Cela est vrai que l'objet soit en mouvement ou immobile.

Il existe 2 types d'actions et d'interactions :

- les interactions de contact (les 2 objets se touchent) comme un ressort sur une porte, le sol sur une balle etc.
- les interactions à distance qui sont réparties dans tout le volume. Pour l'instant, on en verra que 3 :
  - l'interaction gravitationnelle : exercée sur tout objet qui a une masse (par exemple la pesanteur sur Terre),
  - l'interaction électromagnétique : exercée sur tout objet "magnétique" (par exemple un aimant),
  - l'interaction électrique : exercée sur tout objet chargé (par exemple le noyau d'un atome sur les électrons qui tournent autour).

7.2 Représentation des interactions

→ *Faire l'activité 1, inspirée de [1, 2]*

On représente les interactions subies par un objet avec un DOI (Diagramme Objet Interactions). Pour le construire :

1. Placer l'objet étudié (le système étudié) dans un cercle et le souligner.
2. Dans des bulles, représenter TOUS les corps/objets interagissants avec le système étudié.
3. Relier le système aux autres corps avec
   - des doubles flèches en pointillée pour les interactions à distance,
   - des doubles flèches pleines pour les interactions de contact.

Nota Bene : Dans les bulles, il faut bien mettre l'objet impliqué dans l'interaction et non la force. Par exemple, dans le diagramme de la figure 7.2, on place "La Terre" et non pas "la gravité", on place "le socle magnétique" et non pas "le champs magnétique".

FIGURE 7.1 – Photos dont il faut réaliser le Diagramme-Objet Intéraction. Femme sur une slackline ; le ballon de rugby avant le drop ; le vent gonfle les voiles du Black Pearl : L'étoile de la mort en lévitation magnétique

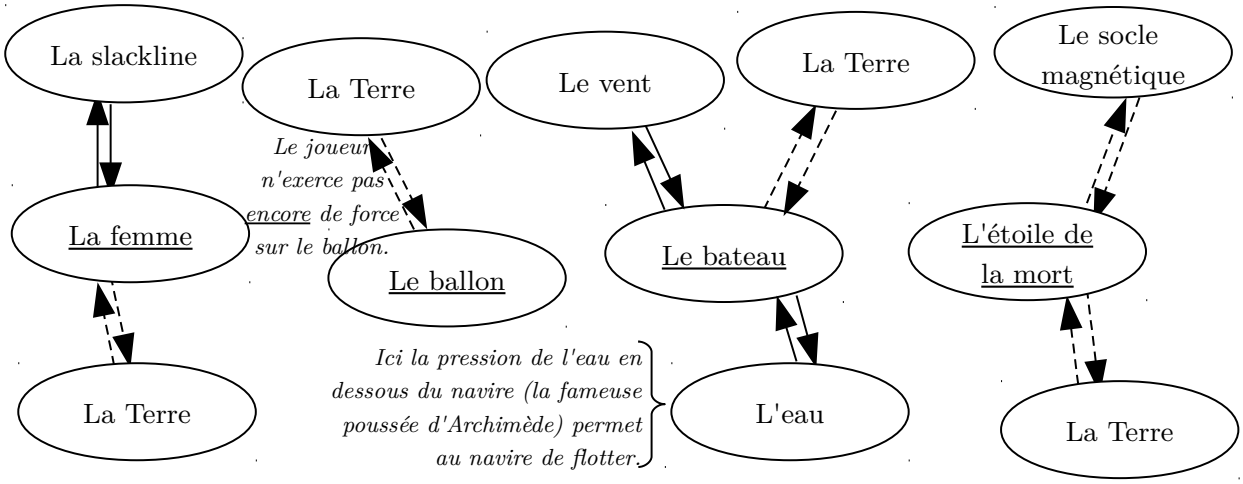


FIGURE 7.2 – Diagrammes Objets Interactions des objets “Femme”, “ballon”, “bateau” et “Étoile de la mort”.

7.3 Les forces et leurs effets

7.3.1 La force

On modélise une action mécanique par une force représentée par une flèche (vecteur) qui possèdent 4 caractéristiques :

1. une direction,
2. un sens,
3. un point d'application,
   - — qui est le point de contact pour les actions de contact,
   - — qui est le centre de gravité pour les actions à distante,
4. une valeur (ou intensité) exprimée en Newton N qui fixe la taille de la flèche. La valeur de cette force est mesurée avec un dynamomètre.

Exercice : À l'aide des schémas ci-dessous, construire le DOI de l'objet Pierre puis celui de l'objet Palet. Ensuite, représenter les forces qui s'exercent sur les deux objets. On prendra chaque force égale à 10N sauf celle de la crosse sur le palet qui est de 20N.
Échelle : 2cm = 10N.

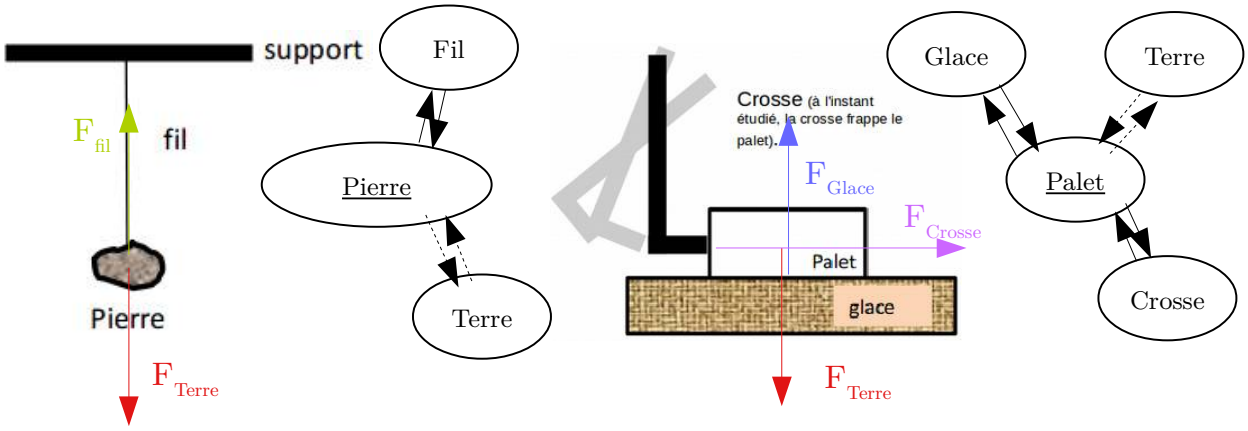


FIGURE 7.3 – Correction de l'exercice. Les deux objets qui agissent sur l'objet *Pierre* sont le fil (contact) et la Terre (distance). Le point d'application de la force qu'exerce la Terre sur la *Pierre* est le centre de la *Pierre* : on démarre donc la flèche du centre de la *Pierre*. La force est vers le bas donc on trace une flèche du centre, vers le bas de 2cm (force de 10N). De la même façon, le fil tire la Pierre au niveau du point d'accroche : c'est le point d'application. La force du fil sur la Pierre est vers le haut donc on trace une flèche de 2 cm (10N) vers le haut. On dénombre trois objets qui interragissent avec le *Palet* : la Terre, la glace et la crosse. Suivant le même raisonnement que tout à l'heure, on trace la flèche représentant la force de la Terre, de 2cm vers le bas, partant du centre du palet. La glace pousse le palet vers le haut : on fait partir la flèche du bas du palet (prenons le milieu), vers le haut de 2cm aussi. Seule la force qu'exerce la crosse est de 20N et la flèche mesure donc 4cm. Le point d'application est au niveau du point de contact

7.3.2 Effets d'une force

Une force a un effet sur l'objet sur lequel elle agit. Son action peut le déformer voir même le casse, modifier sa vitesse ou encore modifier sa trajectoire.

En revanche, deux forces peuvent se compenser. Par exemple, si un objet est en équilibre (immobile), alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent. Pour cela, il faut que ces deux forces aient

- la même direction,
- la même valeur,
- des sens opposés.

7.4 Poids et masse : l'interaction gravitationnelle

Faire et coller l'activité sur le système solaire et la force d'interaction gravitationnelle en s'aidant de la vidéo [3].

L'interaction gravitationnelle entre deux astres dépend de la masse de ces deux astres et de leur éloignement. Elle est dirigé vers l'autre astre et son point d'application est le centre de gravité de l'astre étudié. Sa valeur est donnée par

$$F_{A\to B} = F_{B\to A} = G\frac{m_A m_B}{d_{AB}^2} \tag{7.1}$$

où G est la constante universelle de gravitation, m_A la masse du corps A, m_B la masse du corps B et d_{AB} la distance entre A et B.

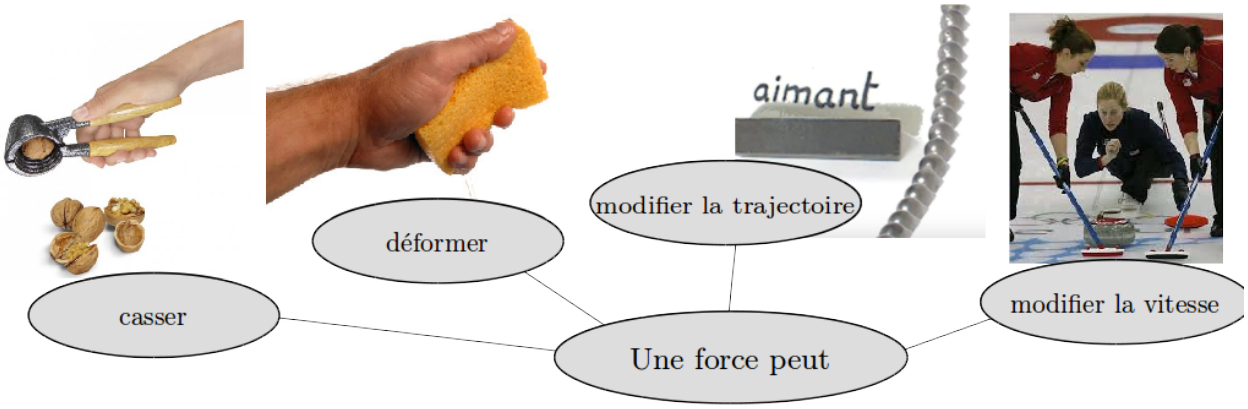


FIGURE 7.4 – L'action d'une force peut déformer un objet, voir le casser, modifier sa vitesse ou encore modifier sa trajectoire.

Mesure n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Masse (en kg)	0	0,03	0,06	0,15	0,2	0,24	0,3	0,38	0,5
Poids (en N)	0	0,3	0,5	1,4	1,9	2,2	2,8	3,8	4,8
Rapport P/m (en N/kg)	/	10,3	9,61	9,9	9,8	9,3	9,6	10,1	9,6

TABLE 7.1 – Résultats d'un élève.

1. On observe que, lorsque la masse augmente, le poids augmente aussi.
2. Voir ci-contre.
3. Tous les points du graphiques sont répartis le long d'une droite qui passe par l'origine. On en déduit que le poids est proportionnel à la masse.
4. . Les résultats de cette question sont situés dans la quatrième ligne du tableau ci-dessus. On observe que toutes les valeurs sont proches (à 0,5 N/kg près) de la valeur de g qui est de 9,8 N/kg. De plus, on voit que le rapport P/m a pour unité le N/kg tout comme g.
5. Étant donnée la réponse à la question précédente, on en déduit que

$$P = m \times g$$

où P s'exprime en newton (N), m en kg et g en N/kg.

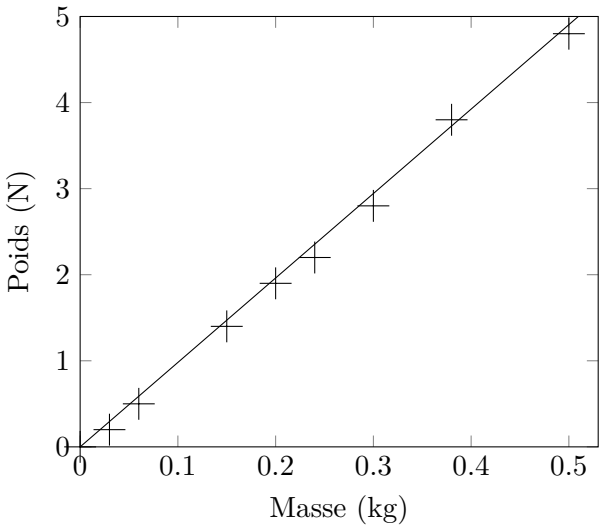


FIGURE 7.6 – Évolution du poids ne fonction de la masse. Les croix représentent les points expérimentaux de la table 7.1 et la droite une régression linéaire. Le coefficient directeur de la droite est 9,8 N/kg.

Conclusion :

— *La masse* d'un objet mesure simplement la quantité de matière contenue dans cet objet c'est à dire la masse des particules qui constituent cet objet [4]. La masse s'exprime en kg et se note souvent m.

— *Le poids* mesure la force d'attraction qu'exerce un astre sur un objet : il dépend de l'astre et de la masse de l'objet. Le poids s'exprime en newton (symbole N) et se note souvent P.

TP cours: quelle relation y a-t-il entre masse et poids ?

Répondre sur le cahier. À la fin de l'heure, des cahiers seront ramassés et l'activité évaluée.

Protocole expérimental.

☞ Mesurer la masse d'un objet avec la balance. La convertir en kilogramme.

☞ Mesurer ensuite son poids en Newton à l'aide du dynamomètre.

☞ Effectuer de la même manière des mesures de masses et de poids en faisant des associations d'objets. Réaliser au moins 6 mesures.

☞ Noter les résultats dans un tableau.

Questions

1. Comment évolue le poids lorsque la masse augmente ?
2. Tracer le graphique représentant l'évolution du poids en fonction de la masse.
   ✏ *Échelle : 1 cm pour 0,2 N en ordonnée et 1cm pour 0,02 kg en abscisse.*
3. Le poids et la masse sont-ils proportionnels ? Justifier la réponse.
4. Pour chaque objet, calculer le rapport poids/masse en arrondissant les résultats au dixième. Comparer cette valeur à celle de l'intensité de pesanteur moyenne sur Terre.
5. Énoncer la relation mathématiques qui lie le poids P, la masse m et l'intensité de pesanteur g. Préciser les unités.

⚛ l'intensité de pesanteur est une grandeur physique, notée g, qui s'exprime en N/kg.
Sa valeur sur Terre est 9,8 N/kg.

FIGURE 7.5 – Énnoncé du TP donné aux élèves.

Dans un champs gravitationnel g, la relation liant la masse et le poids est

$$P = m \times g \tag{7.2}$$

où le poids P s'exprime en newton (N), la masse m s'exprime en kg et le champs gravitationnel g s'exprime en N/kg.

Bibliographie

[1] Tony Leparoux. Forces et interactions. *Mouvements 2016-2017, Physikos*, consulté le 02/02/2020. URL `http://physikos.free.fr/file/0111-3eme/mouvement%20et%20interactions/2-chap2-forces-et-interaction/chapitre%202%20force%20interaction%202016.pdf`.

[2] Mazarine Daniel. Cours de physique de 3e. *collège de Mantes-La-Jolie*, 2019.

[3] Alessandro Roussel. La gravité selon Newton. *ScienceClic*, consulté le 21/02/2020. URL `youtube.com/watch?v=mZWA2UetWAg`.

[4] Christophe David. La masse et le poids. *La physique c'est fantastique* , consulté le 21/02/2020. URL `http://phys.free.fr/`.

[5] Thierry Dulaurans *et al. Physique-Chimie 3e.* Hachette, 2017.

[6] Christophe Daujean *et al. Microméga - Physique-Chimie Cycle 4.* Hatier, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— connaître le principe des actions réciproques : si A agit sur B alors B agit aussi sur A avec la même force,
— connaître 3 interactions à distance et donner des exemples d'interactions de contact,
— savoir réaliser un DOI et représenter une force par une flèche (point d'application, direction, sens, valeur),
— pouvoir expliquer les différents effets que peut avoir une force,
— lorsque la formule est donnée, savoir calculer une interaction gravitationnelle entre deux objets,
— savoir définir et différencier masse et poids,
— connaître et savoir utiliser la formule $P = m \times g$,
— savoir que l'intensité de pesanteur sur Terre est de un peu moins de 10N/kg (9,81N/kg).

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

— l'activité 1 ainsi que la correction et le point cours suivant,
— la partie 3 sur les forces et leurs effets,
— l'activité sur le système solaire et la force d'interaction gravitationnelle,
—
— la bibliographie et les attendus de cours,

Activité 1 du chapitre 7 : le diagramme objet-interactions

Document 1 : des photographies

Femme sur une slackline.

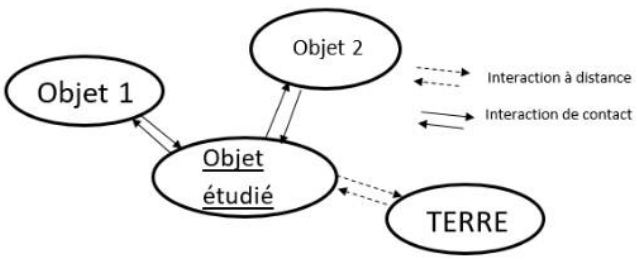
Le ballon de rugby avant le drop.

Le vent gonfle les voiles du Black Pearl.

L'étoile de la mort en lévitation magnétique.

Document 2 : le diagramme objet-interactions

Un objet peut être soumis à plusieurs actions mécaniques.
Pour établir un bilan de toutes les actions mécaniques qui s'exercent sur l'objet, on utilise souvent un **diagramme objet-interactions** :



L'objet étudié est souligné et écrit dans une bulle au centre.

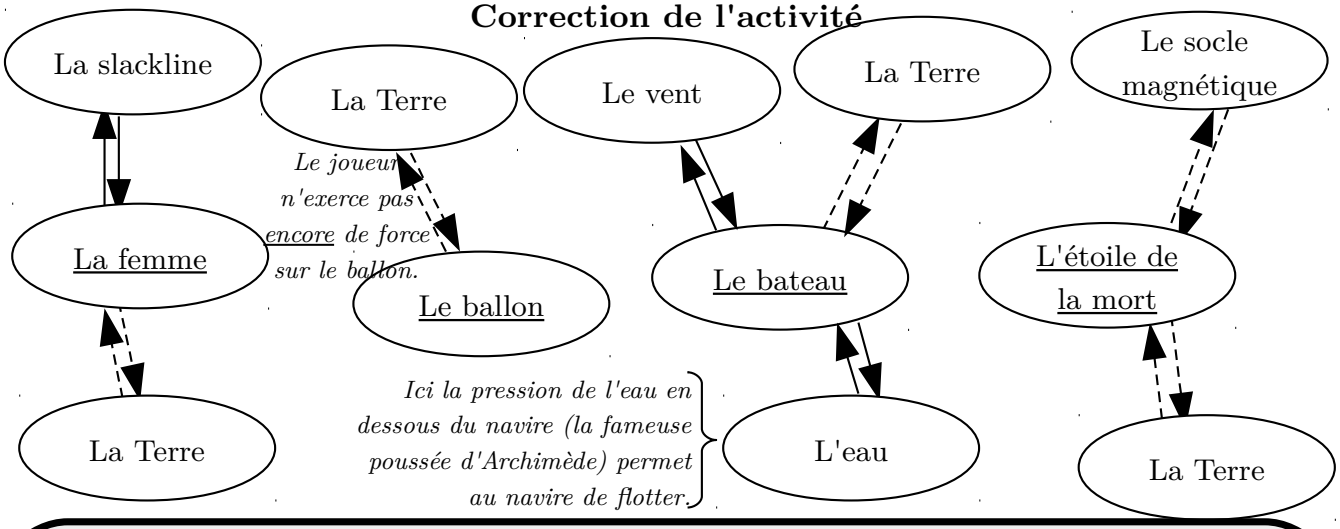
On place tous les objets en interaction dans des bulles.

Les interactions de contacts sont représentées avec une double flèche pleine.

Les interactions à distance sont représentées avec une double flèche en pointillés.

Consigne : réaliser le DOI des 4 photos ci-dessus.

Correction de l'activité



Point cours

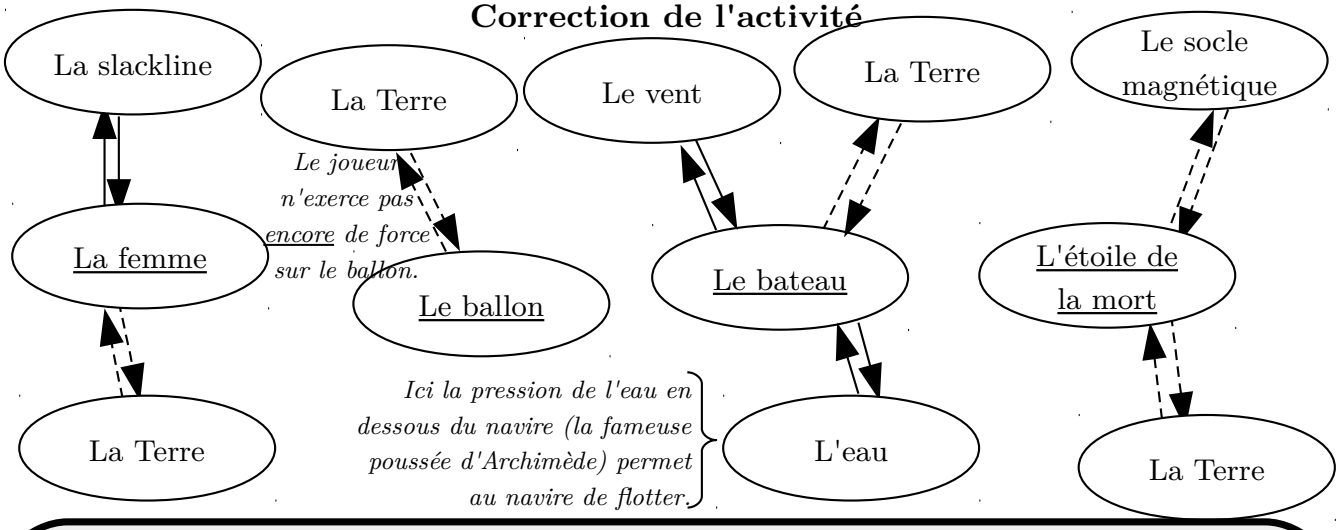
On représente les interactions subies par un objet avec un DOI (Diagramme Objet Interactions). Pour le construire :

1. Placer **l'objet étudié** (le système étudié) dans un cercle et le _____
2. Dans des bulles, représenter TOUS les corps/objets interagissants avec le _____ étudié.
3. Relier le système aux autres corps avec

des doubles flèches en **pointillée** pour les interactions à _____,

des doubles flèches **pleines** pour les interactions de _____.

Correction de l'activité



Point cours

On représente les interactions subies par un objet avec un DOI (Diagramme Objet Interactions). Pour le construire :

1. Placer **l'objet étudié** (le système étudié) dans un cercle et le _____
2. Dans des bulles, représenter TOUS les corps/objets interagissants avec le _____ étudié.
3. Relier le système aux autres corps avec

des doubles flèches en **pointillée** pour les interactions à _____,

des doubles flèches **pleines** pour les interactions de _____.

III. Les forces et leurs effets

1. La force

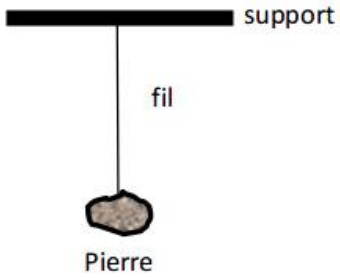
On modélise une action mécanique par une FORCE représentée par une flèche (vecteur) qui possèdent 4 caractéristiques :

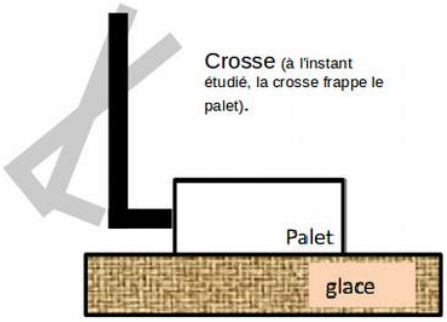
- une _____ - - - - - - - - - -
- un _____ →
- un _____ × (origine)
  - ⋆ qui est le _____ pour les actions de contact,
  - ⋆ qui est le _____ pour les actions à distance
- une valeur (ou intensité) exprimée en _____ qui fixe la taille de la flèche.

La valeur d'une force se mesure avec un _____ (voir ci-contre).

Exercice : construire le DOI de l'objet Pierre puis celui de l'objet Palet. Ensuite, représenter les forces qui s'exercent sur les deux objets. On prendra chaque force égale à 10N sauf celle de la crosse sur le palet qui est de 20N.

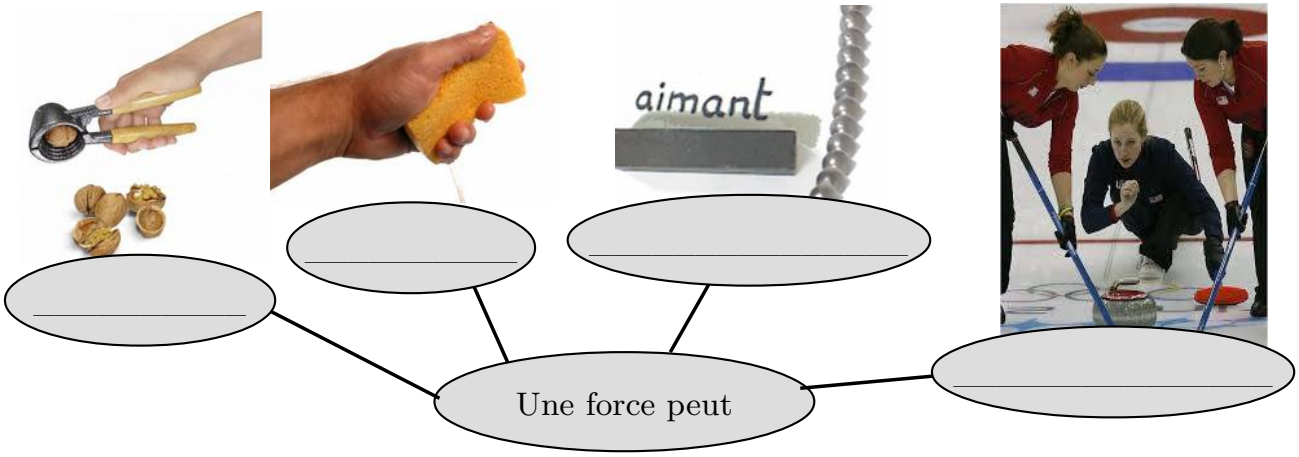
Échelle : 2cm = 10N.





2. Effets d'une force

Compléter le schéma avec les assertions suivantes déformer / briser / modifier la trajectoire / modifier la vitesse.



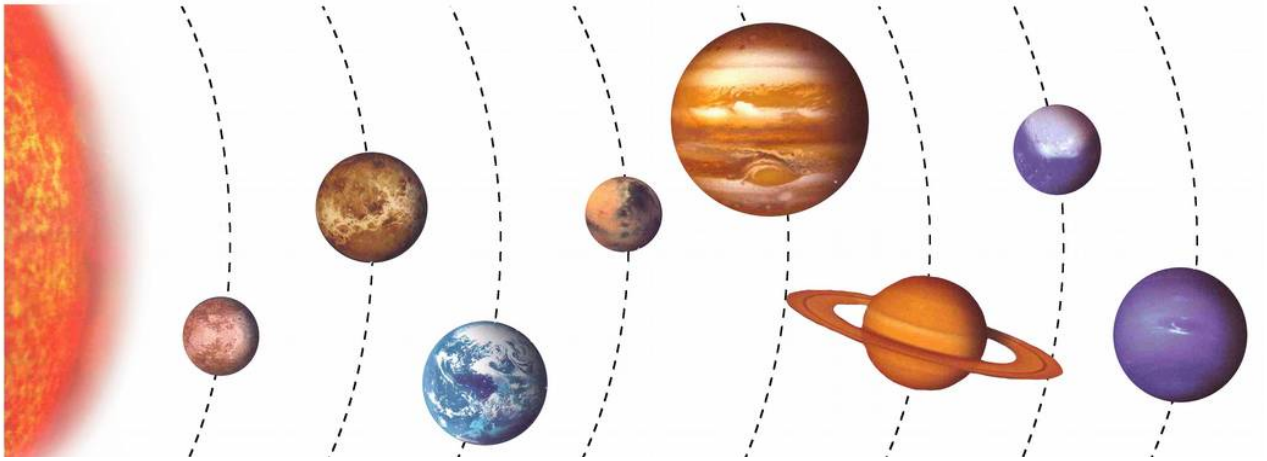
Si un objet est en équilibre, alors les forces qui s'exercent sur lui se **compensent**. Ces deux forces ont donc

– la même direction / une direction différente
– la même valeur / une valeur différente
– le même sens / des sens opposés.

Activité : le système solaire et la force d'interaction gravitationnelle

1. Les planètes du système solaire

Indiquer le nom de chacune des planètes du système solaire ci-dessous.



2. L'interaction gravitationnelle

Suite au visionnage de la vidéo, répondre au QCM.

Notations : dans tous l'exercice – et de manière générale -- on note,

m_A = masse de A ; V_A = volume de A ; m_B = masse de B ; V_B = volume de B ;

d_{AB} = distance entre A et B ; R_A = rayon de A ; R_B = rayon de B ;

$F_{A\to B}$ = force gravitationnelle qu'exerce A sur B ; $F_{B\to A}$ = force gravitationnelle qu'exerce B sur A.

1. Deux corps vont interagir l'un avec l'autre via interaction gravitationnelle si

☐ ils ont une masse, ☐ ils ont un volume, ☐ ils ont une charge électrique.

2. La force de gravitation est

☐ répulsive, ☐ attractive.

3. La force de gravitation entre deux corps A et B dépend

☐ du volume de A ☐ de la masse de B ☐ de la distance d_{AB} ☐ du rayon de A

4. Si la distance entre A et B augmente,

☐ $F_{A\to B}$ diminue, ☐ $F_{A\to B}$ augmente, ☐ $F_{A\to B}$ reste la même.

5. Si le volume de A augmente mais sa masse reste constante,

☐ $F_{A\to B}$ diminue, ☐ $F_{A\to B}$ augmente, ☐ $F_{A\to B}$ reste la même.

6. Si la masse de A augmente et son volume reste constant tout comme la distance entre A et B

☐ $F_{A\to B}$ diminue, ☐ $F_{A\to B}$ augmente, ☐ $F_{A\to B}$ reste la même.

7. Si A est plus lourd que B alors

☐ $F_{A\to B} > F_{B\to A}$; ☐ $F_{A\to B} < F_{B\to A}$; ☐ ça change rien : $F_{A\to B} = F_{B\to A}$

8. Étant données vos dernières réponses, quelle est l'unique formule qui donne la force gravitationnelle $F_{A\to B}$ qu'exerce A sur B ? G est la constante de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N\cdot m^2/kg^2}$.

☐ $F_{A\to B}=G\times\frac{m_A\times m_B}{d_{AB}^2}$ ☐ $F_{A\to B}=G\times\frac{d_{AB}^2}{m_A\times m_B}$ ☐ $F_{A\to B}=G\times\frac{m_A\times d_{AB}^2}{m_B}$

9. Le poids d'un humain sur la Terre est plus élevé que sur la lune

☐ Vrai ☐ Faux

Pourquoi ?

TP cours: quelle relation y a-t-il entre masse et poids ?

Répondre sur le cahier. À la fin de l'heure, des cahiers seront ramassés et l'activité évaluée.

Protocole expérimental.

☞ Mesurer la masse d'un objet avec la balance. La convertir en kilogramme.

☞ Mesurer ensuite son poids en Newton à l'aide du dynamomètre.

☞ Effectuer de la même manière des mesures de masses et de poids en faisant des associations d'objets. Réaliser au moins 6 mesures.

☞ Noter les résultats dans un tableau.

Questions

1. Comment évolue le poids lorsque la masse augmente ?
2. Tracer le graphique représentant l'évolution du poids en fonction de la masse.
   - ✏ *Échelle : 1 cm pour 0,2 N en ordonnée et 1cm pour 0,02 kg en abscisse.*
3. Le poids et la masse sont-ils proportionnels ? Justifier la réponse.
4. Pour chaque objet, calculer le rapport poids/masse en arrondissant les résultats au dixième. Comparer cette valeur à celle de l'intensité de pesanteur moyenne sur Terre.
5. Énoncer la relation mathématiques qui lie le poids P, la masse m et l'intensité de pesanteur g. Préciser les unités.

⚛ l'intensité de pesanteur est une grandeur physique, notée g, qui s'exprime en N/kg.
Sa valeur sur Terre est 9,8 N/kg.

TP cours: quelle relation y a-t-il entre masse et poids ?

Répondre sur le cahier. À la fin de l'heure, des cahiers seront ramassés et l'activité évaluée.

Protocole expérimental.

☞ Mesurer la masse d'un objet avec la balance. La convertir en kilogramme.

☞ Mesurer ensuite son poids en Newton à l'aide du dynamomètre.

☞ Effectuer de la même manière des mesures de masses et de poids en faisant des associations d'objets. Réaliser au moins 6 mesures.

☞ Noter les résultats dans un tableau.

Questions

1. Comment évolue le poids lorsque la masse augmente ?
2. Tracer le graphique représentant l'évolution du poids en fonction de la masse.
   - ✏ *Échelle : 1 cm pour 0,2 N en ordonnée et 1cm pour 0,02 kg en abscisse.*
3. Le poids et la masse sont-ils proportionnels ? Justifier la réponse.
4. Pour chaque objet, calculer le rapport poids/masse en arrondissant les résultats au dixième. Comparer cette valeur à celle de l'intensité de pesanteur moyenne sur Terre.
5. Énoncer la relation mathématiques qui lie le poids P, la masse m et l'intensité de pesanteur g. Préciser les unités.

⚛ l'intensité de pesanteur est une grandeur physique, notée g, qui s'exprime en N/kg.
Sa valeur sur Terre est 9,8 N/kg.

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Forces et interactions*, `physikos.free.fr`, consulté le 2/02/2020.
[2] Daniel M., *Cours de physique de 3e* , collège de Mantes-La-Jolie, 2019.
[3] David Ch., *La masse et le poids*, `phys.free.fr/maspoids.htm`, consulté le 21/02/2020.
[4] Roussel A., *La gravité selon Newton,* `youtube.com/watch?v=mZWA2UetWAg`, ScienceClic, consulté le 21/02/2020.
[5] Dulaurans Th. e*t al*, *Physique-chimie 3e,* Hachette Éducation, mars 2017.
[6] Daujeau Ch. e*t al*, *Microméga Physique Chimie 3e*, Hatier, avril 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra
– connaître le principe des actions réciproques : si A agit sur B alors B agit aussi sur A avec la même force,
– connaître 3 interactions à distance et donner des exemples d'interactions de contact,
– savoir réaliser un DOI et représenter une force par une flèche (point d'application, direction, sens, valeur),
– pouvoir expliquer les différents effets que peut avoir une force,
– lorsque la formule est donnée, savoir calculer une interaction gravitationnelle entre deux objets,
– savoir définir et différencier masse et poids,
– connaître et savoir utiliser la formule $P = m \times g$
– savoir que l'intensité de pesanteur sur Terre est de un peu moins de 10N/kg (9,81N/kg).

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Forces et interactions*, `physikos.free.fr`, consulté le 2/02/2020.
[2] Daniel M., *Cours de physique de 3e* , collège de Mantes-La-Jolie, 2019.
[3] David Ch., *La masse et le poids*, `phys.free.fr/maspoids.htm`, consulté le 21/02/2020.
[4] Roussel A., *La gravité selon Newton,* `youtube.com/watch?v=mZWA2UetWAg`, ScienceClic, consulté le 21/02/2020.
[5] Dulaurans Th. e*t al*, *Physique-chimie 3e,* Hachette Éducation, mars 2017.
[6] Daujeau Ch. e*t al*, *Microméga Physique Chimie 3e*, Hatier, avril 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra
– connaître le principe des actions réciproques : si A agit sur B alors B agit aussi sur A avec la même force,
– connaître 3 interactions à distance et donner des exemples d'interactions de contact,
– savoir réaliser un DOI et représenter une force par une flèche (point d'application, direction, sens, valeur),
– pouvoir expliquer les différents effets que peut avoir une force,
– lorsque la formule est donnée, savoir calculer une interaction gravitationnelle entre deux objets,
– savoir définir et différencier masse et poids,
– connaître et savoir utiliser la formule $P = m \times g$
– savoir que l'intensité de pesanteur sur Terre est de un peu moins de 10N/kg (9,81N/kg).

Bibliographie

[1] T. Leparoux, *Forces et interactions*, `physikos.free.fr`, consulté le 2/02/2020.
[2] Daniel M., *Cours de physique de 3e* , collège de Mantes-La-Jolie, 2019.
[3] David Ch., *La masse et le poids*, `phys.free.fr/maspoids.htm`, consulté le 21/02/2020.
[4] Roussel A., *La gravité selon Newton,* `youtube.com/watch?v=mZWA2UetWAg`, ScienceClic, consulté le 21/02/2020.
[5] Dulaurans Th. e*t al*, *Physique-chimie 3e,* Hachette Éducation, mars 2017.
[6] Daujeau Ch. e*t al*, *Microméga Physique Chimie 3e*, Hatier, avril 2017.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra
– connaître le principe des actions réciproques : si A agit sur B alors B agit aussi sur A avec la même force,
– connaître 3 interactions à distance et donner des exemples d'interactions de contact,
– savoir réaliser un DOI et représenter une force par une flèche (point d'application, direction, sens, valeur),
– pouvoir expliquer les différents effets que peut avoir une force,
– lorsque la formule est donnée, savoir calculer une interaction gravitationnelle entre deux objets,
– savoir définir et différencier masse et poids,
– connaître et savoir utiliser la formule $P = m \times g$
– savoir que l'intensité de pesanteur sur Terre est de un peu moins de 10N/kg (9,81N/kg).

Chapitre 8

Conversion d'énergie

"Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme" (Lavoisier).

8.1 Énergie, énergie cinétique et énergie potentielle

En physique, l'énergie est une mesure de la capacité d'un système à modifier son environnement, son état, sa trajectoire etc. L'unité de l'énergie est le **joule** (J).
Par exemple, il faut de l'énergie pour monter un canapé au deuxième étage du collège. Mais aussi de l'énergie pour mettre un objet en mouvement. On appelle ainsi *l'énergie cinétique* et l'*énergie potentielle* ces deux types d'énergie.
Là encore, nous serons amenés à utiliser le kJ (kiloJoule) qui vérifie comme toujours

$$1\text{kJ} = 1000\text{J}. \tag{8.1}$$

kJ			J
1	0	0	0

TABLE 8.1 – Tableau de conversion entre kJ et J.

8.1.1 Énergie cinétique

Un corps en mouvement possède une énergie qu'on appelle énergie cinétique. On note souvent l'énergie cinétique E_c et, pour un objet de masse m et se déplaçant à la vitesse v, l'énergie cinétique s'écrit

$$E_c = \frac{1}{2}m \times v^2. \tag{8.2}$$

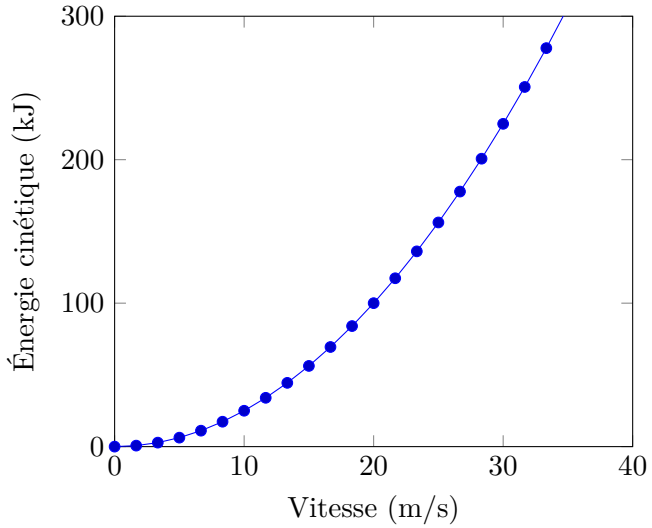


FIGURE 8.1 – Évolution de l'énergie cinétique d'une voiture de 500kg en fonction de sa vitesse. Rappel : 20m/s=72km/h.

8.1.2 Énergie potentielle de pesanteur

Un corps en altitude par rapport au sol possède une énergie potentielle de pesanteur E_p. Cette énergie dépend de

- la planète où il est, donc l'intensité de pesanteur g,
- sa hauteur par rapport au sol h,
- sa masse m.

On a ainsi tout simplement

$$E_p = m \times g \times h. \tag{8.3}$$

Ainsi, plus on est haut par rapport au sol, plus notre énergie potentielle de pesanteur est importante.

FIGURE 8.2 – Juste avant de plonger, l'énergie potentielle du plongeur de 60kg, s'il est à 5m, est égale à $E_p = 60 \times 10 \times 5 = 3000\text{J} = 3\text{kJ}$.

8.2 Transfert énergétique

8.2.1 Conservation de l'énergie

Expérience : un plongeur de 60 kg se laisse tomber d'un plongeoir de 5 mètres. On relève sa position et sa vitesse en fonction du temps : la figure 8.3 trace l'évolution de son énergie cinétique et de son énergie potentielle en fonction du temps

Observation : Juste avant de tomber, son énergie potentielle de pesanteur est de 3kJ. Il se laisse ensuite tomber : sa hauteur diminue et il perd donc de l'énergie potentielle de pesanteur comme on peut le voir sur la courbe bleue de la figure 8.3. En revanche, sa vitesse augmente et il gagne donc de l'énergie cinétique (courbe rouge). Si on fait la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle (courbe noire), on peut observer que celle-ci est constante : **toute** l'énergie potentielle de pesanteur s'est transformée en énergie cinétique. Il y a **conservation de l'énergie**.

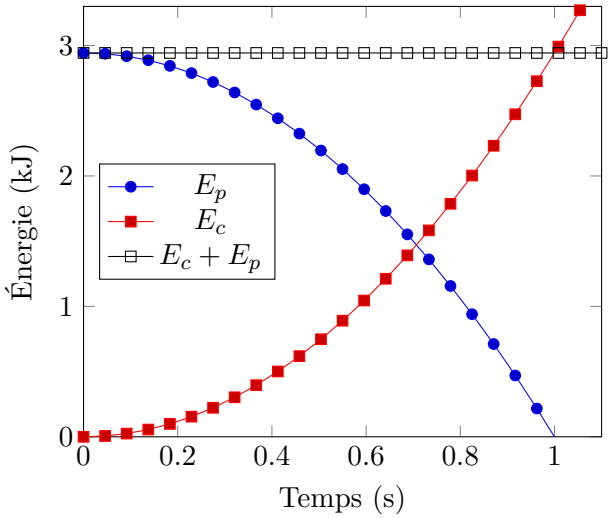


FIGURE 8.3 – À gauche, évolution de l'énergie du plongeur ci-dessus lors du saut. L'énergie potentielle de pesanteur (E_p) est représentée en bleue : elle décroît puisque, lors du, saut, la hauteur du plongeur diminue. L'énergie cinétique est représentée en rouge . Celle-ci augmente. En effet, l'énergie potentielle de pesanteur du plongeur est convertie en énergie cinétique au cours de la chute..

Conclusion : si il n'y a pas de frottement, de *dissipation d'énergie*, lorsqu'un objet chute, la somme de son énergie potentielle de pesanteur et de son énergie cinétique se conserve.
Mathématiquement, cette conservation se note

$$E_c + E_p = \text{constante}. \tag{8.4}$$

Analogie : comme pour les atomes qui se conservent dans une réaction chimique, l'énergie ne se perd pas et ne se crée pas mais se transforme : l'énergie potentielle de pesanteur se transforme en énergie cinétique. En physique, l'énergie se conserve et en chimie, la matière se conserve !

"Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme" (Lavoisier).

8.2.2 Expérience : étude du saut de Felix Baumgartner

En 2012, Felix Baumgartner a sauté d'une hauteur de 39km. Ce jour, il a battu plusieurs record dont celui de la chute libre la plus haute jamais réalisée ainsi que la vitesse de chute libre

la plus importante. Il fut également le premier humain à franchir la vitesse du son sans l'assistance d'une machine [1]. Grâce aux capteurs embarqué dans sa combinaison, nous avons eu accès à sa position et sa vitesse en fonction du temps et il a donc été possible de calculer son énergie cinétique et son énergie potentielle de pesanteur au fur et à mesure de sa chute. Ci-dessous, il est représenté l'évolution de son altitude en fonction du temps.

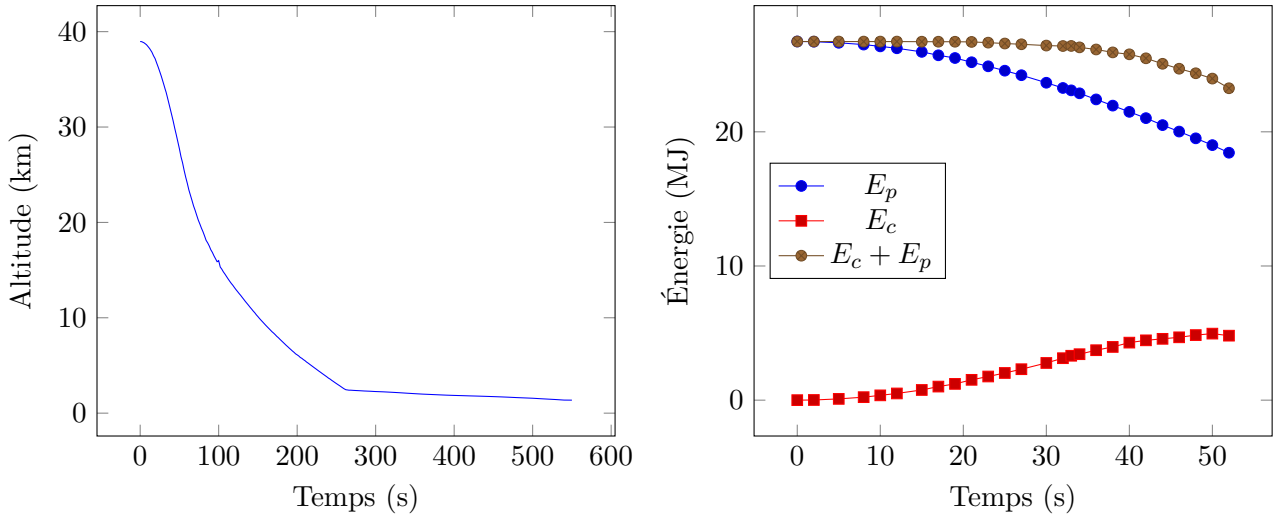
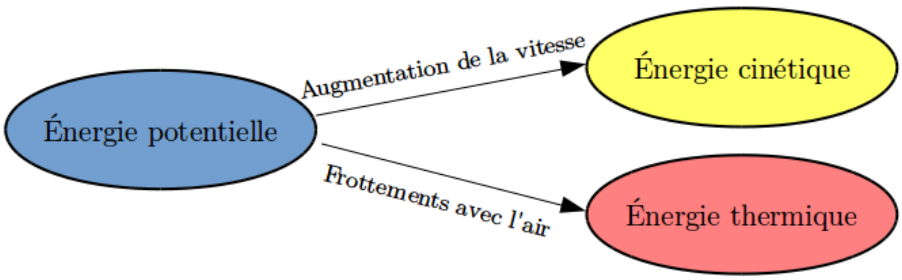


FIGURE 8.4 – À gauche, évolution de l'altitude de Felix Baumgartner lors de son saut de 39km de haut. À droite, évolution de l'énergie cinétique E_c (carrés rouges), de l'énergie potentielle E_p (ronds bleus) et de l'énergie mécanique $E_m = E_c + E_p$ (ronds marrons) lors de la chute. Notée que l'énergie est graduée en mégaJoule ($1\text{MJ} = 10^6\text{J}$). Les données sont tirées de [1].

Sur la figure 8.4, la courbe donnant l'évolution de l'altitude marque un un coude aux alentours de 270 secondes : il s'agit du moment où le sauteur déploie son parachute. Nous allons maintenant nous intéresser aux trois courbes de droite, qui montrent l'évolution de l'énergie cinétique (carrés rouges) ; de l'énergie potentielle (ronds bleus) et de l'énergie mécanique (ronds marrons) de Felix Baumgartner sur les 50 premières secondes de sa chute.

Lors du saut, Felix perd de l'altitude et donc son énergie potentielle de pesanteur diminue. Cependant, cette énergie potentielle se transforme en énergie cinétique (la courbe rouge augmente). Au début du saut, on observe que l'énergie mécanique est constante : cela signifie que **toute** l'énergie potentielle de pesanteur est transformée en énergie cinétique.
Cependant, on remarque après 25 secondes que l'énergie mécanique diminue. Toute l'énergie potentielle n'est pas transformée en énergie cinétique : une partie est dissipée. En effet, lorsqu'un corps se déplace avec une grande vitesse dans de l'air, il dissipe un partie non négligeable de son énergie dans les frottements.



8.2.3 Transfert et conversion d'énergie

L'énergie ne peut être ni crée, ni détruite. Elle ne peut que être transférée d'un corps à un autre ou convertie d'une forme à une autre.
On parle de **transfert d'énergie** lorsque deux corps s'échangent de l'énergie : l'un en perd et l'autre en gagne. C'est le cas par exemple de la boule de gauche du pendule de Newton qui, en tapant les boules, transfert son énergie cinétique à la boule de droite.
On parle de **conversion d'énergie** lorsque l'énergie change de forme. On représente alors cette conversion par une *chaîne énergétique*.

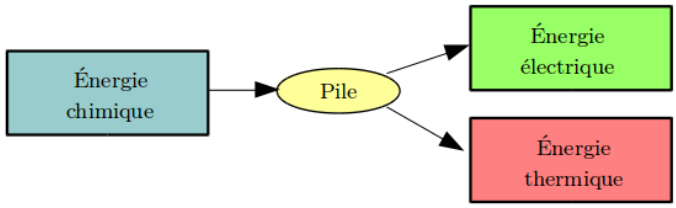


FIGURE 8.5 – Chaîne énergétique d'une pile. Les molécules à l'intérieur de la pile se réarrangent ce qui est à l'origine d'un mouvement d'électrons. L'énergie chimique est donc transformée en énergie électrique mais aussi en partie en énergie thermique (la pile chauffe).

Une chaîne énergétique illustre le **principe de conservation de l'énergie**. Une partie de l'énergie reçue par le convertisseur (l'énergie exploitée) est convertie en énergie exploitable (énergie utile). Le reste de l'énergie reçue est dissipé en général sous forme d'énergie thermique (énergie dissipée). La conservation de l'énergie se traduit par la relation :

$$E_{\text{exploitée}} = E_{\text{utile}} + E_{\text{dissipée}} \tag{8.5}$$

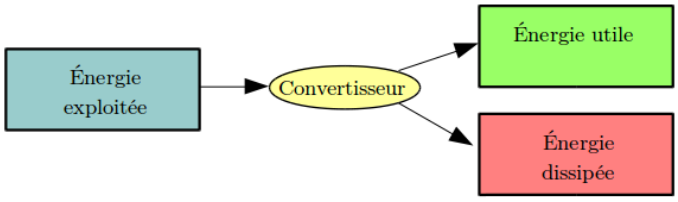


FIGURE 8.6 – Allure générale d'une chaîne énergétique. Tirée de [2]

.

8.3 La puissance

La puissance d'un convertisseur caractérise son aptitude à convertir l'énergie rapidement. Elle s'exprime en watt (W).
Par exemple, un appareil à raclette transforme l'énergie électrique en énergie thermique La puissance de l'appareil ci-contre est 1050 W aussi cela signifie que cet appareil chauffera plus vite qu'un autre dont la puissance serait de 750W.

L'énergie E consommée (ou produite) par un appareil de puissance $\mathcal{P}$ est liée à sua durée de fonctionnement t par la relation

$$E = \mathcal{P} \times t \tag{8.6}$$

où E s'exprime en Joules (J), $\mathcal{P}$ en Watt (W) et t en secondes (s).

Nota Bene : Il est également possible d'utiliser d'autres unités qui sont plus adaptées aux appareils électriques. On exprime alors l'énergie en kilowattheure (kWh), la puissance en kilowatt (kW) et le temps en heures (h).

Bibliographie

[1] Science World. Stratos jump data analysis, consulté le 22/03/2020. URL `https://www.scienceworld.ca/resource/stratos-jump-data-analysis`.

[2] Thierry Dulaurans *et al. Physique-Chimie 3e.* Hachette, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— savoir que l'énergie s'exprime en joules (J) et la puissance en watts (W),

— savoir calculer l'énergie cinétique d'un corps,

— savoir calculer l'énergie potentielle de pesanteur d'un corps,

— savoir que s'il n'y a pas de frottement, l'énergie potentielle de pesanteur se convertie entièrement (sans dissipation) en énergie cinétique et inversement,

— savoir réaliser une chaîne énergétique et que l'énergie exploitée se transforme en énergie utile et énergie dissipée.

Suppléments : correction d'exercices par les élèves

Exercice 18 p. 119

Correction par Eliott

1. La valeur de l'énergie potentielle de la championne en bas de la rampe est de 0 en effet en bas de la rampe elle n'a plus aucune énergie potentielle car la surface est plate.
2. La valeur de l'énergie cinétique est de 5200 joules en effet dans la descente l'énergie potentielle est devenue de l'énergie cinétique et comme l'énergie potentielle était de 5200 joules l'énergie cinétique est de 5200 joules.

Exercice 19 p. 119

Correction par Elias

Le skieur ne peut pas aller du point A au point B car comme le point B est plus haut que le point A, il n'aura pas assez d'énergie cinétique pour monter la pente avec l'élan qu'il prend entre le point A et B.

Exercice 20 p. 119

Exercice 24 p. 121

Correction par Joseph

1. L'énergie cinétique perdue lors du freinage de n'importe quel véhicule est sous la forme d'énergie thermique.
2. La conversion d'énergie qui a lieu lors du freinage avec le système SRE est une partie de l'énergie cinétique convertit en énergie électrique.
3. La conversion d'énergie qui a lieu lors de l'utilisation du système SRE pour faire accélérer la voiture passe d' énergie électrique en énergie cinétique.

Exercice 26 p. 121

Correction par Nicolas

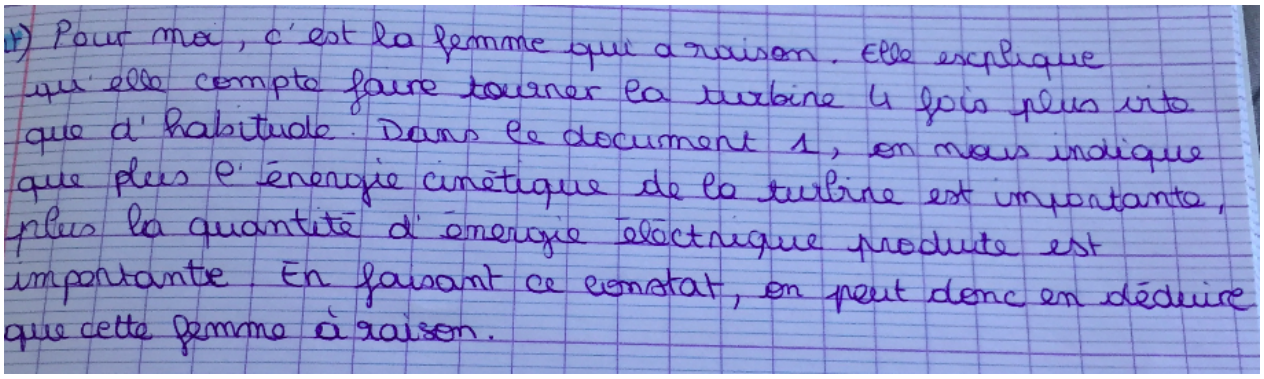
1. L'énergie dégagée par la bombe d'Hiroshima est de l'ordre de grandeur de $6,3 \times 10^{13}$ Joules.
2. La formule de l'énergie cinétique est

$$E_c = \frac{1}{2} \times masse \times vitesse^2$$

   on connaît la masse qui est de $3,2x10^{15}$ et l'énergie cinétique qui est de 10^{24} joules. Donc pour trouver la vitesse au carré on effectue $V^2 = (E_c \times 2)/(M \times 1)$ ce qui donne $V^2 = (10^24 \times 2)/(3,2 \times 10^15) = 6,25 \times 10^8 m/s$. Pour trouver ensuite la vitesse on effectue la racine carré de $6,25 \times 10^8$ ce qui donne 25 000 m/s.
3. 25 000 m/s = 90 000 000 m/h =90 000 km/h.

Exercice 27 p. 122

Correction par Eunice



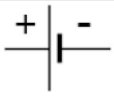
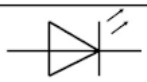
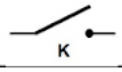
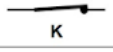
En effet, mais il faut justifier votre résultat par un calcul. Pour l'ingénieure, si la vitesse est 4 fois plus grande, l'énergie cinétique ($E_c = \frac{1}{2}mv^2$) sera multipliée par $4^2 = 16$. Pour l'ingénieur, si la masse est 10 fois plus grande, l'énergie cinétique sera multipliée par 10. Comme $16 > 10$ c'est l'ingénieure qui a raison.

Chapitre 9

L'électricité et les lois de l'électricité

Introduction

Les symboles en électricité permettent de visualiser rapidement la composition d'un circuit et ce, malgré les talents (parfois limités) du dessinateur.

Dipôle	Symbole
Pile	
Générateur	
Lampe	
Moteur	
Résistance	
D.E.L.	
Interrupteur ouvert	
Interrupteur fermé	

Définitions

- Un dipôle est un appareil électrique qui a deux pôles (di-pôle) c'est-à-dire qui sera branché à deux fils.
- Un nœud correspond à la borne d'un dipôle à laquelle au moins deux fils de connexion sont reliés.
- Une branche est une portion de circuit délimitée par deux nœuds.
- Une boucle désigne un circuit ou un morceau de circuit qui est fermé et dont les dipôles sont reliés les uns à la suite des autres.
- Dans un *circuit en série*, tous les dipôles sont branchés en série, c'est-à-dire les uns à la suite des autres. L'électricité ne peut alors passer que par un seul chemin.
- Dans un *circuit avec dérivation*, il y a au moins un nœud et deux dipôles au moins sont en dérivation. L'électricité peut ainsi passer par plusieurs chemins.

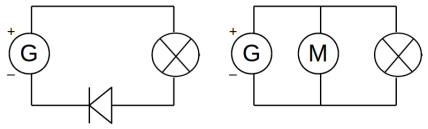


FIGURE 9.1 – À gauche, un circuit en série et à droite, un circuit en dérivation.

9.1 Les grandeurs en électricité

9.1.1 Explication microscopique de l'électricité

Pourquoi un matériau conduit l'électricité et un autre ne la conduit pas ? L'explication est microscopique, et même nanoscopique. Nous avons vu dans le chapitre 1 que les atomes sont constitués d'un noyau et d'électrons qui tournent autour. Dans certains matériaux, les électrons peuvent "sauter" d'atome en atome, de proche en proche. L'humain ne peut bien sûr pas voir ces électrons à l'œil nu mais comme ces électrons sont chargés électriquement (ils sont négatifs), il perçoit le mouvement de ces charges (s'il met le doigts sur la clôture). C'est le courant électrique.

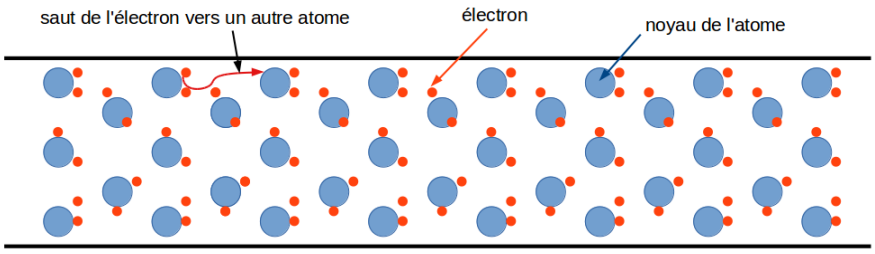


FIGURE 9.2 – Schématisation microscopique d'un fil de fer. Les électrons, chargés négativement, sautent d'atome en atome : c'est le courant électrique.

9.1.2 Tension et intensité

Deux grandeurs sont très importantes et différentes en électricité : la tension et l'intensité. Elles sont *différentes* et il faut bien comprendre leur différence.

L'intensité se note I ou i et se mesure en ampère (de symbole A) avec un ampèremètre.
L'intensité qui traverse un appareil électrique se rapporte au nombre d'électrons qui traverse cet appareil en une seconde. Pour mesurer l'intensité d'un courant électrique, il faut donc placer l'ampèremètre juste avant ou juste après le dipôle dont on veut mesurer le courant électrique. En quelque sort, l'ampèremètre compte les électrons qui passent à travers l'appareil en une seconde ce qui lui permet de mesurer l'intensité.
Le symbole d'un ampèremètre est un rond dans lequel il y a un "A".
Si les électrons se déplacent de la borne − à la borne + de la pile puisqu'ils sont attirés par les charges négatives, l'intensité, *par définition*, est dirigée de la borne + vers la borne −.

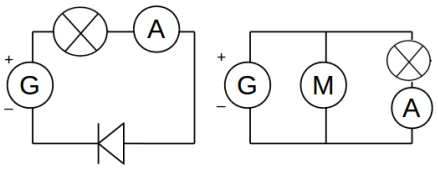


FIGURE 9.3 – l'ampèremètre est placé ci-dessus juste après la lampe afin de mesurer l'intensité qui la traverse.

La tension électrique se note U et se mesure volt (V) avec un voltmètre.
La tension s'appelle également la différence de potentiel. Dans un circuit, le courant électrique a un certain potentiel : la pile ou le générateur donne un certain potentiel aux électrons ce qui leur permet d'alimenter les appareils du circuit électrique. La tension représente donc soit le gain de potentiel de ces électrons (par exemple dans une pile, un générateur) soit la perte de potentiel (par exemple dans une lampe ou un moteur). Pour mesurer une tension, il faut donc brancher chaque fil du voltmètre de chaque côté de l'appareil dont on mesure la tension. Ainsi, le voltmètre fait la différence de potentiel entre *avant* et *après* le passage des électrons dans l'appareil électrique.

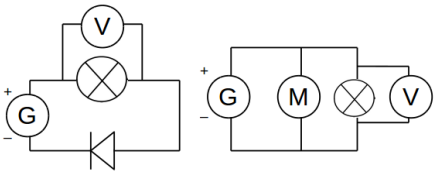


FIGURE 9.4 – les fils reliés au voltmètre sont reliés de chaque côté de l'appareil dont on veut mesurer la tension électrique.

9.2 Les lois de l'électricité

9.2.1 Intensité dans une brache

Dans un circuit en série ou dans une même branche d'un circuit, l'intensité est la même partout. Pour le circuit ci-contre, cette loi s'écrit mathématiquement

$$i_1 = i_2 = i_3 \tag{9.1}$$

Logique ! Dans ce cas, tous les électrons doivent prendre le même chemin. Ils sont comme des humains collés dans un couloir de métro. Si celui tout à l'avant avance de 3 pas, alors celui derrière avance lui aussi de 3 pas. Le nombre d'humains qui rentre sur l'escalator est le même que le nombre qui en sort.

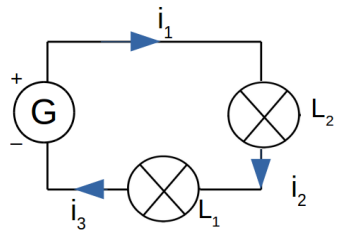


FIGURE 9.5 – Schéma électrique.

9.2.2 Intensité à un nœud

À un nœud, la somme des courants qui arrivent est égale à la somme de ceux qui en partent. Pour le circuit ci-contre, cette loi s'écrit mathématiquement

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad \text{et} \quad i_2 + i_3 = i_4 \tag{9.2}$$

Logique ! Reprenons notre couloir de métro grouillant d'humains. Si 1000 personnes arrivent à une intersection et que 700 prennent le premier chemin, alors les 300 autres prennent le second.

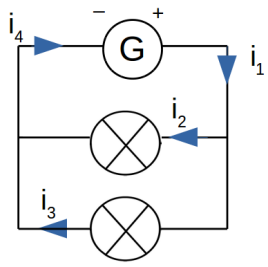


FIGURE 9.6 – Schéma électrique.

9.2.3 Tension dans un circuit en série

Dans un circuit en série, la tension fournie par le générateur se répartie entre les différents dipôles.

$$U_G = U_L + U_d \tag{9.3}$$

Logique ! Les électrons passent par les deux dipôles : la lampe et la diode. Ils utilisent donc une partie de leur potentiel pour alimenter le premier appareil puis une autre partie pour alimenter le deuxième.

Dans ce cas, il faut donc identifier quels sont les dipôles qui fournissent l'électricité et quels sont ceux qui la consomment et ensuite utiliser soigneusement cette loi.

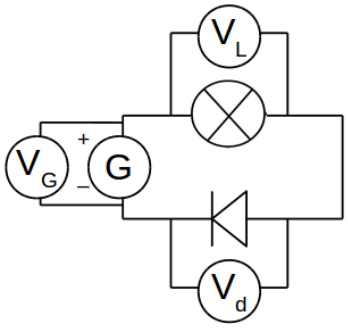


FIGURE 9.7 – Schéma électrique.

9.2.4 Tension dans un circuit en dérivation

Dans un circuit en dérivation, la tension fournie par le générateur est la même partout pour tous les appareils.

$$U_G = U_L = U_M \tag{9.4}$$

Logique ! Cette fois-ci, les électrons passent par une lampe OU par le moteur : il utilisent ainsi tout leur potentiel pour alimenter un appareil. La tension aux bornes de la lampe est donc la même que celle de aux bornes du moteur.

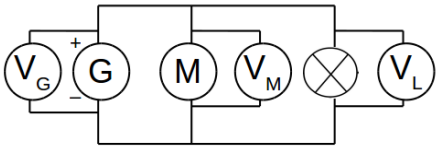


FIGURE 9.8 – Schéma électrique.

9.3 La résistance et la loi d'Ohm

9.3.1 La résistance

Une résistance, dont le symbole est R, est un dipôle qui *résiste* au passage du courant. Son unité est le Ohm, dont le symbole est Ω.
Exemple : la résistance R de ce dipôle est R = 230Ω.

FIGURE 9.9 – Photo d'une résistance. Les traits de différentes couleurs permettent de connaître la résistance. On peut aussi utiliser un ohmmètre, appareil qui permet de mesurer la résistance d'un dipôle.

Plus la résistance d'un dipôle est grande, plus cela signifie que ce dipôle résiste au passage du courant.

Lorsque les électrons se déplacent, ils frottent les atomes qui restent en place. Ces frottements génèrent de la chaleur tout comme le frottement des mains permet de se réchauffer. Cet effet s'appelle **l'effet Joules**.

9.3.2 La loi d'Ohm

Une relation mathématique relie la tension aux bornes d'une résistance à l'intensité qui la traverse. Nous allons donc avec le générateur délivrer différentes tensions et mesurer la tension aux bornes de la résistance ainsi que l'intensité qui la traverse.

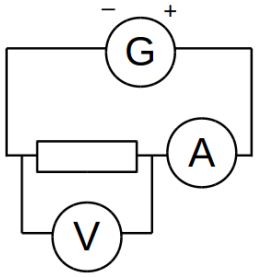


FIGURE 9.10 – Circuit électrique de l'expérience. Le voltmètre permet de mesurer la tension aux bornes de la résistance quand l'ampèremètre permet de mesurer l'intensité qui la traverse.

Expérience : on réalise le circuit dont le schéma est ci-contre. Le voltmètre ainsi placé permet de mesurer la tension aux bornes de la résistance. De plus, le voltmètre possède une résistance ÉNORME ce qui fait qu'il se comporte comme un *mur infranchissable* pour les électrons. Cela signifie que l'intensité du courant qui rentre dans le voltmètre est nul et donc que le courant qui traverse l'ampèremètre est le même que celui qui traverse la résistance. L'ampèremètre mesure donc bien l'intensité traversant la résistance.

Observation : on peut lire sur la résistance $R = 470\Omega$.
En utilisant les différentes tensions proposées par le générateur, on soumet le circuit à 6 tensions différentes. Les données relevés par le voltmètre et l'ampèremètre sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Tension U (V)	3	4,5	6	7,5	9	12
Intensité I (mA)	6	9,4	12,4	15,9	19,7	25,5

TABLE 9.1 – Intensité et tension relevées aux bornes de la résistance dans le montage de l'expérience.

Sur le graphe de la figure 9.11, on a tracé l'évolution de la tension U aux bornes de la résistance en fonction de l'intensité qui la parcourt. Après avoir placé tous les poins, on remarque qu'il est possible de tracer une droite qui passe *à peu près* par chaque point. Cette droite passe également par l'origine : c'est le modèle linéaire. Cela signifie que la tension et l'intensité sont proportionnels aux bornes d'une résistance. On en déduit donc que

$$U = \text{constante} \times I \tag{9.5}$$

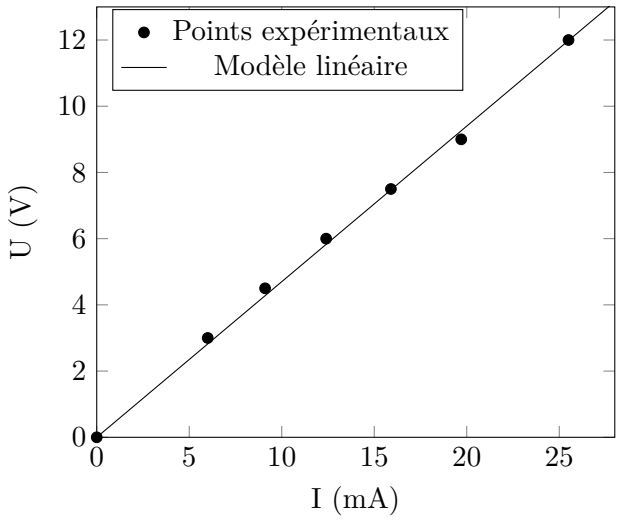


FIGURE 9.11 – Évolution de la tension U aux borne de la résistance en fonction de l'intensité I qui la traverse.

Grâce à un logiciel, on peut trouver la pente qu'à la courbe c'est à dire la valeur de la constante de l'équation 9.5. Il se trouve que cette valeur est 470V/mA. On en déduit que la résistance est le facteur de proportionnalité entre l'intensité qui la traverse et la tension à ses bornes : $U = R \times I$.

Conclusion : La loi d'Ohm s'écrit donc

$$U = R \times I \tag{9.6}$$

où U est la tension (V), I est l'intensité (A) et R la résistance (Ω). Cette relation peut également s'écrire

$$I = \frac{U}{R} \qquad \text{et} \qquad R = \frac{U}{I}. \tag{9.7}$$

Bibliographie

[1] Stéphane Landeau. L'intensité du courant électrique. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 5/12/2019. URL `http://pccollege.fr/quatrieme-2/electricite-les-lois-du-courant-continu/chapitre-i-lintensite-du-courant-electrique/`.

[2] Stéphane Landeau. La tension électrique. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 5/12/2019. URL `http://pccollege.fr/quatrieme-2/electricite-les-lois-du-courant-continu/chapitre-ii-la-tension-electrique/`.

[3] C'est pas sorcier. L'aventure de l'électricité. *France Télévision*, 1997.

[4] C'est pas sorcier. Électricité, quand les branchés disjonctent. *France Télévision*, 1994.

[5] Tony Leparoux. L'intensité électrique. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 6/12/2019. URL `http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre2-l-intensite-electrique/chapitre%202%20l-intensite%20electrique%20%20prof.pdf`.

[6] Tony Leparoux. La tension électrique. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 6/12/2019. URL `http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre%201-la-tension-electrique/chapitre%201%20la%20tension%20electrique%20prof.pdf`.

[7] Tony Leparoux. Résistance et loi d'ohm. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 23/03/2020. URL `http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre4-resistance-et-loi-d-ohm/chapitre%203%20Resistance%20electrique%20et%20loi%20d%20ohm%202013%20prof.pdf`.

[8] Jean-Paul Matthieu, Alfred Kastler, and Pierre Fleury. *Dictionnaire de physique*. Masson, 1985.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— connaître et savoir utiliser les dipôles suivants : pile, générateur, moteur, résistance, DEL, diode, interrupteur ouvert et fermé.

— connaître les définitions du vocabulaire (nœud, branche, circuit en série, dipôles en dérivation, boucle.

— connaître l'explication microscopique de la conduction électrique,

— savoir que l'intensité se mesure en ampère avec un ampèremètre,

— savoir que la tension se mesure en volt avec un voltmètre,

— connaître la loi concernant l'intensité dans un circuit en série ou dans une branche d'un circuit,

— connaître la loi concernant l'intensité à un nœud,

— connaître la loi concernant la tension dans un circuit en série,

— connaître la loi concernant la tension dans un circuit en dérivation,

— connaître et manipuler le vocabulaire suivant : ohm, ohmmètre, résistance,

— savoir pourquoi un fil traversé par un courant électrique émet de la chaleur,

— savoir expliquer l'origine microscopique de l'effet Joules,

— savoir ce qu'est la loi d'Ohm et l'utiliser.

Chapitre 10

Puissance d'un appareil électrique

10.1 Comment produire de l'électricité ?

Pour produire de l'électricité, il faut mettre en mouvement des électrons. Les électrons ont une charge électrique négative : ils sont donc sensibles au champs électromagnétiques. Un aimant crée un fort champs magnétique : lorsque celui-ci se met en mouvement, il peut entraîner les particules chargés autour de lui, donc les électrons. Une manière de produire de l'électricité est donc de faire tourner un aimant au milieu d'une bobine (fils de cuivre enroulés). Le mouvement de l'aimant entraînera le mouvement des électrons et donc produit de l'électricité ! C'est avec ce principe que fonctionnent les lampes dynamo : en tournant la manivelle, nous tournons un aimant qui produit de l'électricité et alimente l'ampoule.
C'est sur ce principe que fonctionnent également les barrages hydroélectrique : l'eau tombe et entraîne des pales lesquelles sont reliées à un électroaimant qui permettra de produire l'électricité. Dans une centrale nucléaire, c'est la chaleur dégagée par la réaction nucléaire qui permet de mettre en mouvement l'électroaimant grâce à de la vapeur d'eau. Sur les deux chaînes d'énergie des figures 10.2 et 10.3, on voit qu'à chaque étape de conversion d'énergie, une partie de l'énergie est dissipée sous forme de chaleur.

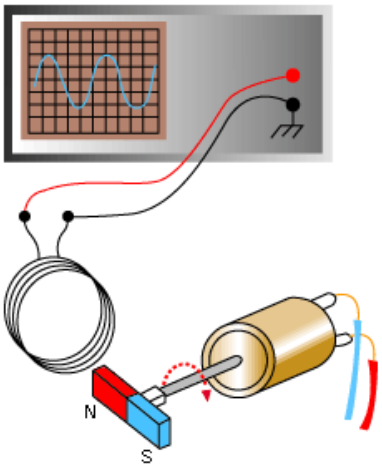


FIGURE 10.1 – Le mouvement de l'aimant provoque le mouvement des électrons et donc un courat électrique. Tiré de [2].

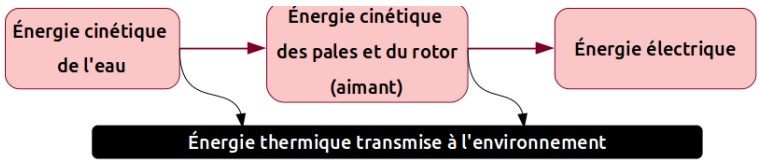


FIGURE 10.2 – Chaîne énergétique de la conversion d'énergie dans un barrage [3]. L'énergie potentielle de pesanteur de l'eau est transformée en énergie cinétique lorsque l'eau tombe puis l'eau transmet cette énergie cinétique aux pâles qui entraîne l'électroaimant qui convertit son énergie cinétique en énergie électrique.

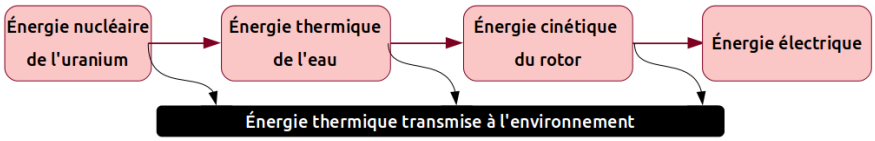


FIGURE 10.3 – Chaîne énergétique de la conversion d'énergie dans une centrale nucléaire. La fission de l'uranium dégage énormément de chaleur ce qui permet de faire évaporer de l'eau. L'eau met alors en mouvement l'électroaimant qui produit l'électricité.

10.2 Relation entre puissance, tension et intensité

Dans le système international, l'unité de la puissance est le watt (W).
Dans un appareil électrique, la puissance reçue par l'appareil est égale au produit de l'intensité qui passe à travers l'appareil par la tension à ses bornes :

$$P = U \times I \tag{10.1}$$

où P est watt, U en volt et I en ampères.
On a donc également,

$$U = \frac{P}{I} \tag{10.2}$$

et

$$I = \frac{P}{U}. \tag{10.3}$$

Au dos de chaque appareil électrique, la fiche signalétique indique

— la puissance de fonctionnement de l'appareil,

— la tension de fonctionnement.

Ainsi, il est possible de savoir quelle est l'intensité qui passe à travers un appareil électrique puisqu'on connaît tension et puissance.

FIGURE 10.4 – Fiche signalétique d'un chauffage d'appoint. La tension de fonctionnement est entre 220 et 240 Hz et la puissance de fonctionnement de l'appareil est de 2000W.

Bibliographie

[1] Jean-Luc Azan *et al.* *Physique Chimie 3e.* Nathan, 2017.

[2] Maxicours. Principe de l'alternateur. URL `https://www.maxicours.com/se/cours/principe-de-l-alternateur/`.

[3] C'est pas sorcier. Électricité, quand les branchés disjonctent. *France Télévision*, 1994.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— savoir expliquer le principe de fonctionnement d'un alteranteur, d'un barrage,

— connaître la relation entre puissance, tension et intensité,

— savoir qu'une puissance s'exprime en watt (W),

— savoir lire une fiche signalétique.

Annexes

Le devoir maison sur l'organisation d'une raclette partie pour vérifier si les plombs ne vont pas sauter,

Victor Hugo

Organisation d'une grosse soirée raclette post-confinement dans votre salon

Devoir Maison de Physique-Chimie

Résumé : après avoir passé plusieurs semaine confiné·e à la maison, vous avez décidé d'organiser une supercalifragilisticexpidélilicieuse soirée raclette chez vous et invitez 29 ami·e·s. Clothilde, Karim, Rémy et Néphélé apportent les quatre appareils à raclette nécessaires.$\hbar$
Problématique : pouvez-vous brancher tous les appareils dans le salon sans faire sauter les plombs ?

Consignes : ce devoir est à rendre avant la fin des vacances de Pâques c'est-à-dire le 19 avril à 23h59. Si vous l'avez fait avant, n'hésitez pas à me l'envoyer car cela me permet d'échelonner la correction des 240 devoirs... Pour le terminer, vous aurez besoin

- d'une calculette,
- de prendre en photo SANS TOUCHER le boîtier de disjoncteur de votre appartement/maison (ou la boite à fusibles selon l'ancienneté de l'habitat). La photo sera à charger sur le questionnaire en ligne ou bien à envoyer avec votre DM.

La façon de faire le devoir que je préconise est celle en ligne, en répondant au questionnaire framaforme. Si des élèves n'ont pas la possibilité de le compléter en ligne, vous pouvez le faire sur feuille et l'envoyer, avec la photo du boîtier de disjoncteur, à l'adresse `victor.gondret@orange.fr`. Si je ne vous ai pas répondu que je l'ai reçu après 24h, c'est que je ne l'ai sûrement pas reçu.
Dans le cas de la version papier, vous n'avez bien sûr pas à recopier les questions et, dans le cas des QCM, vous pouvez recopier uniquement la *bonne* réponse. Pour les autres questions, il faut faire des phrases.

Ce devoir ne constitue en aucun cas une injonction à consommer du fromage. Le professeur se dégage de toute responsabilité dans le cas d'une allergie au lactose à la suite d'une raclette entre élèves.

1 Installation électrique dans un appartement

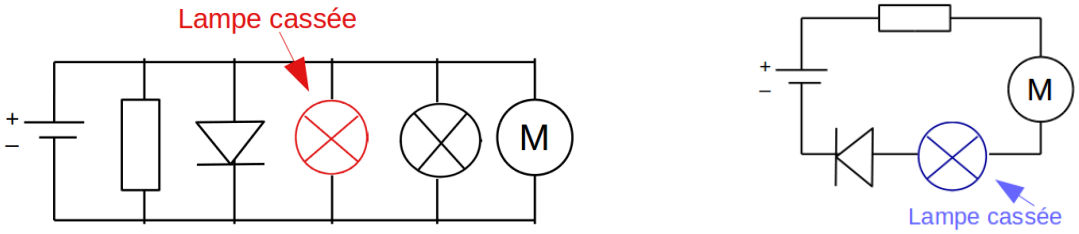


Figure 1: À gauche, le circuit électrique A et à droite le circuit électrique B.

1. Le circuit de gauche (circuit A) ci-dessus est un circuit

   ☐ en dérivation,

   ☐ en série.

2. La lampe rouge est cassée. Est-ce que le moteur du circuit A est alimenté et fonctionne ?

   ☐ Oui.

   ☐ Non.

3. Nous nous intéressons maintenant au circuit de droite, le circuit B. Il s'agit d'un circuit

   ☐ en dérivation,

   ☐ en série.

4. La lampe bleue est cassée. Est-ce que le moteur du circuit B est alimenté et fonctionne ?

   ☐ Oui.

   ☐ Non.

5. Quelle est la tension du secteur (tension délivrée par les prises de votre appartement) ?

   ☐ 50V

   ☐ 70V

   ☐ 100V

   ☐ 230V

   ☐ 780V

   ☐ 1230V

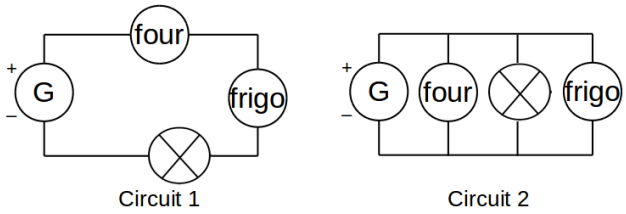


Figure 2: Dans votre appartement (ici par exemple la cuisine), les appareils sont branchés selon le circuit 2.

6. Dans votre cuisine, les appareils sont branchés selon le circuit 2 et non pas selon le circuit 1. En vous aidant des questions 2 et 4, expliquer pourquoi.

2 Le fusible

Qu'est-ce qu'un fusible ?

Un fusible est un dispositif qui protège les installations électriques. Lorsque l'intensité du courant qui le traverse devient supérieur à une valeur fixée par le fabricant, le fusible fond et ouvre le circuit électrique [1].

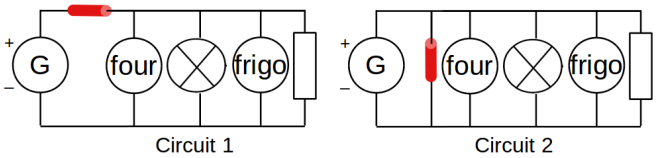


Figure 3: Deux installations possibles du fusible dans votre cuisine. Le fusible est représenté par le cylindre rouge.

7. Comment s'appelle la transformation physique de l'état solide vers l'état liquide ?

8. Expliquer pourquoi l'installation du fusible doit se faire suivant le circuit 1.

9. Chercher dans votre appartement le boîtier de disjoncteurs (ou la boite à fusibles selon l'ancienneté de l'habitat). Le prendre en photo SANS LE TOUCHER et joindre la photo à votre DM. Quelle est l'intensité maximale qui peut être délivrée dans le salon ? dans la cuisine ? Pourquoi l'intensité maximale fournie dans la cuisine est plus importante que celle du salon ?

3 Organisation de l'ÉNOOOOORME raclette

La résistance

Lorsqu'un appareil électrique fonctionne, il convertit toujours une partie de l'énergie électrique qu'il reçoit en énergie thermique qu'il transfère à l'air autour. Cela peut poser problème lorsqu'il s'agit d'un ordinateur qu'il faut alors ventiler mais cela peut-être utile pour un grille-pain ou bien un appareil à raclette. Il suffit alors de mettre plusieurs résistances à la suite pour convertir l'énergie électrique en énergie thermique et chauffer pain de mie et fromage à raclette.
Dans une résistance, la puissance électrique (en watt) utilisée est donnée par le produit de la tension à ses bornes (en volt) et l'intensité qui la traverse (en ampère). Mathématiquement, on a ainsi

$$P = U \times I \tag{1}$$

où I est l'intensité qui traverse la résistance, U la tension à ses bornes et P la puissance dissipée sous forme de chaleur. On a donc aussi

$$I = \frac{P}{U} \quad \text{et} \quad U = \frac{P}{I}. \tag{2}$$

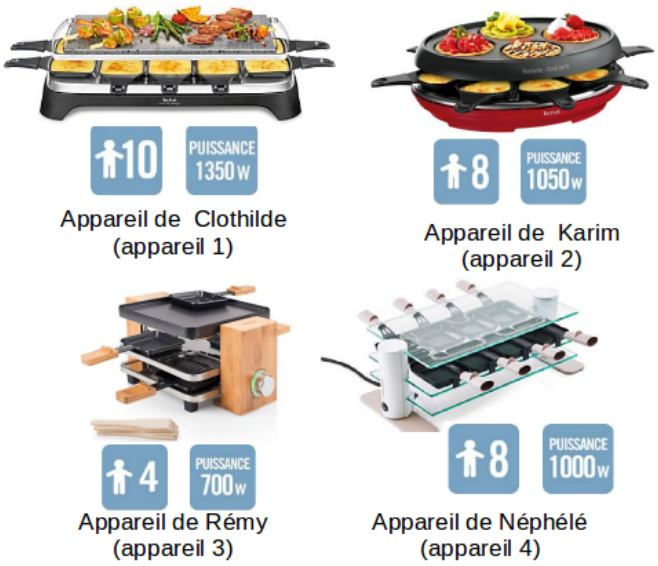


Figure 4: Les différents appareils à raclette que Clothilde, Karim, Rémy et Néphélé ont apporté.

10. Comment s'appelle l'effet dont il est question dans le document ci-dessus ?

11. L'appareil de Rémy (700W) reste branché pendant 27 minutes. Quelle énergie électrique a-t-il consommé ? On donnera le résultat en kJ.

12. En vous aidant des documents ci-dessus, quelle est l'intensité qui traverse l'appareil à raclette de Clothilde lorsqu'il est branché ?

13. Faire de même et calculer l'intensité qui traverse les appareils à raclette de Karim, Rémy et Néphélé.

14. Est-ce possible de brancher tous les appareils à raclette dans VOTRE salon ? Si non, quelle solution proposez-vous ?

Références

[1] Jean-Luc Azan. *Physique-Chimie 3e.* Nathan edition, 2017. Library Catalog: enseignants.nathan.fr.

[2] Dominique Meneret Noisette. *Physique-Chimie 3e.* Magnard edition, 2017.

Chapitre 11

Le son

Qu'est-ce qu'un son ?

FIGURE 11.1 – Nuage de mots répondant à la question *Qu'est-ce que le mot "son" évoque pour vous˜ ?*

11.1 Physique du son

11.1.1 Rappels de quatrième sur la pression

L'air est composé de molécules et notamment à 78% de diazote, à 21% de dioxygène, à 0,9% d'argon et 0,1% d'autres gaz parmi lesquels le CO_2 est le plus présent. Ces molécules qui nous entourent sont agitées : elles se cognent et rebondissent contre les objets sur leur passage. En se cognant, elles *poussent* ces objets et exercent donc une force sur eux.
Cette force par unité de surface qu'exercent les molécules est la **pression**. Plus les molécules tapent fort sur une paroi, plus la pression est donc forte. De même façon, plus les molécules sont nombreuses, plus la pression est importante.

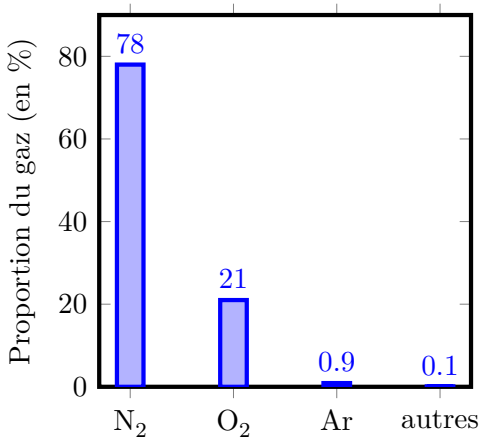


FIGURE 11.2 – Proportion actuelle des gaz atmosphériques.

11.1.2 Propagation d'un son

Expérience : entreposons des petites billes de polystyrène sur une feuille d'aluminium tendue et tapons sur une poubelle vide (un gros objet) à côté [1].
Observation : les petites billes de polystyrène sautent sur la membrane d'aluminium.
Conclusion : lorsqu'on tape sur la poubelle, on provoque une onde sonore qui se déplace jusqu'à la feuille d'aluminium. Lorsqu'on tape sur la poubelle, la poubelle vibre et fait donc vibrer les molécules qui sont juste à côté. Ces molécules qui vibrent vont alors pousser leurs voisines qui, à leur tour, vont pousser leurs voisines etc. Il en résulte la propagation d'une onde : l'onde sonore.

FIGURE 11.3 – L'onde sonore provoquée en tapant sur la poubelle se propage jusqu'à la feuille d'aluminium. Celle-ci vibre à cause du son et fait sauter les boules de polystyrène. Tiré de [1].

Le son peut-il donc se déplacer dans le vide ?

Expérience : on place un réveil qui sonne sous une cloche et on enlève les molécules qui sont dans la cloche à l'aide d'une pompe à vide [3].

Observation : avant d'actionner la pompe à vide, on entend le réveil. Plus la pompe à vide marche, plus l'intensité du son diminue.

Conclusion : Après avoir pompé assez longtemps, il n'y a plus assez de molécules pour que le son se propage bien et que nous puissions l'entendre. Dans le vide, le son ne peut donc pas se propager. Il n'est donc pas possible de se parler dans l'espace, où il y a très peu de molécules.

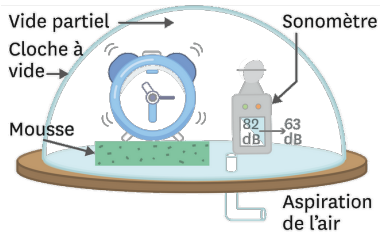


FIGURE 11.4 – Schéma de l'expérience : on place un réveil dans une cloche à vide. Tiré de [2].

Une onde sonore se propage donc dans un **milieu matériel** (par exemple l'air, l'eau, le bois) pour se propager. Dans l'air, lorsqu'une onde sonore se propage, on peut observer des endroits où la pression est plus forte (zone de surpression où il y a plus de molécules) et d'autre où celle-ci est plus faible (zone de dépression où il y a moins de molécules).

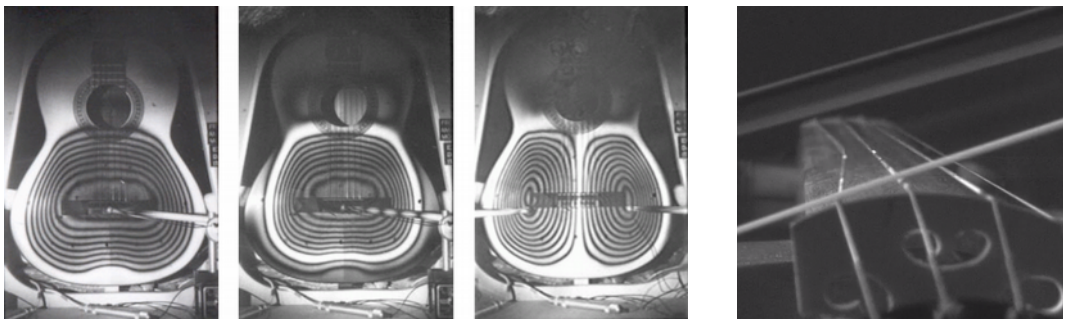


FIGURE 11.5 – À gauche, holographie de modes de vibration d'une guitare. Les lignes noires sur la guitare représente l'onde sonore qui se propage à travers la coque. Le son est ensuite transmis dans l'air puis il est amplifié grâce à la caisse de résonance de la guitare : le forme de la guitare est faite pour amplifier les sons qu'elle produit. À droite, on peut voir le mouvement d'une corde d'un violon lorsque celle-ci est frottée par l'archet. Tiré de [4] et [5].

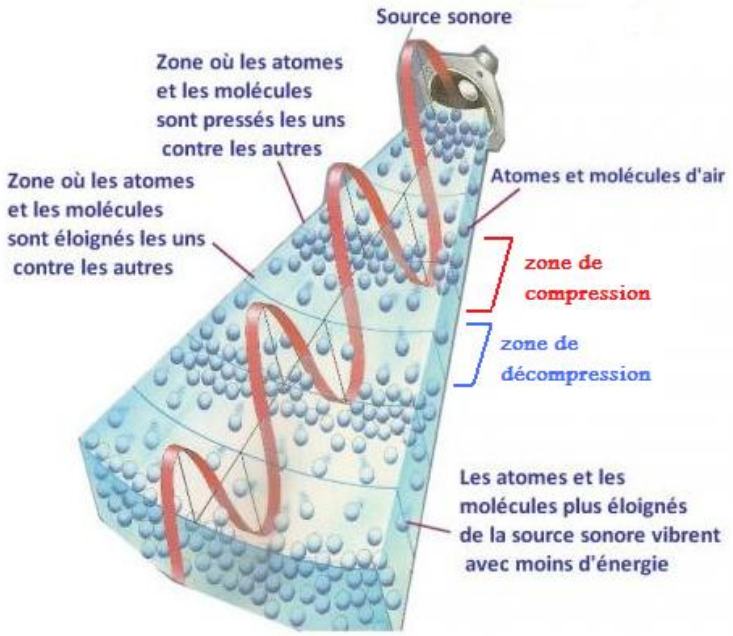


FIGURE 11.6 – La propagation d'une onde sonore dans l'air est due à la vibration des molécules. Tiré de [6].

11.1.3 Vitesse du son

La vitesse du son dépend du milieu matériel dans lequel il se propage. La vitesse de propagation du son dans l'air est **340m/s**. En revanche, elle est de 1480m/s dans l'eau et de 5120 m/s dans le fer. Globalement, la célérité du son est plus importante dans les phases condensées (solide et liquide) que dans les gaz. Ainsi, le son aura tendance à se déplacer plus vite dans un solide que dans un liquide que dans un gaz. En effet, plus les atomes sont proches les uns des autres, moins de temps ils mettent pour cogner leur voisin et ainsi faire propager l'onde sonore.

FIGURE 11.7 – On peut coller l'oreille contre les rails pour savoir si le train arrive. *Cette scène a été réalisée par des professionnels, n'essayez pas de refaire ça vous même.*

Ainsi, lorsqu'il y a un éclair, on voit quasi immédiatement l'éclair et on entend le tonnerre après quelques secondes. Pour savoir à quelle distance l'éclair a frappé en kilomètre, il suffit de diviser par trois le temps d'attente du son. En effet, le son se déplace d'environ 1/3 de kilomètre en une seconde donc en 9 secondes, il aura parcouru $9/3 = 3$ kilomètres.

Pour résumer et aller plus loin : sur son site [7], Jean Duperrex résume parfaitement bien le phénomène de propagation d'une onde sonore.

"Un son est en définitive une variation de la pression atmosphérique que je peux percevoir avec mon ouïe. Les variations de pression atmosphérique sont assez lentes. Ce n'est qu'en prenant l'avion ou en redescendant de la montagne que nous pouvons rapidement être soumis à des variations de pression. Ou en faisant du bruit.
Lorsque je frappe un objet il se met à vibrer. Il transmet ces vibrations à l'air qui se met à osciller autour d'une position d'équilibre. Au bout d'un certain temps cette oscillation s'arrête : l'onde est amortie et on retrouve la position d'équilibre. Si on veut un son plus long, il faut entretenir l'oscillation en fournissant de l'énergie : les instruments de musique peuvent le faire."

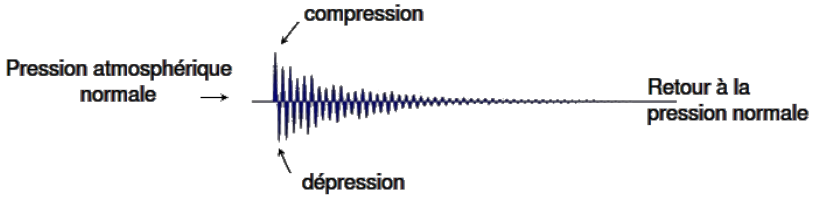


FIGURE 11.8 – Évolution de la pression lors du passage d'une onde sonore en un point de l'espace en fonction du temps. L'amplitude de l'onde sonore diminue : celle-ci est de moins en moins forte. Tiré de [7].

11.2 Caractérisation d'un son

On peut caractériser un son grâce à trois propriétés : sa fréquence, son intensité mais aussi son timbre.

11.2.1 Intensité sonore

L'intensité sonore se mesure avec un sonomètre (ou sous son autre nom décibelmètre) et son unité est le **décibel**. L'échelle des décibels est assez bizarre [1] cependant :

dès lors que la puissance de la source sonore est multipliée par 2, l'intensité sonore augmente de 3 dB.

Si une personne crie et qu'une autre personne la rejoint, l'intensité sonore augmente de 3dB. Mais si une personne chuchote et qu'une autre personne chuchote en même temps, l'intensité sonore augmente aussi de 3dB.

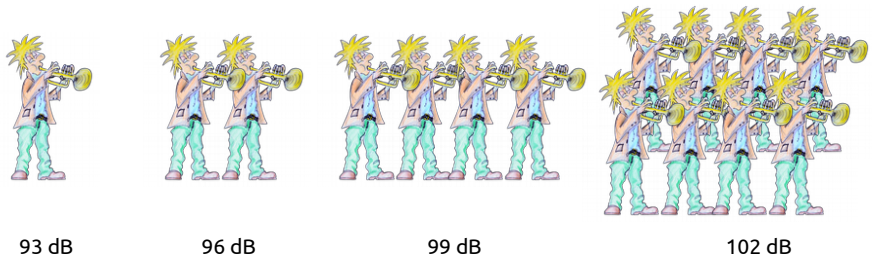


FIGURE 11.9 – Si un trompettiste joue à 93 dB et qu'on en rajoute un second qui joue pareil, le nombre de musicien est multiplié par deux donc l'intensité sonore augmente de 3 dB : elle passe à 96 dB. Si maintenant on remultiplie la source sonore (le nombre de trompettistes) par deux, l'intensité sonore ré-augmente de 3 dB : elle est de 99 dB. Si on passe de 4 à 8 musiciens, l'intensité sonore passe de 99 à 102 dB. Si on passe ensuite à 16 musciens, elle sera de 105 dB. Le dessin est de ©Christian Ragaine.

Si on écoute trop longtemps un son trop fort, il y a des risques pour l'audition : les cils qui transforment l'onde sonore (signal mécanique) en onde électrique qui arrive ensuite au cerveau se cassent si l'intensité sonore est trop forte. Et ceux-ci ne peuvent se régénérer ! La figure 11.10 représente l'échelle des bruits et leur dangerosité.

1. son principe mathématique sera vu au lycée

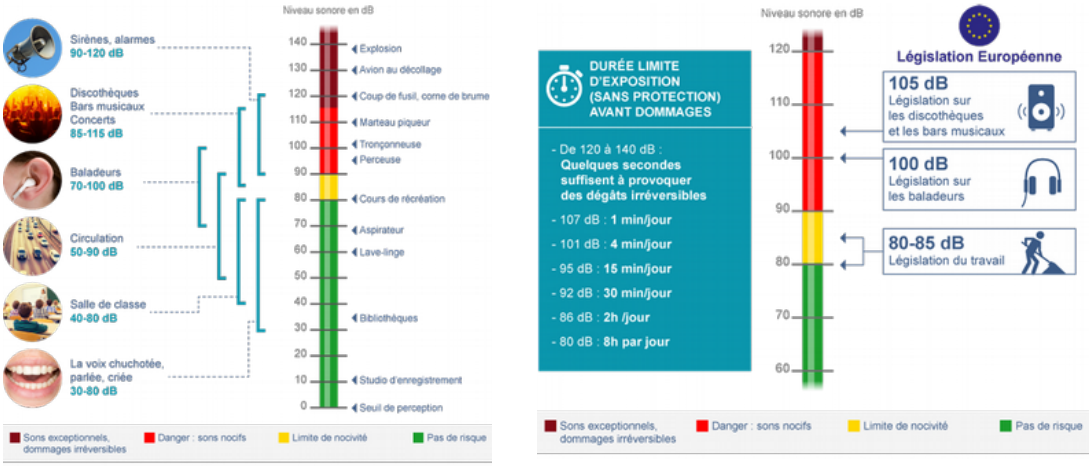


FIGURE 11.10 – Écouter trop longtemps une son dont l'intensité est trop forte peut endommager l'ouïe. Tiré de [8].

11.2.2 Fréquence

Faire le TP sur la fréquence sonore.

Expérience : prenons un accordeur et plaçons le à côté du piano. L'accordeur indique la note ainsi que la fréquence.

Observations :

Note	Do 3	Mi 3	Sol 3	La 3	Do 4	Fa 4	La 4	Do 5
Note	C4	E4	G4	A4	C5	F5	A5	C6
Fréquence	261 Hz	330 Hz	392 Hz	440 Hz	520 Hz	698 Hz	880 Hz	1040 Hz

On observe également, ou plutôt on entend également, que les fréquences faibles correspondent à des notes graves. Les notes aiguës correspondent à des fréquences plus élevées. On remarque également que la fréquence du Do 4 est la double de celle du Do 3. De même, la fréquence du Do 5 est deux fois celle du Do 4.

Interprétation : lorsqu'on saute d'un octave à l'autre on double la fréquence. Ainsi, la fréquence du Do 2 est environ $261/2 = 130$Hz et celle du Do 6 est $1040 \times 2 = 2080$Hz.

Conclusion : plus la fréquence d'une note est petite, plus le son est grave. Plus la fréquence est grande, plus le son est aiguë. Multiplier par deux la fréquence d'une note revient à jouer cette note un octave au-dessus.

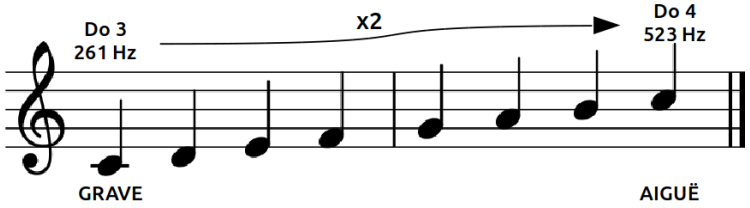


FIGURE 11.11 – Les notes les plus graves ont les fréquences les plus basses alors que les notes aiguës ont des fréquences élevées. Lors du passage du Do 3 au Do 4, la fréquence est multipliée par deux.

Pour aller plus loin : nous avons vu précédemment qu'on pouvait représenter un son en traçant les variations de pression à un endroit de l'espace en fonction du temps. Si on place un micro à cet endroit, on peut enregistrer le signal acoustique. On obtient les signaux électrique de la figure 11.12.

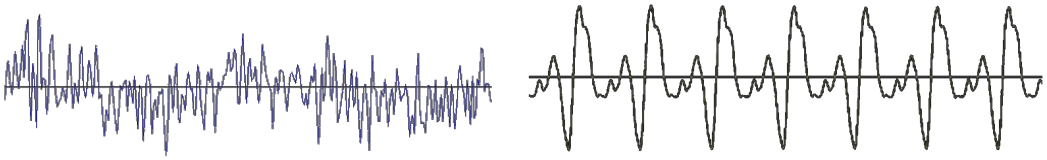


FIGURE 11.12 – Signal électrique enregistré par un micro au cours du temps. À gauche, le signal n'est pas périodique, il ne se répète pas : on entend un bruit. À droite, le signal se répète, on dit qu'il est périodique et on peut lui associer une fréquence. Il s'agit du nombre de battements en une seconde.

11.2.3 Timbre

Deux mêmes notes, c'est-à-dire deux notes de même fréquence, jouées par deux instruments différents sonneront-elles identique à l'oreille ? Non, bien entendu. Le son d'un piano est différent de celui d'une guitare. Si leur fréquence est la même, c'est par leur *timbre* que nous pouvons les différencier. Le **sonogramme** (ou spectrogramme) permet de visualiser le timbre d'un son. Un son est en fait composé de plusieurs fréquences sonore dont la plus petite est la fréquence fondamentale.

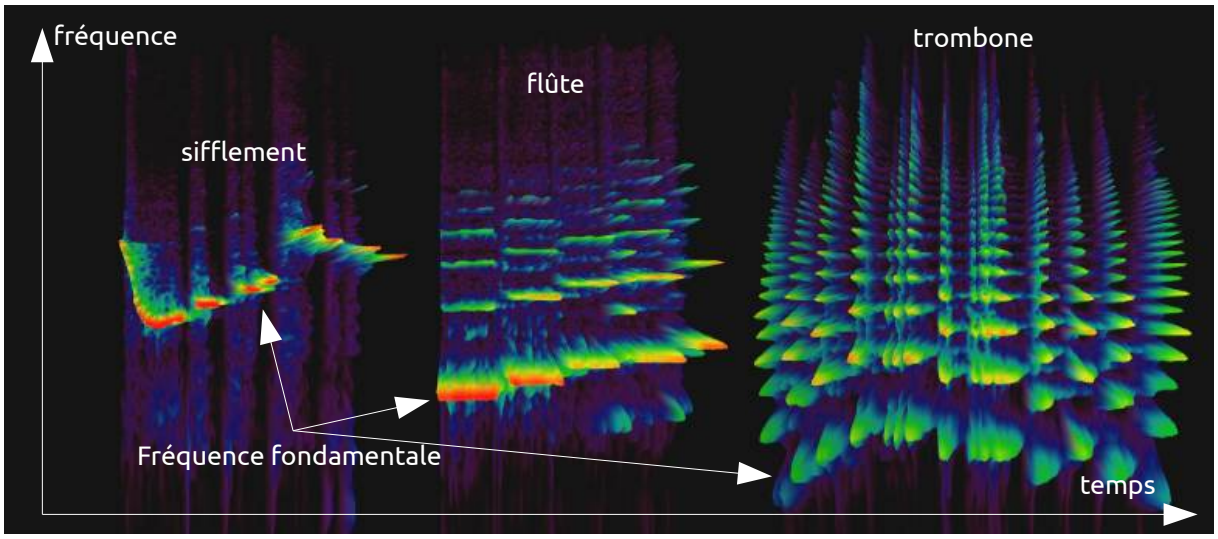


FIGURE 11.13 – Sonogrames d'un sifflement, d'une flûte et d'un trombone. Le pic (zone rouge dont la couleur est forte) le plus bas représente la fréquence fondamentale : c'est lui qui fixe la hauteur du son. Les pics qu'on peut voir au-dessus composent le timbre du son et sont propre à chaque instrument. Réalisé via [9].

Définitions :
Fréquence fondamentale : elle correspond à la hauteur du son. Il s'agit sur le sonogramme de la fréquence la plus petite (celle la plus en bas) et est souvent la fréquence la plus intense donc la plus en rouge sur le sonogramme.
Harmoniques : ce sont toutes les fréquences supérieures qui donnent le timbre au son. Ce sont tous les pics au-dessus de la fréquence fondamental. L'intensité de chaque harmonique varie selon l'ins-

trument et la voix : ce sont celle-ci qui constituent le timbre du son.

Les sonogrammes présentés en figure 11.13 sont ceux d'un sifflement, d'une flûte et d'un trombone. Sur le sonogramme de la flûte, le pic inférieur, le plus rouge donc dont l'intensité est la plus forte, fixe la hauteur de la note, sa fréquence. Sur le graphe, la fréquence augmente donc le son est de plus en plus aiguë.
Le sonogramme du sifflement n'est quasiment composé que d'un seul pic à chaque instant, sa fréquence fondamentale : il a très peu d'harmonique. On dit que c'est quasiment un son pur. En revanche, le sonogramme du trombone possède énormément d'harmoniques : il s'agit d'un son très complexe.

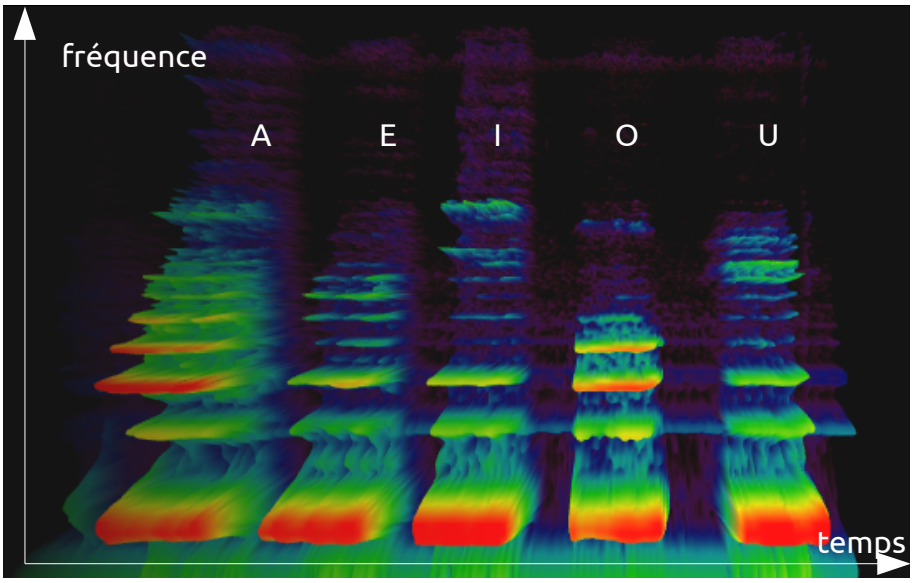


FIGURE 11.14 – Sonogramme de différentes voyelles de l'alphabet par M. Gondret. La fréquence fondamentale de chaque voyelle est la même mais les harmoniques diffèrent. Réalisé via [9].

Tout comme les instruments, chaque voix a un timbre différent. On peut voir sur la figure 11.14 que chaque voyelle a même son propre timbre. C'est d'ailleurs comme ça que nous pouvons les reconnaître, parler et nous comprendre.

Bibliographie

[1] C'est pas sorcier. Le bruit. *France Télévision*, 1997.

[2] Lionel Douthe Baptiste Fray *et al.* Physique chimie 2nde, 2018. URL `https://www.lelivrescolaire.fr/page/6225274`.

[3] Jean-Marie Blondeau, Bernard Bonnel, Monique Vindevoghel, Bernard Mikolajczyk, and Gérard Destrun. *Physique à main levée, Université de Lille*, consulté le 23/04/2020. URL `http://phymain.unisciel.fr/le-son-se-propage-t-il-dans-le-vide`.

[4] Benjamin Elie. *Vibroacoustic characterization of string instruments - Application for lutherie assistance*. Theses, Université du Maine, November 2012. URL `https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00833885`.

[5] ViolinB0W. Bowed violin string in slow motion. URL `https://www.youtube.com/watch?v=6JeyiM0YNo4`.

[6] Marie-Estelle Duhamel, Solène Bossey, and Baptiste Deschamps. Les effets de la musique sur les êtres vivants. *Lycée Jean-Baptiste de la Salle de Rouen*, consulté le 22/04/2020. URL `http://tpe-musique1.e-monsite.com`.

[7] Jean Duperrex. Acoustique, consulté le 3/05/2020. URL `http://www.jeanduperrex.ch/Site/Acoustique.html`.

[8] Association NeurOreille. Bruit : attention danger ! protection. *Voyage au Centre de l'Audition*, consulté le 3/05/2020. URL `http://www.cochlea.org/bruit-attention-danger-!-protection`.

[9] Jeremy Morrill et Boris Smus. Spectrogramme. *Chrome Music Lab*, consulté le 3/05/2020. URL `https://musiclab.chromeexperiments.com/Spectrogram/`.

[10] Christelle Loubayere. Vitesse du son. *Collège Le Castillon*, consulté le 21/04/2020. URL `https://le-castillon.etab.ac-caen.fr/IMG/pdf/Vitesse_du_son-2.pdf`.

[11] Philippe Gondret. Ondes acoustiques : émission, propagation, réception. *La musique des ondes, UniverCité de Gif-Sur-Yvette*, 2019.

[12] Son (physique). *Wikipédia*. URL `https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique)`.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

- connaître les gaz qui composent l'atmosphère,
- savoir qu'un son a besoin d'un milieu matériel pour se propager, qu'il ne peut se propager dans le vide,
- avoir quelques ordres de grandeur de la vitesse du son dans certains matériaux, qu'il va à 340m/s dans l'air sec à 20°C,
- savoir que lorsque la puissance sonore est doublée, l'intensité sonore augmente de 3 dB,
- connaître les dangers associés à une écoute prolongé d'un son trop fort,
- savoir que la fréquence se mesure en hertz, comparer des notes aiguës et graves grâce à leur fréquence,
- savoir repérer si deux sons ont la même hauteur sur un sonogramme, s'ils ont le même timbre.

TP confiné : fréquence sonore

À retenir et utiliser : la fréquence s'exprime en **hertz** et son symbole est **Hz**.

Expérience 1 : qu'est-ce que la fréquence sonore ?

Qu'est-ce qu'un son grave ou aigu ? La fréquence est-elle reliée au différentes notes de la gamme ? Quelles fréquences pouvons nous entendre ?

Protocole de l'expérience :

1. Prendre votre instrument de musique favori ainsi qu'un détecteur de tonalité (ou un accordeur : voir document 1 si vous n'avez pas d'accordeur).
2. Remplir le tableau ci-dessous et trouver les fréquences associées à chaque son.

Observation :

Note (FR)	Do 3	Mi 3	Sol 3	La 3	Do 4	Fa 4	La 4	Do 5
Note (EN)	C4	E4	G4	A4	C5	F5	A5	C6
Fréquence	….. Hz	….. Hz	….. Hz	….. Hz	….. Hz	….. Hz	….. Hz	….. Hz

Interprétation et conclusion :

Lorsqu'un son est plus aiguë, la fréquence est plus grande/petite.

Lorsqu'un son est plus grave, la fréquence est plus grande/petite.

Quand on augmente un son de un octave, sa fréquence est multipliée par …. .

La fréquence d'un Do 2 est donc d'environ ……..Hz et celle d'un Do 6 est de …….Hz.

Expérience 2 : quelle fréquence maximale l'humain peut-il entendre ?

Protocole de l'expérience :

1. Vous rendre sur le site https://www.szynalski.com/tone-generator/
2. Écouter un son pur à 440 Hz. Augmenter graduellement la fréquence du son jusqu'à ce que vous ne puissiez plus entendre.

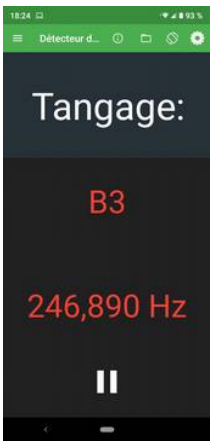
Conclusion : Quelle fréquence maximale pouvez-vous entendre ?

Document 1 : comment mesurer la fréquence d'un son ?

Possibilité 1 (meilleure) : installer *Physics Toolbox Sensor Suite*.

Ouvrir l'application et sélectionner le "*Détecteur de tonalité*" dans le menu (cliquer sur " ≡ "en haut à gauche).

Il est affiché la note de musique que le téléphone entend ainsi que sa fréquence. Par exemple B3, 246 Hz ci-contre.



Possibilité 2 : se rendre sur https://www.barbusse-musique.fr/accordeur-chromatique-gratuit/

Autorisez le site à accéder à votre micro. Il affiche alors la note jouée ainsi que sa fréquence. Ici par exemple B3 avec une fréquence de 245 Hz.

Chapitre 12

La lumière

12.1 Propagation de l'onde lumineuse

12.1.1 Vitesse de propagation de la lumière

Tout comme le son, la lumière est une onde. En revanche, contrairement à l'onde sonore, l'onde lumineuse n'a pas besoin de milieu matériel pour se propager. La lumière peut donc se propager dans le vide. Une onde lumineuse se déplace en ligne droite.
La lumière ne se propage pas instantanément : l'onde lumineuse a une vitesse et cette vitesse dépend de son milieu de propagation. Ainsi, dans le vide, la lumière a une vitesse de 299 792 458 m/s :

on retiendra 300 000 km/s.

La vitesse de propagation de la lumière est plus petite dans l'eau, 225 000 km/s contre 124 000 km/s dans le diamant. Son comportement est donc opposé à celui du son.

- La propagation du son est due aux chocs des atomes/molécules les uns contre les autres. Le son se propage donc plus rapidement dans les solides (les particules qui le composent sont très proches) que dans les liquides (particules moins proches) que dans les gaz, où les particules sont bien plus éloignées.
- La lumière n'ayant pas besoin de support matériel pour se propager, sa propagation sera gênée par les atomes et les molécules. Elle va donc plus vide dans le vide, que dans les gaz, puis les liquides et enfin les solides. [1]

12.1.2 La vitesse supraluminique

À ce jour, aucune particule allant plus vite que la lumière n'a été observée. [2] En 1905, Einstein [3] a émis l'hypothèse que rien ne pouvait aller aussi vite que la lumière. Partant de cette hypothèse, il a formulé théorie de la relativité restreinte qui est vérifié expérimentalement et dont la robustesse laisse penser que cette hypothèse est vraie. Nous retiendrons donc que

la vitesse de la lumière est la plus grande vitesse possible,

du moins pour un objet qui a une masse positive.
Certains scientifiques ont déjà proposé des vaisseaux dont la vitesse serait supraluminique, c'est-à-dire plus grande que la vitesse de la lumière. Il s'agit cependant de travaux purement théoriques qui ne font absolument pas l'unanimité. Pour construire un tel vaisseau, il faudrait des matériaux dont la masse est négative, matériaux dont l'humain n'a absolument pas possession ni même la preuve de leur existence.

1. Il existe une très grande pluralité de liquides et de solides dans la nature, aussi cette *hiérarchie* de vitesse de propagation ne doit pas être prise au pied de la lettre. Il s'agit plus d'un moyen mnémotechnique se souvenir des différences de vitesse des ondes.

2. En 2012, le CERN avait trouvé lors d'une "course" entre des neutrinos et la lumière que ces premiers allaient plus vite mais il s'agissait finalement d'une erreur due à un problème de... branchement de câble[1, 2].

12.2 Les sources de lumière

On distingue les sources primaires de lumière des sources secondaires de lumière. Par exemple, un miroir va refléter la lumière du soleil et nous éblouir : le miroir est source secondaire de lumière car il ne produit pas la lumière, il ne fait que la renvoyer. En revanche, une ampoule produit de la lumière, elle est donc source principale de lumière. On retiendra donc les deux définitions suivantes [4] :

— les sources primaire de lumière émettent la lumière qu'elle produisent,

— les sources secondaires diffusent la lumière qu'elle reçoivent mais n'en produisent pas.

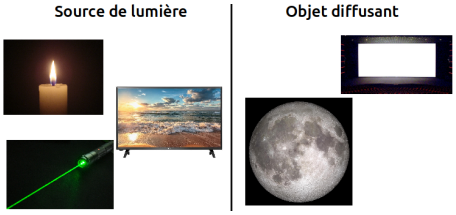


FIGURE 12.1 – Sources primaires et secondaires de lumière.

Dans la figure 12.1, la bougie produit de la lumière tout comme l'écran d'une télévision et un laser : ce sont donc des sources principales de lumière. En revanche, un écran de cinéma diffuse la lumière envoyée par le vidéo-projecteur tout comme la lune diffuse la lumière envoyée par le soleil. Ce sont donc des objets diffusant, des sources secondaires de lumière.

12.3 Décomposition de la lumière

12.3.1 Lumière blanche

En physique, on appelle lumière blanche la lumière du jour, provenant du soleil, ainsi que la lumière des lampes blanches [5].

Expérience : plaçons un CD au soleil, donc sous une lumière blanche ?

Observation : on voit apparaître de multiples couleurs : du bleu, du vert, du rouge etc...

FIGURE 12.2 – Éclairage d'un CD sous lumière blanche.

Interprétation : la lumière blanche est composée de plusieurs couleurs. Nous pouvons aussi observer toutes les couleurs qui composent la lumière blanche lors de l'apparition d'un arc-en-ciel. Lorsque la lumière rentre dans les gouttelettes en suspension, elle est séparée selon chaque couleur. Nous pouvons alors apercevoir distinctement toutes les couleurs de la lumière blanche.

Conclusion : la lumière blanche est la **superposition** de toutes les couleurs et certains objets décomposent la lumière blanche et nous permettent d'observer toutes les couleurs.

12.3.2 Spectre de lumière visible

Nous avons vu lors du chapitre sur le son qu'à chaque hauteur de son était associée une fréquence et que l'humain était capable d'entendre une certaine plage de fréquence. Il en est de même pour la lumière.
L'humain peut voir entre $4{,}3{\cdot}10^{14}$Hz (rouge) et $7{,}5{\cdot}10^{14}$Hz (violet). Entre ces deux fréquences extrêmes, on retrouve les 7 couleurs de l'arc-en-ciel : le rouge, le orange, le jaune, le vert, le bleu l'indigo et le violet [3].

3. Isaac Newton retint ces sept couleurs. Six de ces couleurs correspondent à un champ chromatique bien défini ; il ajouta l'indigo pour que le nombre corresponde à celui des noms de notes de la gamme musicale [6].

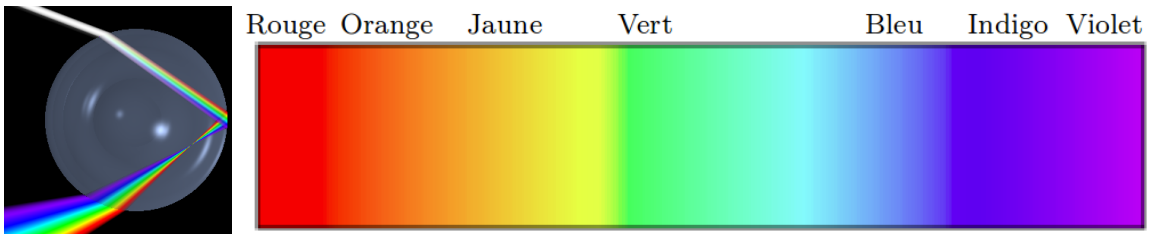


FIGURE 12.3 – À gauche, principe de formation d'un arc en ciel : dans la goutte, les couleurs sont séparées car leur fréquence est différente [6]. À droite, les couleurs du spectre visible selon Newton.

Cet ensemble de couleur constitue ce qu'on appelle le spectre visible, car il existe énormément de fréquences lumineuses que l'humain ne peut pas voir.

12.3.3 Spectre de la lumière

En fait, l'être humain ne voit pas grand chose ! Le spectre de la lumière est tellement grand qu'on l'a fragmenté en différents domaines.
Dans les fréquences supérieures à celles visibles, on retrouve tout d'abord les rayons ultra-violets, puis les rayons X et enfin les rayons gamma. Tous ces rayonnements sont dangereux pour l'être humain à trop haute dose : on se protège des UV grâce à de la crème solaire, le personnel soignant s'occupant des radiographie doit faire attention à ne pas se faire irradier à chaque radiographie et les rayons gamma sont très nocifs, même à très faible dose. Ils sont produits lors de réaction nucléaires et on en retrouve après une explosion nucléaire, que ce soit une bombe ou bien un accident comme celui des centrales nucléaires de Tchernobyl ou plus récemment de Fukushima [7].

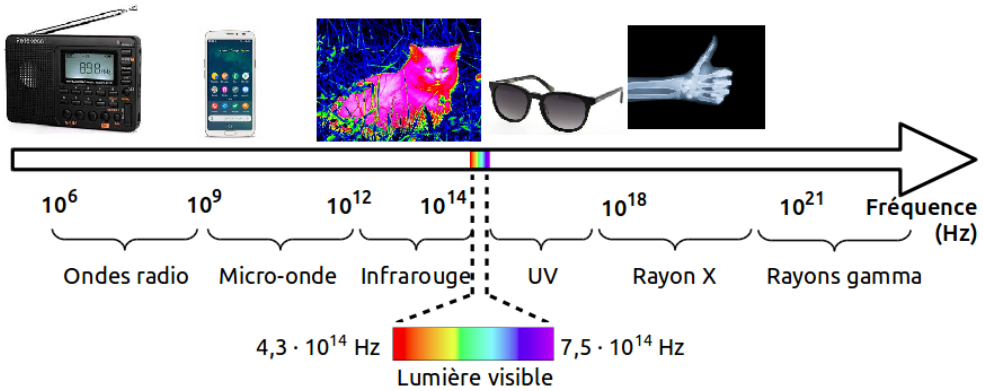


FIGURE 12.4 – Les plages de fréquence de la lumière.

De l'autre côté du spectre, on retrouve les fréquences plus petites. En partant de la lumière visible, on retrouve les rayonnements infrarouge, les micro-onde et enfin les ondes radios. Les micros ondes sont utilisées massivement dans les télécommunications et les ondes radios pour... la radio. Ces plages de fréquence ont l'avantage de traverser très bien les murs ce qui n'est pas le cas des rayonnements visibles ou UV.

2G-GPRS	Deuxième génération	9,6Kbit/s puis 171Kbit/s	900 et 1800 MHz
3G-H+	Troisième génération	1,9Mbit/s à 42MBits/s	1900 et 2100 MHz
4G	Quatrième génération	150Mbit/s puis 1Gbit/s	800, 1800 et 2600 MHz
5G	Cinquième génération	En test	1452-1492 MHz

TABLE 12.1 – Les fréquences utilisées dans les télécommunications. 1MHz = 10^6Hz.

Bibliographie

[1] Edwin Cartlidge. Breaking news : error undoes faster-than-light neutrino results. *ScienceInsider (22 february, 2012). http ://news. sciencemag. org/scienceinsider/2012/02/breaking-news-error-undoes-faster. html*, 2013.

[2] Wikipédia. Vitesse supraluminique, consulté le 11/05/2020. URL `https://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_supraluminique`.

[3] Albert Einstein. Zur elektrodynamik bewegter körper. *Annalen der Physik*, 322(10) :891–921, 1905.

[4] Jean-Luc Azan *et al. Physique Chimie 3e.* Nathan, 2017.

[5] Stéphane Landeau. Lumières colorées et couleurs des objets. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 17/05/2019. URL `http://pccollege.fr/quatrieme-2/la-lumiere-couleurs-et-images/chapitre-i-lumieres-colorees-et-couleurs-des-objets/`.

[6] Wikipédia. Arc-en-ciel, consulté le 17/05/2020. URL `https://fr.wikipedia.org/wiki/Arc-en-ciel`.

[7] C'est pas sorcier. Les déchets nucléaires. *France Télévision*, 1995.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— connaître l'ordre de grandeur de la vitesse de propagation de la lumière,

— savoir que la vitesse de la lumière dans le vide est la vitesse maximale atteignable par une particule massive,

— savoir différencier une source secondaire d'une source primaire,

— savoir que la lumière blanche est composée de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel,

— savoir que ondes radios, micro-ondes, IR, UV, X et rayons gamma sont des fréquences de la lumière qui existent mais qui ne sont pas visible par l'humain, et parfois dangereux.

Chapitre 13

Un monde en couleurs

13.1 Filtre de couleur

Les filtres sont des lames de verre ou de matière plastique transparentes et colorées.
Un filtre permet d'obtenir une lumière colorée à partir d'une lumière blanche.

Expérience : on éclaire un écran blanc avec la lumière blanche d'une lampe et on interpose une fente et le réseau entre la lampe et l'écran [1, 2]. Le réseau décompose la lumière blanche et on voit apparaître les couleurs de l'arc-en-ciel. On peut les voir sur la figure 13.1, en haut à gauche, de part et d'autre de la raie blanche. On place ensuite successivement un filtre rouge, un filtre bleu et un filtre vert.

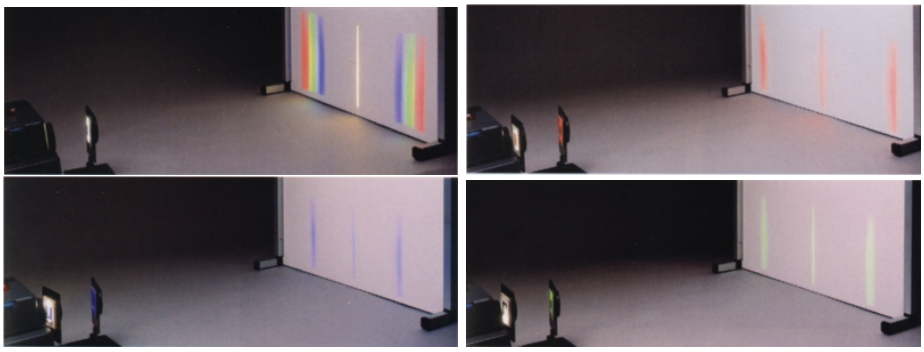


FIGURE 13.1 – On éclaire un écran à travers un réseau avec de la lumière blanche. Le réseau fait apparaître toutes les couleurs qui composent la lumière blanche. On ajoute ensuite un filtre rouge (haut droite), puis un filtre bleu (bas gauche) et un filtre vert (bas droite). Tiré de [1].

Interprétation : un filtre coloré transmet la partie de la lumière qui correspond à sa couleur et absorbe les autres couleurs.

Conclusion : un filtre coloré permet d'obtenir une lumière colorée : éclairé en lumière blanche, il ne transmet qu'une lumière de sa propre couleur.

13.2 Synthèse additive

Expérience : on utilise 3 sources de lumière blanche devant lesquelles on place respectivement un filtre bleu B, rouge R et vert V. On éclaire un écran blanc en faisant en sorte que les 3 faisceaux de lumière colorés se recouvrent partiellement.

Observations : à l'endroit où les 3 faisceaux se superposent, l'écran est blanc. À l'intersection du faisceau rouge et du faisceau bleu, la lumière est rose, magenta. À l'intersection du bleu et du vert, la couleur est cyan alors qu'à celle du vert et du rouge, on observe du jaune.

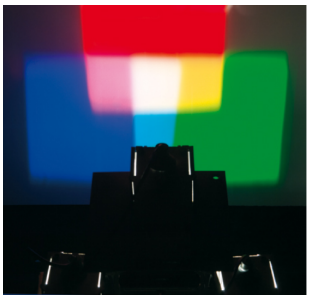


FIGURE 13.2 – Observations de l'expérience.

Interprétation : on a réalisé la synthèse additive de la lumière blanche en superposant 3 lumières colorées :

$$\text{Bleu} + \text{Rouge} + \text{Vert} = \text{Blanc}$$

Ces 3 couleurs qui permettent par addition d'obtenir du blanc sont appelées **couleurs primaires**. À l'endroit où 2 faisceaux seulement se superposent, on obtient de nouvelles couleurs :

$$\begin{aligned} \text{Rouge} + \text{Bleu} &= \text{Magenta} \\ \text{Vert} + \text{Bleu} &= \text{Cyan} \\ \text{Vert} + \text{Rouge} &= \text{Jaune} \end{aligned}$$

Conclusion : En superposant des lumières colorées, on peut produire de nouvelles teintes de lumière. On réalise alors une synthèse additive. L'aspect visuel de n'importe quelle couleur peut être obtenue par l'addition en proportions convenables des 3 couleurs dites primaires (bleu, rouge et vert).

Application : c'est ainsi que fonctionnent nos écrans. Chaque pixel est subdivisé en trois rectangles appelés sous-pixels. Un de chaque couleur : bleu, rouge et vert. En faisant varier l'intensité de lumière de chaque sous-pixel, le pixel aura une couleur bien définie.

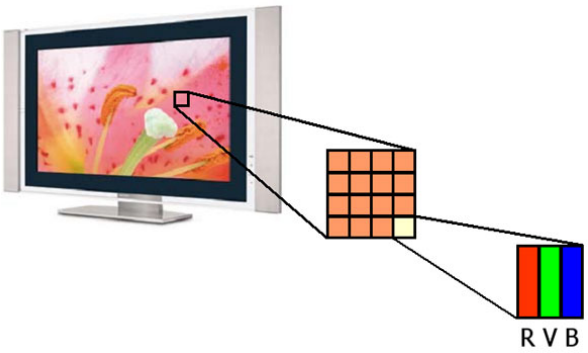


FIGURE 13.3 – Composition d'un pixel [3].

Et pourquoi 3 couleurs primaires ? La réponse cette question est biologique. La détection de la lumière se produit au niveau d'une couche nerveuse appelée rétine, qui est recouverte de deux types de photorécepteurs [1] : les cônes et les bâtonnets. À droite de la figure 13.4 est présentée une photographie réalisée au microscope électronique (les couleurs sont fausses).

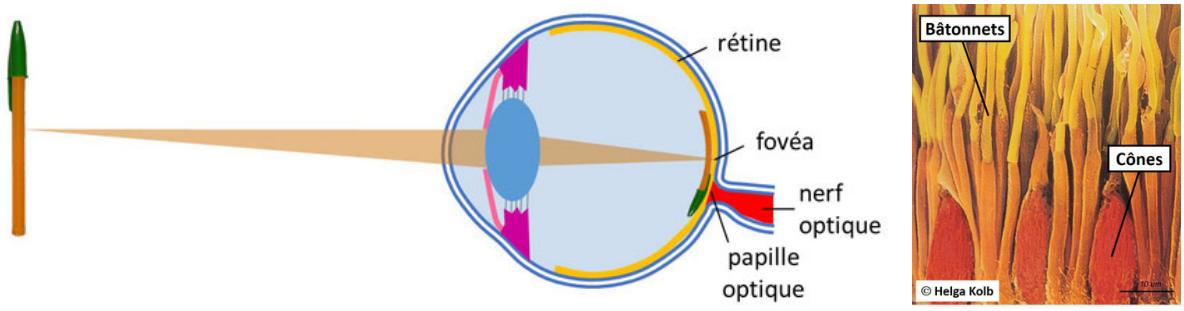


FIGURE 13.4 – Tiré de [3].

1. photo = lumière, récepteur = récepteur donc les photorécepteurs reçoivent la lumière et la traduisent en signal électrique pour que le cerveau puisse comprendre.

Il existe trois types de cônes qui peuvent avoir des pigments différents. Chaque cône est plus ou moins sensible à différentes fréquences : on distingue ainsi les cônes bleus, des cônes vert, des cônes rouges !

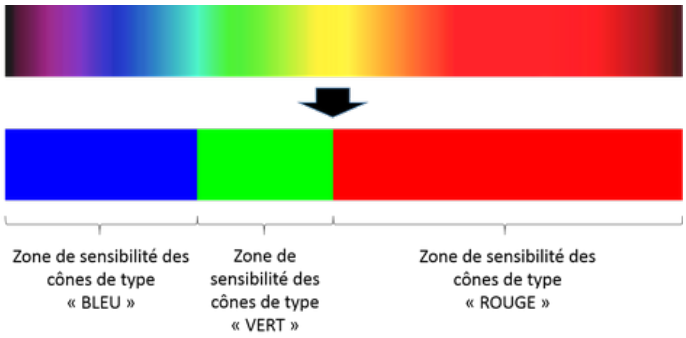


FIGURE 13.5 – Au fond de l'œil, il existe trois types de cônes. Chaque cône est sensible différemment aux couleurs (fréquences) du rayon lumineux qui est entré dans l'œil. On distingue ainsi les cônes bleus, rouges et verts. Tiré de [4].

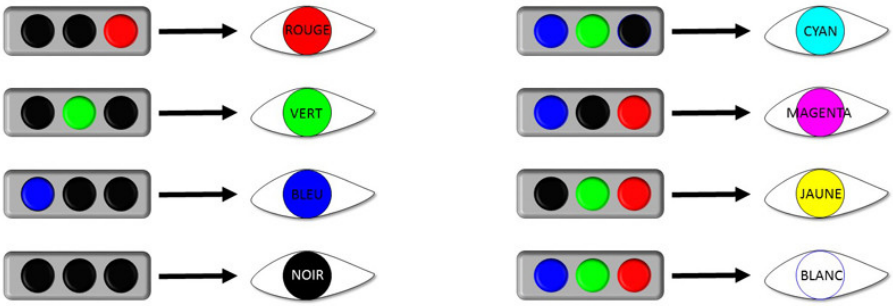


FIGURE 13.6 – Si tous les sous pixels rouge et vert de l'écran sont allumés, notre œil perçoit du jaune. Tiré de [5].

13.3 Couleur d'un objet

Expérience : plaçons des objets de couleur blanche, verte, rouge, bleue ou noire devant différentes lumières colorées. Observons la couleur apparente de ces objets éclairés par ces lumières colorées.

Observations : dans la deuxième ligne est indiqué la couleur de l'objet lorsqu'il est éclairé sous lumière blanche, puis sous lumière bleue, verte et rouge.

Lumière d'éclairage	Couleur observée de l'objet				
Lumière blanche	Noir	Blanc	Bleu	Vert	Rouge
Lumière bleue	Noir	Bleu	Bleu	Noir	Noir
Lumière verte	Noir	Vert	Noir	Vert	Noir
Lumière rouge	Noir	Rouge	Noir	Noir	Rouge

TABLE 13.1 – Résultats des différents résultats de l'expérience. D'après [1].

Interprétation : un objet noir apparaît toujours noir car il absorbe toutes les lumières.
Un objet blanc apparaît toujours de la couleur de la lumière qui l'éclaire car il diffuse toutes les lumières colorées.
Un objet coloré diffuse une lumière colorée correspondant à sa propre couleur et il absorbe les autres

lumières.
Un objet jaune diffuse les lumières vertes et rouges et il absorbe la lumière bleue.

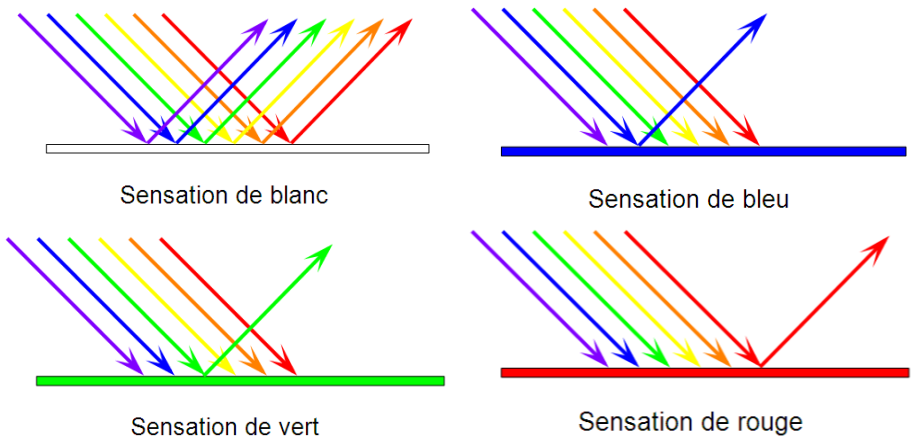


FIGURE 13.7 – Les objets blanc réfléchissent toutes les couleurs alors que les objets bleus ne réfléchissent que les rayons bleus, et de même pour les objets rouges et verts. Tiré de [1].

Conclusion : la "couleur propre" d'un objet est celle qu'on lui attribue lorsqu'il est éclairée en lumière blanche.
La "couleur apparente" d'un objet dépend de la lumière colorée qui l'éclaire.

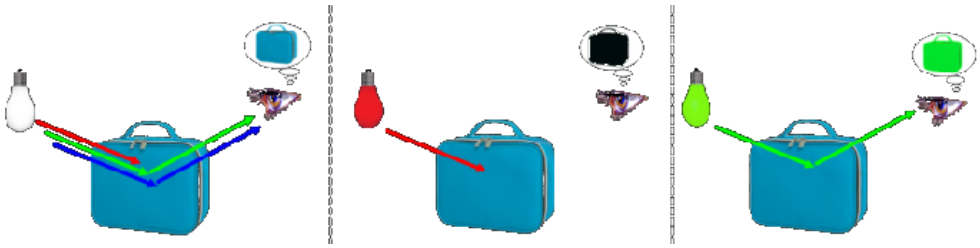


FIGURE 13.8 – Objet cyan éclairé par différentes lumières. Dans le premier cas, la valise est éclairée avec de la lumière blanche : la valise parait donc cyan car seule la lumière rouge est absorbée. Les lumières vertes et bleues sont réfléchies vers les yeux de l'observateur. Dans le second cas, on éclaire la valise avec de la lumière rouge. Comme la absorbe la lumière rouge, aucune lumière est réfléchie par la valise vers l'observateur et la valise paraît noire. Dans le troisième cas, la valise est éclairée par une lumière verte, réfléchie vers l'observateur : elle paraît donc verte. Tiré de [1].

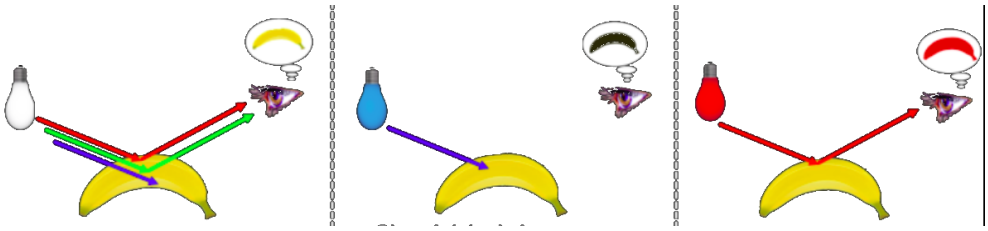


FIGURE 13.9 – Banane jaune éclairé par différentes lumières. Selon l'éclairage, elle paraît jaune (lumière blanche), noire (lumière bleue) ou bien rouge (lumière rouge). Tiré de [1].

Bibliographie

[1] Stéphane Landeau. Lumières colorées et couleurs des objets. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 17/05/2019. URL `http://pccollege.fr/quatrieme-2/la-lumiere-couleurs-et-images/chapitre-i-lumieres-colorees-et-couleurs-des-objets/`.

[2] Collège Leroi-Gourhan. décomposition de la lumière blanche par réseau, consulté le 18/05/2020. URL `https://www.youtube.com/watch?v=f886zbNSGLQ`.

[3] Julien Brunet. Les écrans lcd. *Sup'info*, consulté le 19/05/2019. URL `https://www.supinfo.com/articles/single/731-crans-lcd`.

[4] Sylvie Zanier, Julien Delahaye, and Céline Cardeilhac. La vision des couleurs. *1,2,3 Couleurs !*, consulté le 19/05/2019. URL `https://www.123couleurs.fr/explications/explications-vision/tv-visioncouleurs/`.

[5] Sylvie Zanier, Julien Delahaye, and Céline Cardeilhac. Vision des couleurs, synthèses additive et soustractive. *1,2,3 Couleurs !*, consulté le 19/05/2019. URL `https://www.123couleurs.fr/explications/explications-vision/tv-visionsynth%C3%A8ses/`.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— connaître les 3 couleurs primaires de l'addition,

— savoir que la couleur d'un objet est du au fait qu'il absorbe certains rayons et en réfléchie d'autres,

— savoir expliquer le principe de fonctionnement d'un écran : comment les sous-pixels forment la couleur voulue,

— savoir que l'humain perçoit les couleurs grâce à ses 3 différents cônes bleus, vert et rouges,

— lorsqu'on donne le couleur propre et la couleur d'éclairage, savoir donner la couleur apparente de l'objet,

Chapitre 14

La lumière infrarouge

14.1 Un corps chaud émet de la lumière

Lorsqu'un objet est chaud, il émet de la lumière. Si celui-ci est "très", comme le soleil, la lumière émise sera dans le domaine visible. Plus la température du corps est élevée, plus la lumière qu'il émet a une grande fréquence. Ainsi, les étoiles bleues sont plus chaudes que les étoiles jaune, elles-mêmes plus chaude que les étoiles rouges. On peut s'en rappeler grâce à la flamme d'une bougie : le haut de la bougie, jaune, est moins chaud que le bas, bleu.
Dans une ampoule à incandescence, le courant qui passe dans le filament de l'ampoule chauffe très très fort le filament. Celui-ci devient tellement chaud qu'il émet de la lumière visible (et aussi de la chaleur).

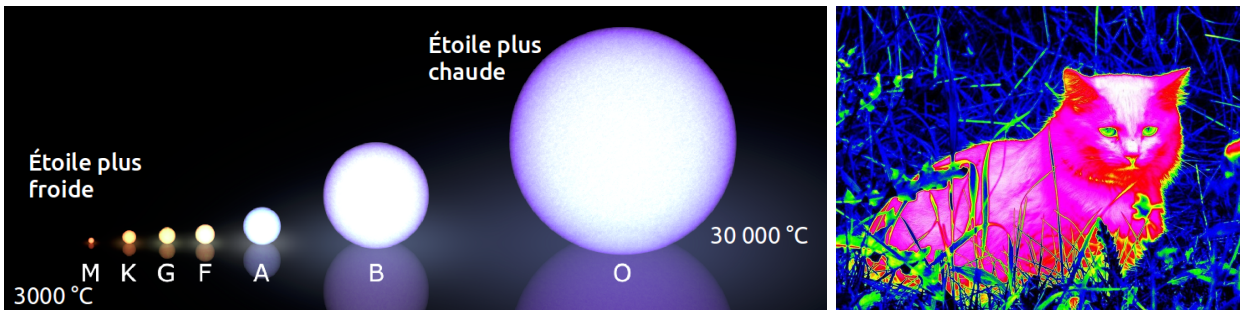


FIGURE 14.1 – À gauche, différents types d'étoiles : les étoiles les bleues sont plus chaudes que les étoiles rouges. À droite, photo d'un chat via un capteur infrarouge. Avec la coloration de l'image choisie, les zones les plus rouges correspondent aux zones les plus chaudes. Tiré de [1] et [2].

L'être humain a une température de 37°C : il émet donc de la lumière. En revanche, sa température est trop faible pour que la lumière qu'il émet soit visible : il émet des rayonnements dans le domaine infrarouge. Une caméra infrarouge récupère ces fréquences invisibles pour l'homme et colore l'image en fonction de ces fréquences pour que l'humain puisse les voir sur écran. C'est ainsi que les militaires "voient" dans la nuit : ils mettent des lunettes infrarouge qui sont en fait une caméra avec un écran juste devant les yeux.

14.2 Modification de l'œil de souris

Nous avons vu lors du précédent chapitre que ce sont les cônes et les bâtonnets, situés sur la rétine, qui permettent de voir. Ces cônes et bâtonnets ne sont pas sensibles aux rayons infrarouge. C'est la même chose pour les souris qui ne peuvent voir les rayons infrarouges. Une équipe de chercheurs chinois et américains ont cependant réussi à procurer à des souris une vision infrarouge en 2019 [3].
Pour ce faire, ils ont injecté des nanoparticules (pbUCNPs) dans des yeux de souris et ont fait

plusieurs test pour savoir si les souris pouvaient voir. Pour savoir si les souris voient mieux avec ces nanoparticules, les chercheurs ont fait deux groupes : un groupe “test” auquel on injecte les nanoparticules et un groupe “controle” auquel on n’injecte rien. Pour savoir si les nanoparticules ont un effet, il faut donc faire passer les mêmes épreuves aux deux groupes et ensuite comparer les réactions des souris de chaque groupe.
Lorsqu’il y a beaucoup de lumière que l’on voit, l’iris s’ouvre peu pour ne pas abîmer tous les capteurs au fond de l’œil. En revanche, s’il y a peu de lumière qui est perçue, la pupille se dilate, l’iris s’ouvre en grand pour essayer de capturer un maximum de lumière. Les scientifiques ont donc éclairé les souris avec une lumière infrarouge afin de savoir si celles-ci allaient rétracter leur pupille (signe qu’elles voient) ou bien garder leur pupille dilatée.

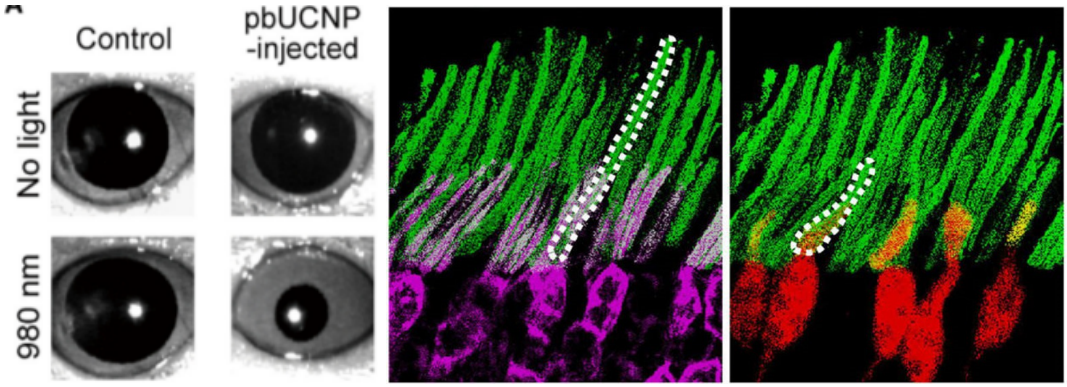


FIGURE 14.2 – À gauche, la colonne de gauche représente le groupe contrôle (aucune nanoparticule n’a été injectée chez ces souris), celle de droite le groupe test. Les photos de la première ligne ont été prises lorsque les souris n’étaient pas éclairées : leur pupille sont donc complètement dilaté à cause de l’absence de lumière. Les photos de la deuxième ligne ont été prises lorsque la souris était éclairée par une lumière infrarouge. Celles du groupe contrôle gardent leur pupille dilatée car elles ne voient pas la lumière. En revanche, celles du groupe test rétractent leur pupille pour éviter d’être ébloui. Cela montre que les souris du groupe test étaient bien sensibles à la lumière infrarouge ! À droite, les nanoparticules (carrés blancs) injectées aux souris du groupe “Test” se se fixent aux bâtonnets (en violet) et aux cônes (en rouge) de la souris. Ces nanoparticules jouent le rôle de traducteur : elles transforment une fréquence précise du domaine infrarouge en fréquence visible ce qui permet à la souris de voir. Tiré de [3].

Les chercheurs ont observé qu’une seule injection de nanoparticules permettait aux souris de voir la lumière infrarouge jusqu’à 10 semaines. Parmi les souris du groupe “Test”, une a eu un effet secondaire mineur (une cornée troublée) qui a disparu en moins d’une semaine. Pour l’un des chercheurs de cette étude :

“Dans notre étude, nous avons montré que les bâtonnets et les cônes lient ces nanoparticules et qu’elles sont activées par la lumière infrarouge proche. Nous pensons donc que cette technologie fonctionnera aussi pour les yeux humains, non seulement pour générer une super vision, mais aussi pour des solutions thérapeutiques dans les déficits de la vision des couleurs rouges.”

Bien entendu, l’utilisation de ces nanoparticules n’est pas sans poser de problèmes éthiques et moraux.

“ Science sans conscience n’est que ruine de l’âme ”
Rabelais

Bibliographie

[1] Vikidia. Type spectral, consulté le 3/06/20. URL `https://fr.vikidia.org/wiki/Type_spectral#/`.

[2] Guru Méditation. Des scientifiques ont injecté des nanoparticules dans les yeux de souris pour leur offrir une vision infrarouge, consulté le 3/06/20. URL `https://www.gurumed.org/2019/03/01/des-scientifiques-ont-inject-des-nanoparticules-dans-les-yeux-de-souris-pour-leur-offrir-u`

[3] Yuqian Ma, Jin Bao, Yuanwei Zhang, Zhanjun Li, Xiangyu Zhou, Changlin Wan, Ling Huang, Yang Zhao, Gang Han, and Tian Xue. Mammalian near-infrared image vision through injectable and self-powered retinal nanoantennae. *Cell*, 177(2) :243–255, 2019.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

— savoir qu'une étoile bleue est plus chaude qu'une étoile jaune, elle-même plus chaude qu'une étoile rouge,

— savoir que cela est vrai de manière général : un objet très chaud qui émet de la lumière bleue sera plus chaud que celui qui émet de la lumière rouge,

— savoir que l'homme (37°C) émet lui aussi de la lumière mais que cette lumière est dans le domaine infrarouge.