

Physique →



Chimie

Nous sommes à l'intérieur de la cavité accélératrice d'un cyclotron, un accélérateur circulaire de particules. Après plusieurs années de fonctionnement, des arcs électriques de très haute tension, jusqu'à 100 000 volts et d'une durée de quelques microsecondes, ont littéralement pulvérisé le cuivre de la cavité. Ces taches éclatantes reflètent la rugosité de la paroi et les dépôts métalliques non uniformes.

Introduction

Cher · e collègue,

Ce document contient l'ensemble des cours que j'ai prodigué aux quatrième 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 pu être modifiés avec recul. L'année 2019-2020 fut également assez spéciale, bousculée d'une part par le mouvement social du à la réforme des retraites entre décembre et février puis au confinement du à l'épidémie de COVID-19 à partir de mars. Ma progression fut assez tâtonnante aussi j'ai préféré suivre plutôt fidèlement celle 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, reprend donc le site de S. Landeau sur l'atmosphère et l'air qui nous entoure.

Le chapitre 2 sur la pression est fait en demi groupe, afin qu'ils puissent tous voir l'expérience avec le ballon et manipuler une seringue, jouer tranquillement une minute.

Les chapitres 3 et 4 traitent de l'atome, de la représentation de la matière et des transformations physiques et chimiques. Le cycle se termine avec le chapitre 5 sur les combustions. Le collège a acheté il y a quelques temps des enceintes de conservations de la masse pratiques pour le TP sur la conservation de la masse lors d'une réaction chimique.

Commence ensuite le thème concernant l'électricité, sur lequel nous avons passé beaucoup de temps.

Le chapitre 6 ré-introduit les notions d'intensité et de tension et le 7 les circuits et les dipôles. Je pense que la présentation de ces chapitres pourraient être repensée. Le chapitre 8 sur les lois de l'électricité a été fait en parallèle, avec chaque TP permettant de mettre en évidence une loi. Enfin, le chapitre 7 sur la loi d'Ohm a été vu en confinement donc pas par tous les élèves.

Les chapitres suivants sont soit peu intéressants pour garder de la matière pour l'année prochaine soit hors programme, car je pensais que nous reviendrions en cours et donc je voulais éviter trop d'inégalités. Ainsi, le chapitre sur le son et ceux sur la lumière sont les mêmes que ceux que j'ai donné aux troisièmes.

Clamart, le 1 juillet 2020
Victor Gondret

Table des matières

1	L'atmosphère et l'air qui nous entoure	1
1.1	Composition de l'atmosphère	1
1.2	Le rôle de l'atmosphère	1
1.3	La pollution atmosphérique et ses conséquences	2
2	Quelques propriétés de l'air	8
2.1	Pression et volume de l'air	8
2.2	Masse de l'air	9
3	Modèle particulaire	12
3.1	Représentation des gaz	12
3.2	Modèle microscopique des états physique	12
3.3	Mélange de gaz ou de liquides	14
4	De l'atome à la réaction chimique	21
4.1	L'atome	21
4.2	Les molécules	22
4.3	La réaction chimique	23
5	Les combustions	30
5.1	Lexique de la combustion	30
5.2	Tests d'identification	30
5.3	La combustion du butane	31
5.4	Les combustions incomplètes	31
5.5	Le triangle du feu	32
6	Intensité et tension	39
6.1	La structure de l'atome	39
6.2	Le courant électrique	39
6.3	La tension électrique	40
6.4	Courant alternatif et continu	41
7	Circuits et dipôles	47
7.1	Rappels	47
7.2	Piles et accumulateur	48
7.3	L'ampoule à incandescence	48
7.4	L'adaptation de la tension	48
7.5	L'adaptation de l'intensité	49
8	Les lois de l'électricité	53
8.1	Les lois de l'électricité	53

9 La résistance et la loi d'Ohm	63
9.1 La résistance	63
9.2 Loi d'Ohm	64
10 Mouvements	69
10.1 Représenter un mouvement	69
10.2 Description du mouvement	69
11 Le son	71
11.1 Physique du son	71
11.2 Caractérisation d'un son	72
12 La lumière	79
12.1 Propagation de l'onde lumineuse	79
12.2 Les sources de lumière	80
12.3 Décomposition de la lumière	80
13 Un monde en couleurs	83
13.1 Filtre de couleur	83
13.2 Synthèse additive	83
13.3 Couleur d'un objet	85
14 La lumière infrarouge	88
14.1 Un corps chaud émet de la lumière	88
14.2 Modification de l'œil de souris	88

Chapitre 1

L'atmosphère et l'air qui nous entoure

1.1 Composition de l'atmosphère

L'air est uniquement situé dans une fine couche qui entoure notre planète appelée atmosphère. Lavoisier a réalisé la première analyse de l'air en 1777. La composition actuelle de l'air est :

- 78% de diazote (N_2),
- 21% de dioxygène (O_2),
- 0,93% d'argon (Ar),
- 0,034% de dioxyde de carbone (CO_2),
- de nombreux autres gaz en petite quantité.

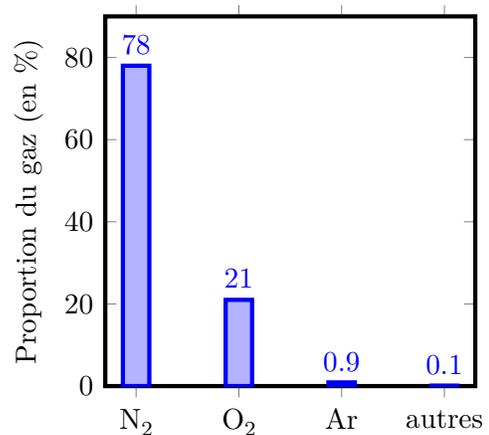


FIGURE 1.1 – Proportion actuelle des gaz atmosphériques [1, 2].

1.2 Le rôle de l'atmosphère

L'atmosphère permet [3] :

- de protéger la Terre des rayons UV issus du Soleil (couche d'ozone),
- de protéger la Terre du bombardement des météorites (les étoiles filantes),
- de maintenir la température terrestre à une moyenne de $15^\circ C$,
- de respirer.

Les différentes couches de l'atmosphère sont données ci-contre.

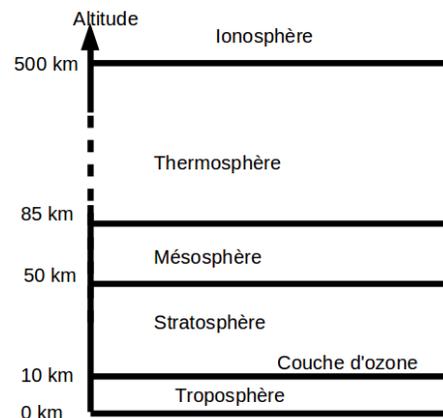


FIGURE 1.2 – Les différentes couches de l'atmosphère.

1.3 La pollution atmosphérique et ses conséquences

Les principaux polluants de l'air sont donnés dans le tableau ci-dessous [4].

Polluant	Principales sources	Temps de vie des polluants
Dioxyde de soufre (SO_2)	— véhicule diesel, — centrales thermiques	Jours à mois
Dioxyde d'azote (NO_2)	— trafic routier, maritime, aérien, — centrales thermiques	Journée
Ozone (O_3)	Polluant secondaire formé notamment à partir de (pollution photochimique)	Quelques jours
Particules en suspension (taille $<10 \mu\text{m}$)	— activités industrielles, — trafic routier, maritime, aérien, — poussières naturelle	Quelques minutes à des jours
Métaux lourds (dans les particules en suspension ou poussières, nickel, plomb...)	— procédés industriels, — combustion du pétrole et du charbon, — ordures ménagères	Mois à années

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Surtout, il permet d'avoir une température moyenne sur terre de 15°C , contre -18°C si cet effet n'existait pas. Certains gaz contenus dans l'atmosphère terrestre absorbent une partie des rayonnements infrarouges émis par le sol et ainsi l'atmosphère se réchauffe. Les plus importants gaz à effet de serre sont naturellement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Depuis le début de l'ère industrielle, l'homme a rejeté dans l'atmosphère des gaz qui augmentent artificiellement l'effet de serre. La planète se réchauffe donc et les effets sont importants : tempête, inondation, vague de chaleur, sécheresses, fontes des neiges, disparition d'espèces...

Pour préserver la planète, il sera nécessaire de modifier nos comportements...

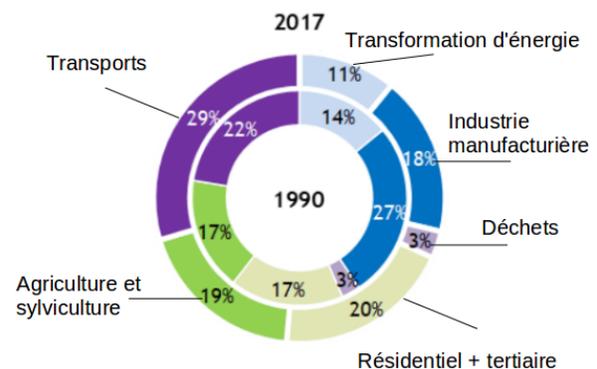


FIGURE 1.3 – Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

Bibliographie

- [1] Stéphane Landeau. L'atmosphère. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 10/09/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/>

matiere-de-lair-qui-nous-entoure-aux-molecules/chapitre-i-latmosphere/.

- [2] Météo France Éducation. La structure de l'atmosphère, consulté le 10/09/2019. URL <http://education.meteofrance.fr/dossiers-thematiques/le-fonctionnement-de-l-atmosphere/la-composition-de-l-atmosphere/la-structure-de-latmosphere>.
- [3] Collège Antonin Perbosc. La pollution de l'air. *Physique-Chimie au collège*, Novembre 2011. URL <https://www.youtube.com/watch?v=gZ1KerGbZRs>.
- [4] ACNUSA. La pollution de l'air, Consulté le 10/09/2019. URL <https://www.acnusa.fr/fr/la-pollution-de-lair/principaux-polluants/17>.
- [5] Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique. Synthèse du rapport secten. URL https://www.citepa.org/wp-content/uploads/publications/secten/Citepa_Secten-2019_01_Synthese.pdf.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

- connaître les 4 gaz principaux de l'atmosphère ainsi que leur proportions approximatives,
- connaître les bénéfices de l'atmosphère,
- savoir relier les sources de pollution à leur pourcentage d'émission dans le cas du CO_2 ,
- expliquer l'effet de serre, le rôle de la couche d'ozone, définition du smog,
- citer des effets du réchauffement climatique,
- connaître nom et formules de H_2 , H_2O , CO_2 , CH_4 , O_2 , N_2 .

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- le tableau sur les différents polluants,
- le texte sur l'effet de serre,
- la répartition des émissions de GES en France en 1990 et 2010 à compléter,
- la bibliographie et les attendus de cours.

<i>Polluant</i>	<i>Principales sources</i>	<i>Temps de vie des polluants</i>
	véhicule diesel, central thermique...	Jours à moi
	trafic routier, maritime, aérien, centrales thermiques	Journée
	Polluant secondaire formé notamment à partir de NO ₂ (pollution photochimique).	Quelques jours
	- activités industrielles, - trafic routier, maritime, aérien - poussières naturelles	Quelques minutes à des jours
	- Procédés industriels, combustion du pétrole et du charbon, ordures ménagères	Mois à années

<i>Polluant</i>	<i>Principales sources</i>	<i>Temps de vie des polluants</i>
	véhicule diesel, central thermique...	Jours à moi
	trafic routier, maritime, aérien, centrales thermiques	Journée
	Polluant secondaire formé notamment à partir de NO ₂ (pollution photochimique).	Quelques jours
	- activités industrielles, - trafic routier, maritime, aérien - poussières naturelles	Quelques minutes à des jours
	- Procédés industriels, combustion du pétrole et du charbon, ordures ménagères	Mois à années

<i>Polluant</i>	<i>Principales sources</i>	<i>Temps de vie des polluants</i>
	véhicule diesel, central thermique...	Jours à moi
	trafic routier, maritime, aérien, centrales thermiques	Journée
	Polluant secondaire formé notamment à partir de NO ₂ (pollution photochimique).	Quelques jours
	- activités industrielles, - trafic routier, maritime, aérien - poussières naturelles	Quelques minutes à des jours
	- Procédés industriels, combustion du pétrole et du charbon, ordures ménagères	Mois à années

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Surtout, il permet d'avoir une température moyenne sur terre de 15° Celsius, contre -18°C si cet effet n'existait pas. Certains gaz contenus dans l'atmosphère terrestre absorbent une partie des rayonnements infrarouges émis par le sol et ainsi l'atmosphère se réchauffe. Les plus importants gaz à effet de serre sont naturellement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Depuis le début de l'ère industrielle, l'homme a rejeté dans l'atmosphère des gaz qui augmentent artificiellement l'effet de serre. La planète se réchauffe donc et les effets sont importants : tempête, inondation, vague de chaleur, sécheresses, fontes des neiges, disparition d'espèces...

Pour préserver la planète, il sera nécessaire de modifier nos comportements...

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Surtout, il permet d'avoir une température moyenne sur terre de 15° Celsius, contre -18°C si cet effet n'existait pas. Certains gaz contenus dans l'atmosphère terrestre absorbent une partie des rayonnements infrarouges émis par le sol et ainsi l'atmosphère se réchauffe. Les plus importants gaz à effet de serre sont naturellement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Depuis le début de l'ère industrielle, l'homme a rejeté dans l'atmosphère des gaz qui augmentent artificiellement l'effet de serre. La planète se réchauffe donc et les effets sont importants : tempête, inondation, vague de chaleur, sécheresses, fontes des neiges, disparition d'espèces...

Pour préserver la planète, il sera nécessaire de modifier nos comportements...

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Surtout, il permet d'avoir une température moyenne sur terre de 15° Celsius, contre -18°C si cet effet n'existait pas. Certains gaz contenus dans l'atmosphère terrestre absorbent une partie des rayonnements infrarouges émis par le sol et ainsi l'atmosphère se réchauffe. Les plus importants gaz à effet de serre sont naturellement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Depuis le début de l'ère industrielle, l'homme a rejeté dans l'atmosphère des gaz qui augmentent artificiellement l'effet de serre. La planète se réchauffe donc et les effets sont importants : tempête, inondation, vague de chaleur, sécheresses, fontes des neiges, disparition d'espèces...

Pour préserver la planète, il sera nécessaire de modifier nos comportements...

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Surtout, il permet d'avoir une température moyenne sur terre de 15° Celsius, contre -18°C si cet effet n'existait pas. Certains gaz contenus dans l'atmosphère terrestre absorbent une partie des rayonnements infrarouges émis par le sol et ainsi l'atmosphère se réchauffe. Les plus importants gaz à effet de serre sont naturellement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Depuis le début de l'ère industrielle, l'homme a rejeté dans l'atmosphère des gaz qui augmentent artificiellement l'effet de serre. La planète se réchauffe donc et les effets sont importants : tempête, inondation, vague de chaleur, sécheresses, fontes des neiges, disparition d'espèces...

Pour préserver la planète, il sera nécessaire de modifier nos comportements...

L'effet de serre est un phénomène naturel important pour la survie de la planète. Surtout, il permet d'avoir une température moyenne sur terre de 15° Celsius, contre -18°C si cet effet n'existait pas. Certains gaz contenus dans l'atmosphère terrestre absorbent une partie des rayonnements infrarouges émis par le sol et ainsi l'atmosphère se réchauffe. Les plus importants gaz à effet de serre sont naturellement la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone et le méthane. Depuis le début de l'ère industrielle, l'homme a rejeté dans l'atmosphère des gaz qui augmentent artificiellement l'effet de serre. La planète se réchauffe donc et les effets sont importants : tempête, inondation, vague de chaleur, sécheresses, fontes des neiges, disparition d'espèces...

Pour préserver la planète, il sera nécessaire de modifier nos comportements...

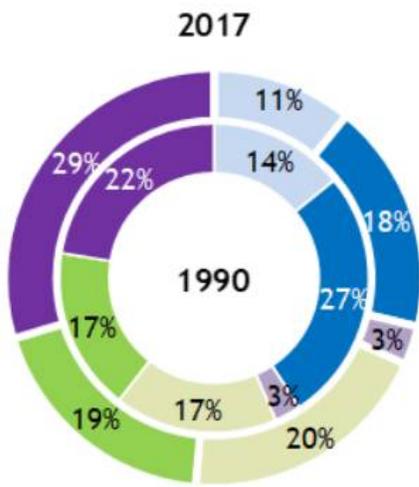


Figure : Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

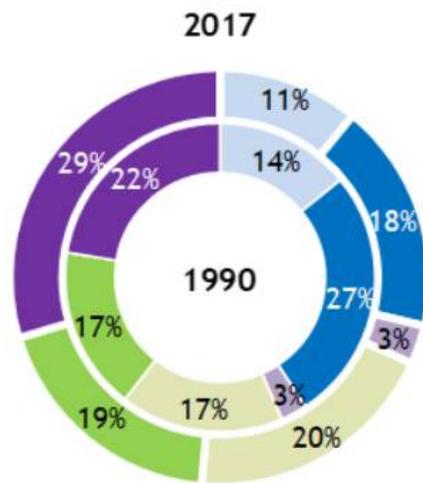


Figure : Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

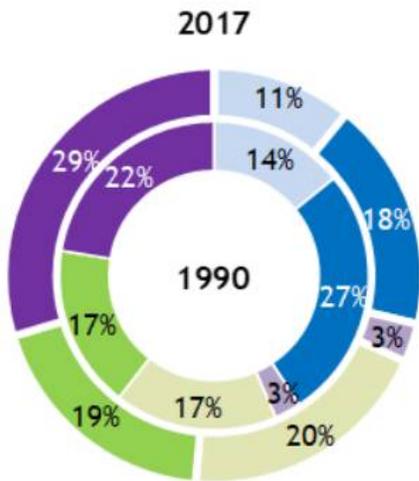


Figure : Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

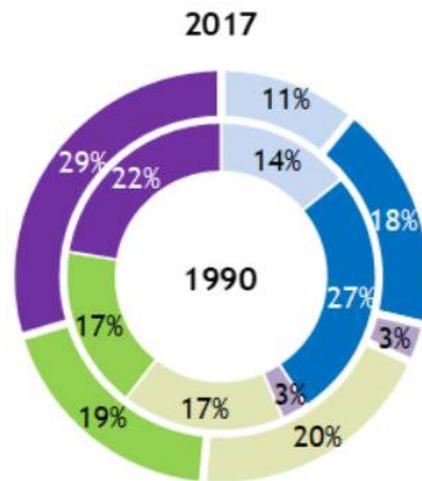


Figure : Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

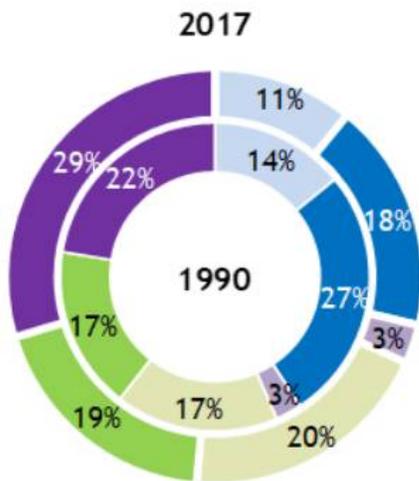


Figure : Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

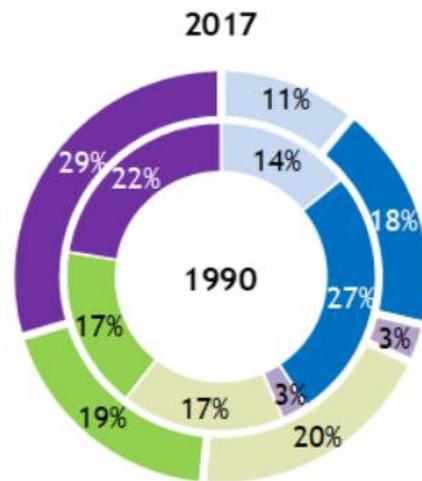


Figure : Évolution de la répartition des émissions de gaz à effet de serre (hors UTCATF, secteur des terres incluant le puits de carbone généré par la forêt) en France métropolitaine [5].

Bibliographie du chapitre et des activités

- [1] Météo France Éducation, *La structure de l'atmosphère*, 10/09/2019.
- [2] Landeau S., *L'atmosphère*, pccollège.fr, 10/09/2019.
- [3] Collège Antonin Perbosc, *L'atmosphère*, Youtube, 2011
- [4] ACNUSA, *Principaux polluants*
- [5] Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, *Inventaire Secten*, 08-2019, www.citepa.org

Bibliographie du chapitre et des activités

- [1] Météo France Éducation, *La structure de l'atmosphère*, 10/09/2019.
- [2] Landeau S., *L'atmosphère*, pccollège.fr, 10/09/2019.
- [3] Collège Antonin Perbosc, *L'atmosphère*, Youtube, 2011
- [4] ACNUSA, *Principaux polluants*
- [5] Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, *Inventaire Secten*, 08-2019, www.citepa.org

Bibliographie du chapitre et des activités

- [1] Météo France Éducation, *La structure de l'atmosphère*, 10/09/2019.
- [2] Landeau S., *L'atmosphère*, pccollège.fr, 10/09/2019.
- [3] Collège Antonin Perbosc, *L'atmosphère*, Youtube, 2011
- [4] ACNUSA, *Principaux polluants*
- [5] Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique, *Inventaire Secten*, 08-2019, www.citepa.org

Attendus de l'élève à la fin du chapitre :

- L'élève devra
- connaître les 4 gaz principaux de l'atmosphère ainsi que leur proportions,
 - connaître les bénéfices de l'atmosphère,
 - connaître les polluants (+ formule chimique) et leur origine,
 - savoir relier les sources de pollution à leur pourcentage d'émission dans le cas du CO₂.
 - expliquer l'effet de serre, le rôle de la couche d'ozone, définition du smog
 - citer des effets du réchauffement climatique,
 - citer deux réactions à base de l'acidification des eaux de pluie,
 - connaître nom et formules de H₂, H₂O, CO₂, CH₄, O₂, N₂.

Attendus de l'élève à la fin du chapitre :

- L'élève devra
- connaître les 4 gaz principaux de l'atmosphère ainsi que leur proportions,
 - connaître les bénéfices de l'atmosphère,
 - connaître les polluants (+ formule chimique) et leur origine,
 - savoir relier les sources de pollution à leur pourcentage d'émission dans le cas du CO₂.
 - expliquer l'effet de serre, le rôle de la couche d'ozone, définition du smog
 - citer des effets du réchauffement climatique,
 - citer deux réactions à base de l'acidification des eaux de pluie,
 - connaître nom et formules de H₂, H₂O, CO₂, CH₄, O₂, N₂.

Attendus de l'élève à la fin du chapitre :

- L'élève devra
- connaître les 4 gaz principaux de l'atmosphère ainsi que leur proportions,
 - connaître les bénéfices de l'atmosphère,
 - connaître les polluants (+ formule chimique) et leur origine,
 - savoir relier les sources de pollution à leur pourcentage d'émission dans le cas du CO₂.
 - expliquer l'effet de serre, le rôle de la couche d'ozone, définition du smog
 - citer des effets du réchauffement climatique,
 - citer deux réactions à base de l'acidification des eaux de pluie,
 - connaître nom et formules de H₂, H₂O, CO₂, CH₄, O₂, N₂.

Chapitre 2

Quelques propriétés de l'air

Ce chapitre a été réalisé en demi-groupe, lors des séances de travaux pratiques. Ce chapitre est entièrement tiré de [1].

2.1 Pression et volume de l'air

2.1.1 Pression atmosphérique

La pression atmosphérique se mesure avec un baromètre. La pression d'un gaz enfermé (bouteille, pneus ...) se mesure avec un manomètre.

L'unité de pression est le Pascal (Pa). Cependant, on utilise aussi couramment d'autres unités comme :

- l'hectopascal (hPa) tel que $1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$,
- le bar (bar) qui vérifie $1 \text{ bar} = 1000 \text{ hPa} = 100\,000 \text{ Pa}$

La pression atmosphérique normale au niveau de la mer est de 1013 hPa. Si la pression est supérieure à 1013 hPa, on parle d'un anticyclone (beau temps). Si elle est inférieure à 1013 hPa, on parle d'une dépression (mauvais temps).



FIGURE 2.1 – Un baromètre permet de mesurer la pression atmosphérique. Tiré de [1].

2.1.2 Compression et expansion d'un gaz

Expérience : Prenons une seringue reliée à un capteur de pression.

Comprimons l'air emprisonné dans la seringue. Observons.

Tirons maintenant au contraire le piston de la seringue. Observons.

Nota Bene : donner aux élèves des petites seringues pour qu'il puissent expérimenter.

Observations : lorsque l'on comprime l'air son volume diminue et sa pression augmente. Lorsque l'on détend l'air son volume augmente et sa pression diminue.

Conclusion : l'air n'a pas de forme propre. Il prend la forme du récipient et occupe la totalité du volume qui lui est offert. L'air qui est un mélange de gaz est compressible et expansible.

- Lorsque l'on comprime l'air, son volume diminue et sa pression augmente.
- Lorsque l'on détend l'air, son volume augmente et sa pression diminue.

Résumé de la discussion du cours sur la pression L'explication de la pression est microscopique. Les molécules qui nous entourent sont agitées, se cognent et rebondissent contre les objets sur leur passage. En se cognant, elles poussent ces objets et exercent donc une force sur eux. Nous ne sommes pas poussés d'un côté plus que l'autre par la pression car les molécules tapent devant, derrière et partout autour de nous : la force résultante s'annule donc.

Si la pression est égale à zéro dans un récipient, cela signifie soit qu'il n'y a aucune molécule dans ce récipient, soit qu'elles sont figées (aucune vitesse). Mais l'humain n'est pas capable d'y arriver sur Terre. Plusieurs laboratoires (notamment dans Paris [4]) arrivent à obtenir des pressions de 0,0000000001 Pa (il y a dix zéros). Une équipe de chercheurs du monde entier [5] (France, Allemagne, Russie, USA, Belgique) sont parvenus à obtenir des pressions 1000000000000 Pa = 1TPa (12 zéros, un TéraPascal, Téra c'est comme pour les mémoires d'ordinateur).

Le manomètre mesure des pressions relatives (entre l'intérieur d'un pneu et l'atmosphère) et le baromètre des pressions absolues.

2.2 Masse de l'air

Déterminons la masse de 1 litre d'air.

Protocole

1. On pèse un ballon rempli d'air : on trouve une masse qu'on note m_1 .
2. À l'aide du montage ci-contre, on enlève exactement 1L d'air du ballon. On remplit la bouteille d'eau puis on la renverse dans un bac rempli aussi d'eau. On relie grâce à un tube le ballon à la bouteille et on "chasse" l'eau de la bouteille avec l'air qui vient du ballon. On retire le tuyau du ballon dès que 1L d'eau a été retiré de la bouteille. On enlève ainsi 1L d'air du ballon.
3. On repèse le ballon. On trouve une masse qu'on note m_2 .

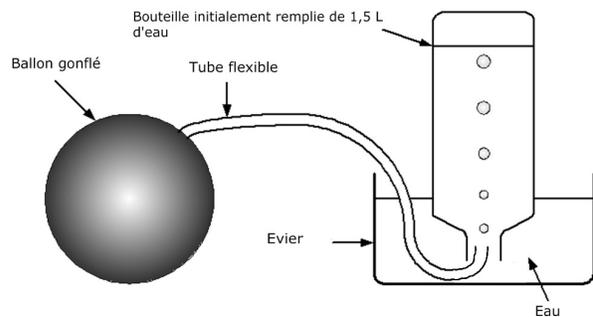


FIGURE 2.2 – Schéma de l'expérience permettant de mesurer la masse de 1L d'air. L'air contenu dans le ballon chasse l'eau : on appelle cette manipulation *recueil d'un gaz par déplacement d'eau*. Tiré de [1].

Observation : on trouve une $m_1 - m_2 = (1,3 \pm 0,1)\text{g}$ car la balance a une précision de 0,1g.

Conclusion : à la pression atmosphérique normale et à la température de 25°C, la masse d'un litre d'air vaut environ 1,3 g. Mais attention, la masse d'un litre d'air dépend de la température et de la pression !

Par exemple, l'air chaud est plus léger que l'air froid. C'est ainsi que certains oiseaux (et les parapentistes) utilisent les courants d'air chaud pour remonter dans le ciel.

Bibliographie

- [1] Stéphane Landeau. Quelques propriétés de l'air. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 10/09/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/matiere-de-lair-qui-nous-entoure-aux-molecules/chapitre-ii-quelques-proprietes-de-lair/>.
- [2] Scphybar. Comment peser l'air ?, consulté le 10/09/2019. URL <https://www.youtube.com/watch?v=sAY4xn1t3y0>.

- [3] Hélène *et al* Carré. *Physique Chimie 4ème*. Nathan, 2007.
- [4] Laboratoire Kastler Brossel. Paris. URL www.lkb.upmc.fr.
- [5] Natalia *et al*. Dubrovinskaia. Terapascal static pressure generation with ultrahigh yield strength nanodiamond. *Science advances*, 2(7) :e1600341, 2016.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

- savoir décrire ce qu'il se passe quand on comprime/détend un gaz (pression, volume),
- savoir que l'air n'a pas de forme propre et occupe tout le volume possible,
- expliquer l'origine microscopique de la pression,
- expliquer comment peser un litre d'air à l'aide d'un schéma et de quelques phrases,
- connaître la masse de 1L d'air.

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- le texte sur le résumé de la discussion de cours, suivi la bibliographie et les attendus de cours.

Interprétation microscopique de la pression

L'explication de la pression est microscopique. Les molécules qui nous entourent sont agitées, se cognent et rebondissent contre les objets sur leur passage. En se cognant, elles *poussent* ces objets et exercent donc une force sur eux. Nous ne sommes pas poussés d'un côté plus que l'autre par la pression car les molécules tapent devant, derrière et partout autour de nous : la force résultante s'annule donc. Si la pression diminue, cela peut avoir plusieurs causes : soit les molécules vont moins vite, soit leur nombre par unité de volume diminue, soit les deux en même temps.

Si la pression est égale à zéro dans un récipient, cela signifie donc soit qu'il n'y a plus aucune molécule dans ce récipient, soit qu'elles sont figées (aucune vitesse). Mais l'humain n'est pas capable d'y arriver sur Terre. Plusieurs laboratoires (notamment dans Paris [4]) arrivent à obtenir des pressions de 0,0000000001 Pa (il y a dix zéros). Une équipe de chercheurs du monde entier [5] (France, Allemagne, Russie, USA, Belgique) est parvenu à obtenir des pressions 100000000000 Pa = 1TPa (12 zéros, un TéraPascal) en utilisant des diamants (matériau le plus solide connu).

Bibliographie

- [1] Landau S., *Quelques propriétés de l'air*, pccollège.fr, 10/09/2019,
- [2] Scphybar, *Comment peser l'air ?*, YouTube, 20/02/2012.
- [3] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007
- [4] Laboratoire Kastler Brossel, Paris, www.lkb.upmc.fr
- [5] Dubrovinskaia N. *et al*, *Terapascal static pressure generation with ultrahigh yield strength nanodiamond*, Science Advances, 2016

Attendus de l'élève à la fin du chapitre :

L'élève devra

- savoir décrire ce qu'il se passe quand on comprime, /détend un gaz (pression, volume),
- savoir que l'air n'a pas de forme propre et occupe tout le volume possible,
- expliquer l'origine microscopique de la pression,
- expliquer comment peser un litre d'air à l'aide d'un schéma et de quelques phrases,
- connaître la masse de 1L d'air.

Interprétation microscopique de la pression

L'explication de la pression est microscopique. Les molécules qui nous entourent sont agitées, se cognent et rebondissent contre les objets sur leur passage. En se cognant, elles *poussent* ces objets et exercent donc une force sur eux. Nous ne sommes pas poussés d'un côté plus que l'autre par la pression car les molécules tapent devant, derrière et partout autour de nous : la force résultante s'annule donc. Si la pression diminue, cela peut avoir plusieurs causes : soit les molécules vont moins vite, soit leur nombre par unité de volume diminue, soit les deux en même temps.

Si la pression est égale à zéro dans un récipient, cela signifie donc soit qu'il n'y a plus aucune molécule dans ce récipient, soit qu'elles sont figées (aucune vitesse). Mais l'humain n'est pas capable d'y arriver sur Terre. Plusieurs laboratoires (notamment dans Paris [4]) arrivent à obtenir des pressions de 0,0000000001 Pa (il y a dix zéros). Une équipe de chercheurs du monde entier [5] (France, Allemagne, Russie, USA, Belgique) est parvenu à obtenir des pressions 100000000000 Pa = 1TPa (12 zéros, un TéraPascal) en utilisant des diamants (matériau le plus solide connu).

Bibliographie

- [1] Landau S., *Quelques propriétés de l'air*, pccollège.fr, 10/09/2019,
- [2] Scphybar, *Comment peser l'air ?*, YouTube, 20/02/2012.
- [3] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007
- [4] Laboratoire Kastler Brossel, Paris, www.lkb.upmc.fr
- [5] Dubrovinskaia N. *et al*, *Terapascal static pressure generation with ultrahigh yield strength nanodiamond*, Science Advances, 2016

Attendus de l'élève à la fin du chapitre :

L'élève devra

- savoir décrire ce qu'il se passe quand on comprime, /détend un gaz (pression, volume),
- savoir que l'air n'a pas de forme propre et occupe tout le volume possible,
- expliquer l'origine microscopique de la pression,
- expliquer comment peser un litre d'air à l'aide d'un schéma et de quelques phrases,
- connaître la masse de 1L d'air.

Chapitre 3

Modèle particulaire

3.1 Représentation des gaz

Définition : Un corps pur n'est composé que d'une seule sorte de molécule [1].

L'air est composé de différentes molécules : ce n'est pas un corps pur mais un mélange. En revanche, dans la vapeur d'eau, il n'y a que des molécules d'eau (H_2O).

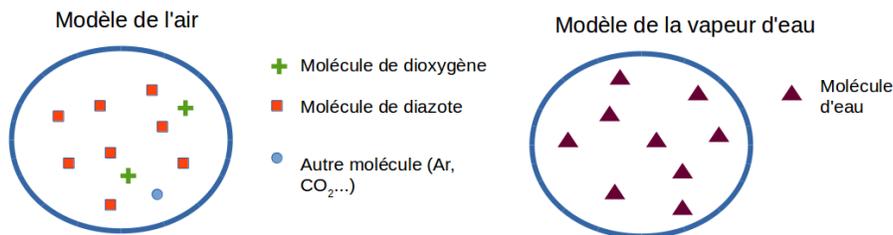


FIGURE 3.1 – Dans un corps pur (droite), il n'y a qu'un seul type de molécule ou d'atome. Dans un mélange en revanche, il n'y a qu'un seul type de particule.

3.2 Modèle microscopique des états physique

Que ce soit à l'état solide, liquide ou gazeux, l'eau est composé de molécules d'eau (H_2O).

3.2.1 Les solides

- Les solides ont une forme qui leur est propre.
- Les solides ont un volume constant : un solide est incompressible.
- Les molécules d'un solide sont très proches les unes des autres et immobiles. Les molécules sont liées entre elles.

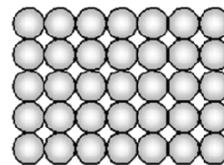


FIGURE 3.2 – Modélisation microscopique d'un solide [2].

L'état solide est un état **compact** et **ordonné**.

3.2.2 Les liquides

- Les liquides ont une surface repos plane et horizontale,
- Les liquides ont un volume constant : un liquide est incompressible.
- Les molécules d'un liquide sont proches les unes des autres et agitées. Les molécules sont faiblement liées et peuvent glisser les unes sur les autres.

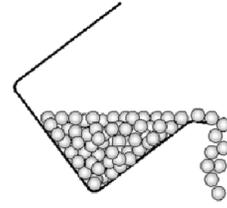


FIGURE 3.3 – Modélisation microscopique d'un liquide [2].

L'état liquide est un état **compact** et **désordonné**.

3.2.3 Les gaz

- Un gaz n'a pas de forme propre, il occupe tout le volume qu'on lui offre (le gaz qui s'échappe d'une gazinière sent rapidement dans toute la cuisine) : c'est le phénomène de diffusion.
- Le volume d'un gaz est variable : un gaz est compressible et expansible.
- Les molécules d'un gaz sont éloignées les unes des autres et agitées. Elles se déplacent dans tous les sens à grande vitesse. Les molécules ne sont pas liées.

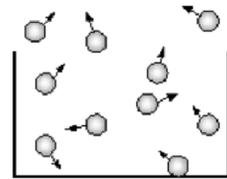


FIGURE 3.4 – Modélisation microscopique d'un gaz [2].

L'état gazeux est très **désordonné** et **dispersé**.

3.2.4 Les changements d'états

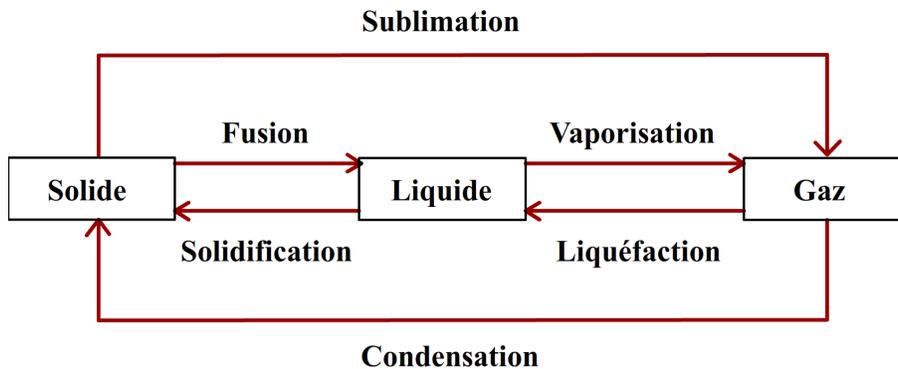


FIGURE 3.5 – Les noms des transitions entre les différents états de la matière. Tiré de [2].

La vaporisation d'un liquide peut se faire soit :

- par évaporation (par exemple une flaque d'eau s'évapore rapidement au soleil),
- par ébullition (si on chauffe de l'eau, des bulles de vapeur d'eau se forment et l'eau bout).

3.2.5 Entre liquide et solide, la physique compliquée

Regarder l'extrait de *On est pas que des cobayes!*, *Peut-on marcher sur l'eau?* [4].



FIGURE 3.6 – À gauche, des grains de maïzena au microscope [3] : les molécules de maïzena se regroupent pour former de plus grosses particules. À droite, les cobayes qui courent sur une piscine remplie de maïzena [4].

Les petits grains sur le schéma sont formés par des “molécules de Maïzena” qui se sont regroupées. L'eau circule entre ces petits grains. Lorsque l'on plonge doucement son doigt dans le mélange, il y a assez d'eau entre les grains pour qu'ils puissent rouler sans se gêner. Si par contre on fait cela brutalement, on chasse d'un coup toute l'eau qui se trouvait entre les grains. Compte tenu de leur forme, ceux-ci ont alors du mal à glisser les uns contre les autres. Ils se coincent entre eux, ce qui donne cette solidité au mélange. En effet, un choc expulse l'eau entre les grains, qui se rapprochent les uns des autres et finissent par presque se toucher. Ce faisant, l'écoulement se bloque et la suspension se comporte alors plutôt comme un solide.

Tiré de [3].

3.3 Mélange de gaz ou de liquides

3.3.1 Évolution de la masse d'un mélange de liquides

Expérience : on prend deux béchers remplis de deux différents liquides que l'on pèse. On renverse l'un des liquide dans l'autre bécher et on re-pèse les deux béchers : y-a-t-il conservation de la masse ?

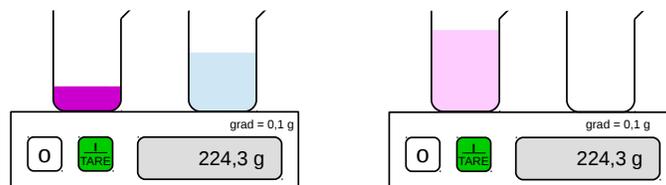


FIGURE 3.7 – Lors du mélange de deux liquides, la masse se conserve.

Observation : on observe que la masse mesurée par la balance avant le mélange est la même que celle mesurée après.

Conclusion : quand on mélange deux liquides ou deux gaz, la masse se conserve. Si on réfléchit au niveau microscopique, le nombre de molécules ne change pas donc la masse ne change pas.

3.3.2 Évolution de la masse d'une dissolution

Expérience : on prend un bécher rempli d'eau et une coupole avec du sucre. On verse ensuite le sucre dans le bécher d'eau : y a-t-il conservation de la masse ?

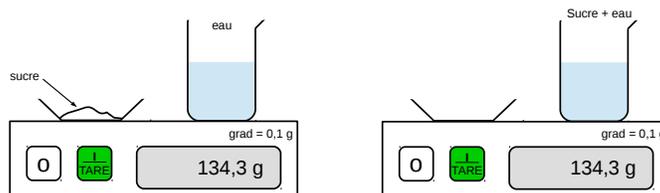


FIGURE 3.8 – Lors d'une dissolution

Observation : on observe que la masse mesurée par la balance avant le mélange est la même que celle mesurée après.

Conclusion : quand on fait une dissolution (qu'on mélange un solide avec un liquide) la masse ne change pas. Là encore, le nombre de molécules ne change pas donc la masse non plus.

3.3.3 Évolution de la masse lors d'un changement d'état

Expérience : prenons de la glace que nous pesons. Attendons qu'elle se transforme en eau liquide et re-pesons la. La masse a-t-elle changé ?

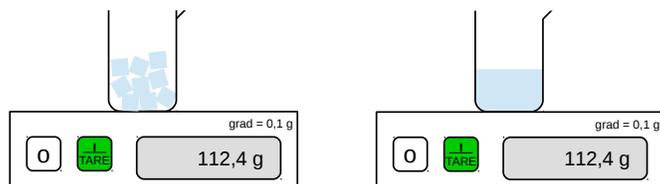


FIGURE 3.9 – Lors du mélange de deux liquides, la masse se conserve.

Observation : on observe que la masse mesurée par la balance avant le mélange est la même que celle mesurée après.

Interprétation : toutes les molécules qui étaient avant la transformation à l'état solide sont maintenant à l'état liquide. Mais leur nombre et leur masse n'ont pas changé. La masse totale est donc la même.

Conclusion : quand il y a une transformation physique, la masse se conserve. La masse des molécules à l'état solide est la même que celle des molécules à l'état liquide.

3.3.4 Évolution de la masse lors d'une réaction chimique

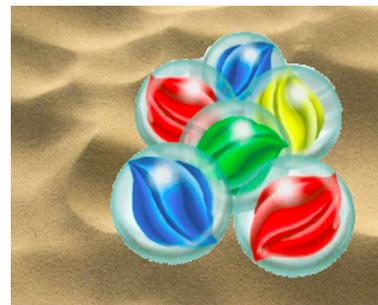
Voir TP de Tintin et le sous-marin.

3.3.5 Et le volume dans tout ça ?

Expérience : Prenons 50mL d'eau et 50mL d'éthanol : mélangeons-les.

Observation : le volume total n'est pas de 100mL mais de 96mL...

Interprétation : Le volume du mélange ne vaut plus que 96mL ! (plus exactement 96,26mL). Il y a eu contraction de volume ! Notons que la masse finale reste bien égale à la somme des deux masses séparées ! Imaginez un sac de billes et un sac de même volume rempli de sable. Mélangez les deux. Pouvez-vous remplir les deux sacs ? Non bien sûr, les grains de sable vont occuper l'interstice entre les billes et le volume sera donc inférieur au volume plein des deux sacs. Il en est de même pour les molécules d'éthanol ("les billes") et les molécules d'eau ("les grains de sable") !



Texte distribué, tiré de [5].

Bibliographie

- [1] Hélène *et al* Carré. *Physique Chimie 4ème*. Nathan, 2007.
- [2] Stéphane Landeau. Description moléculaire de la matière. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 21/09/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/matiere-de-lair-qui-nous-entoure-aux-molecules/chapitre-iii-description-moleculaire-de-la-matiere/>.
- [3] Aurélien et Victoria. Qu'est-ce que la maïzena ? *Journée de la science du lycée Dupont-Maurepas de Versailles*, 2019. URL <https://slideplayer.fr/slide/1461299/>.
- [4] On n'est pas que des cobayes ! Peut-on marcher sur l'eau ? *France Télévision*, avril 2014. URL <https://www.youtube.com/watch?v=jhCdAnU56Jw>.
- [5] Armand di Marco. Le mélange éthanol-eau, consulté le 29/09/2019. URL <http://www.chim.lu/ch1106.php>.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra savoir

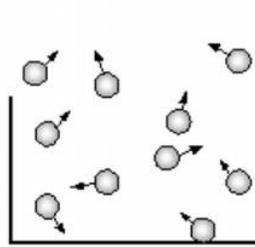
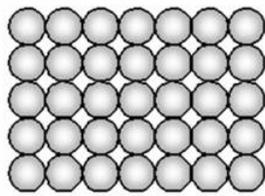
- définir et utiliser les notions de corps pur, mélange et donner des exemples,
- définir l'état solide et ses caractéristiques (incompressible, molécules proches, immobiles et liées, état compact et ordonné),
- définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- 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,
- faire des schémas représentant les molécules dans chacun des états,
- les noms des 6 changements d'états,
- que lors d'un mélange, la masse se conserve,
- que lors d'un changement d'état, la masse se conserve,
- que lors d'un mélange, le volume ne se conserve pas forcément.

Annexes

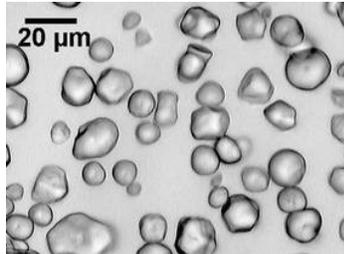
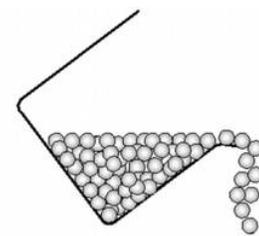
Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- les figures 3.2, 3.3 et 3.4 ainsi que les figures et les texte de la partie sur la maïzena,
- l'interprétation de la non-conservation du volume dans le cas d'un mélange éthanol-eau,
- la bibliographie et les attendus de cours.

Modélisation
d'un solide

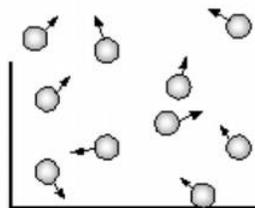
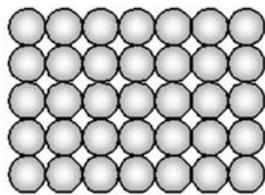


Modélisation d'un liquide

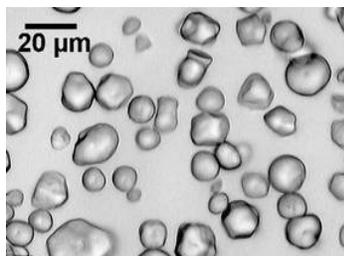
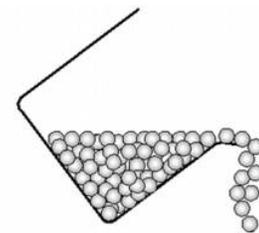


« Les petits grains sur le schéma sont formés par des « molécules de Maïzena » qui se sont regroupées. L'eau circule entre ces petits grains. Lorsque l'on plonge doucement son doigt dans le mélange, il y a assez d'eau entre les grains pour qu'ils puissent rouler sans se gêner. Si par contre on fait cela brutalement, on chasse d'un coup toute l'eau qui se trouvait entre les grains. Compte tenu de leur forme, ceux-ci ont alors du mal à glisser les uns contre les autres. Ils se coincent entre eux, ce qui donne cette solidité au mélange. En effet, un choc expulse l'eau entre les grains, qui se rapprochent les uns des autres et finissent par presque se toucher. Ce faisant, l'écoulement se bloque et la suspension se comporte alors plutôt comme un solide. »

Modélisation
d'un solide



Modélisation d'un liquide



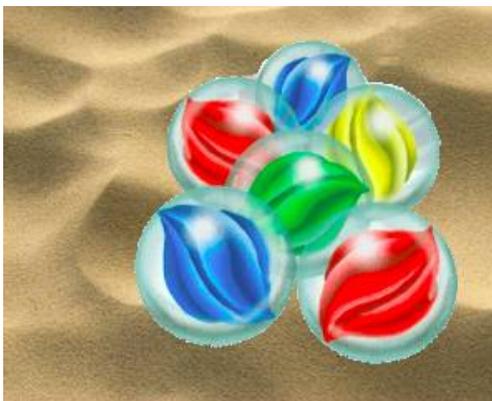
« Les petits grains sur le schéma sont formés par des « molécules de Maïzena » qui se sont regroupées. L'eau circule entre ces petits grains. Lorsque l'on plonge doucement son doigt dans le mélange, il y a assez d'eau entre les grains pour qu'ils puissent rouler sans se gêner. Si par contre on fait cela brutalement, on chasse d'un coup toute l'eau qui se trouvait entre les grains. Compte tenu de leur forme, ceux-ci ont alors du mal à glisser les uns contre les autres. Ils se coincent entre eux, ce qui donne cette solidité au mélange. En effet, un choc expulse l'eau entre les grains, qui se rapprochent les uns des autres et finissent par presque se toucher. Ce faisant, l'écoulement se bloque et la suspension se comporte alors plutôt comme un solide. »

« Le volume du mélange ne vaut plus que 96mL ! (plus exactement 96,26mL). Il y a eu contraction de volume ! Notons que la masse finale reste bien égale à la somme des deux masses séparées !

Imaginez un sac de billes et un sac de même volume rempli de sable. Mélangez les deux. Pouvez-vous remplir les deux sacs?

Non bien sûr, les grains de sable vont occuper l'interstice entre les billes et le volume sera donc inférieur au volume plein des deux sacs. Il en est de même pour les molécules d'éthanol ("les billes") et les molécules d'eau ("les grains de sable") ! »

Tiré de [6].

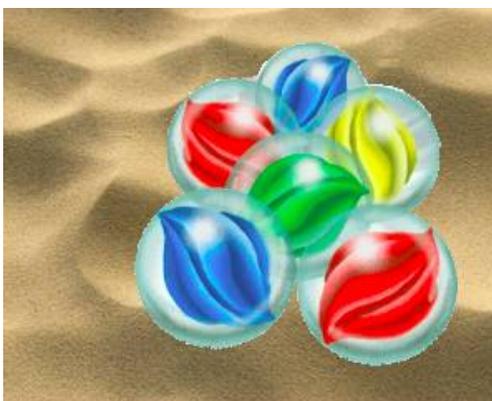


« Le volume du mélange ne vaut plus que 96mL ! (plus exactement 96,26mL). Il y a eu contraction de volume ! Notons que la masse finale reste bien égale à la somme des deux masses séparées !

Imaginez un sac de billes et un sac de même volume rempli de sable. Mélangez les deux. Pouvez-vous remplir les deux sacs?

Non bien sûr, les grains de sable vont occuper l'interstice entre les billes et le volume sera donc inférieur au volume plein des deux sacs. Il en est de même pour les molécules d'éthanol ("les billes") et les molécules d'eau ("les grains de sable") ! »

Tiré de [6].

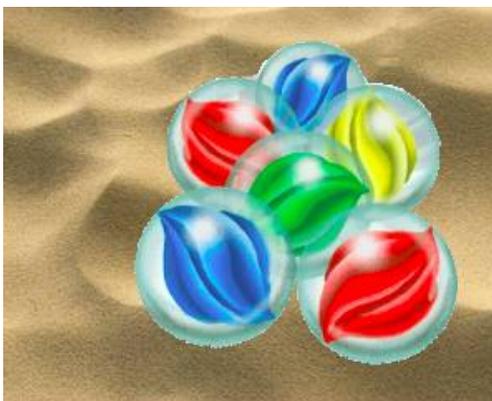


« Le volume du mélange ne vaut plus que 96mL ! (plus exactement 96,26mL). Il y a eu contraction de volume ! Notons que la masse finale reste bien égale à la somme des deux masses séparées !

Imaginez un sac de billes et un sac de même volume rempli de sable. Mélangez les deux. Pouvez-vous remplir les deux sacs?

Non bien sûr, les grains de sable vont occuper l'interstice entre les billes et le volume sera donc inférieur au volume plein des deux sacs. Il en est de même pour les molécules d'éthanol ("les billes") et les molécules d'eau ("les grains de sable") ! »

Tiré de [6].



Bibliographie

- [1] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007 - définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- [2] Landau S., *Description moléculaire de la matière*, pccollege.fr, consulté le 21/09/2019.
- [3] Lecaron A., Chatelain V. et Lowe D., *Peut-on marcher sur l'eau ?*, On est pas que des cobayes, avril 2014.
- [4] Bailly S., *Marcher sur l'eau, un tour de force décrypté au niveau microscopique*, Pour la Science, juillet 2016.
- [5] Aurélien et Victoria, *Qu'est-ce que la maïzena ?*, Journée de la science, lycée Dupont-Maurepas de Versailles, 2019.
- [6] *Le mélange éthanol-eau*, www.chim.lu

Attendus de l'élève à la fin du chapitre

L'élève devra :

- définir et utiliser les notions de corps pur, mélange et donner des exemples,
- définir l'état solide et ses caractéristiques (incompressible, molécules proches, immobiles et liées, état compact et ordonné),
- définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- 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),
- faire des schémas représentant les molécules dans chacun des états,
- les noms des 6 changements d'états,
- que lors d'un mélange, la masse se conserve,
- que lors d'un changement d'état, la masse se conserve,
- que lors d'un mélange, le volume ne se conserve pas forcément.

Bibliographie

- [1] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007 - définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- [2] Landau S., *Description moléculaire de la matière*, pccollege.fr, consulté le 21/09/2019.
- [3] Lecaron A., Chatelain V. et Lowe D., *Peut-on marcher sur l'eau ?*, On est pas que des cobayes, avril 2014.
- [4] Bailly S., *Marcher sur l'eau, un tour de force décrypté au niveau microscopique*, Pour la Science, juillet 2016.
- [5] Aurélien et Victoria, *Qu'est-ce que la maïzena ?*, Journée de la science, lycée Dupont-Maurepas de Versailles, 2019.
- [6] *Le mélange éthanol-eau*, www.chim.lu

Attendus de l'élève à la fin du chapitre

L'élève devra :

- définir et utiliser les notions de corps pur, mélange et donner des exemples,
- définir l'état solide et ses caractéristiques (incompressible, molécules proches, immobiles et liées, état compact et ordonné),
- définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- 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),
- faire des schémas représentant les molécules dans chacun des états,
- les noms des 6 changements d'états,
- que lors d'un mélange, la masse se conserve,
- que lors d'un changement d'état, la masse se conserve,
- que lors d'un mélange, le volume ne se conserve pas forcément.

Bibliographie

- [1] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007 - définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- [2] Landau S., *Description moléculaire de la matière*, pccollege.fr, consulté le 21/09/2019.
- [3] Lecaron A., Chatelain V. et Lowe D., *Peut-on marcher sur l'eau ?*, On est pas que des cobayes, avril 2014.
- [4] Bailly S., *Marcher sur l'eau, un tour de force décrypté au niveau microscopique*, Pour la Science, juillet 2016.
- [5] Aurélien et Victoria, *Qu'est-ce que la maïzena ?*, Journée de la science, lycée Dupont-Maurepas de Versailles, 2019.
- [6] *Le mélange éthanol-eau*, www.chim.lu

Attendus de l'élève à la fin du chapitre

L'élève devra :

- définir et utiliser les notions de corps pur, mélange et donner des exemples,
- définir l'état solide et ses caractéristiques (incompressible, molécules proches, immobiles et liées, état compact et ordonné),
- définir l'état liquide et ses caractéristiques (incompressible, état compact et désordonné, molécules proches et faiblement liées),
- 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),
- faire des schémas représentant les molécules dans chacun des états,
- les noms des 6 changements d'états,
- que lors d'un mélange, la masse se conserve,
- que lors d'un changement d'état, la masse se conserve,
- que lors d'un mélange, le volume ne se conserve pas forcément.

Chapitre 4

De l'atome à la réaction chimique

4.1 L'atome

4.1.1 Un peu d'histoire

Visionnage de l'extrait de C'est pas Sorcier "Voyage au cœur de la matière", C'est pas sorcier [1]. (4"48).

La matière est composée de toutes petites particules appelées atomes. Leur taille est de 0,0000000001 mètres. L'être humain est constitué de cellules composées de molécules elle-même composées de différents atomes! De la même façon, tous les objets sont constitués de molécules et donc d'atomes. Il existe une centaine d'atomes dans l'univers répertoriés dans le tableau périodique des éléments.

L'idée d'atome remonte à l'antiquité et faisait l'objet d'un grand débat.

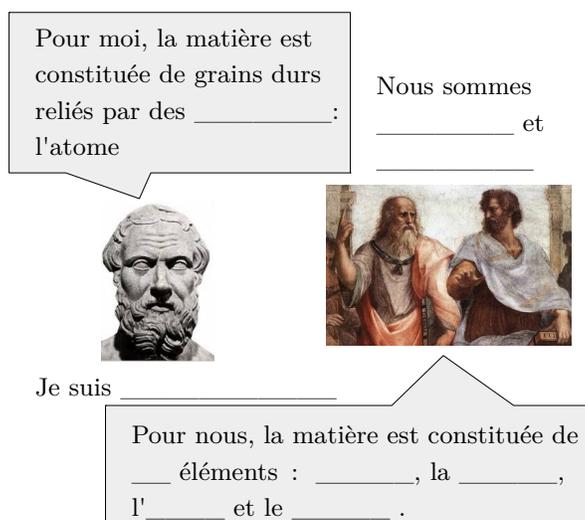


FIGURE 4.1 – Pour Démocrite, la matière est constituée de grains durs (les atomes) reliés par des crochets. Pour Platon et Aristote en revanche, la matière est constituée de 4 éléments : la terre, l'air, le feu et l'eau.

La description de la matière d'Aristote et Platon restera valable jusqu'au XVII^{ème} siècle avant que la classification périodique des éléments ne soit définitivement expliquée par Mendeleïev en 1869.

4.1.2 Représentation des atomes

Visionnage du petit film de Mediachimie, Le tableau périodique de Mendeleïev [8].

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.

Le symbole d'un atome est la première lettre de son nom latin en majuscule, suivie éventuellement de la 2^{ème} lettre en minuscule.

Élément	Nom latin	Symbole
Fer	Ferrum	Fe
Potassium	Kalium	K
Sodium	Natrium	Na
Or	Aurum	Au
Mercure	Hydragyrum	Hg

TABLE 4.1 – Quelques éléments chimiques avec leur nom latin et leur symbole. L'ensemble des symboles des éléments chimiques est répertorié dans le tableau périodique des éléments.

4.2 Les molécules

Les atomes vont ensuite établir des liaisons chimiques les uns avec les autres pour former des molécules.

Définition : une molécule est un ensemble de au moins deux atomes reliés par des liaisons chimiques. Pour représenter une molécule, on utilise justement les symboles répertoriés dans la table 4.1. On procède ainsi :

- on note à la suite le symbole de tous les atomes présents dans la molécule,
- si il y a plus de un atome, on indique le nombre en petit, en bas à droite du symbole de l'atome (en *indice*).

Par exemple, une molécule d'eau est constituée de un atome d'hydrogène (H) et un atome d'oxygène (O). On la note donc H₂O.

Attention : on n'écrit pas H₂O₁, pas besoin de préciser le "1" !

Cependant, pour se représenter les molécules en 3D, dans l'espace, on utilise aussi des petites boules de couleur : à chaque couleur correspond un atome. Attention, ce n'est pas parce que la boule d'un atome est blanche que l'atome est blanc !

Nom de l'atome	Hydrogène	Oxygène	Carbone	Azote	Chlore	Soufre
Symbole	H	O	C	N	Cl	S
Couleur de la boule	Blanc	Rouge	Noir	Bleu	Vert	Jaune

TABLE 4.2 – Symboles d'atomes courants et couleur de la boule qui les représente dans un modèle moléculaire.

Reprenons l'exemple de l'eau, composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène. Le modèle moléculaire de la molécule d'eau sera donc constitué de deux boules blanches (atomes d'hydrogène) et d'une boule rouge (atome d'oxygène).

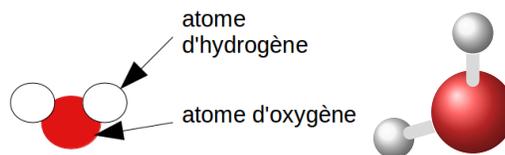


FIGURE 4.2 – À gauche, dessin du modèle moléculaire de l'eau, constitué de deux boules blanches (H) autour d'une boule rouge (O). À droite, modèle moléculaire d'eau en trois dimension, comme nous le construirons en travaux pratiques.

Nom de la molécule	Dioxyde de carbone	Diazote	Oxyde d'azote	Méthane	Dioxyde de soufre
Formule chimique	CO ₂	N ₂	NO	CH ₄	SO ₂
Représentation					
Modèle moléculaire (voir TP)					

TABLE 4.3 – Représentation schématiques de molécules usuelles. Le modèle moléculaire avec de boules en 3D est vu en demi-groupes.

4.3 La réaction chimique

Les molécules sont donc des regroupements d'atomes. Au cours d'une transformation chimique (ou réaction chimique), les atomes changent de configuration ce qui fait changer les molécules.

Voir la vidéo de Médiachimie sur Lavoisier [6].

Légender le schéma de l'expérience de Lavoisier.

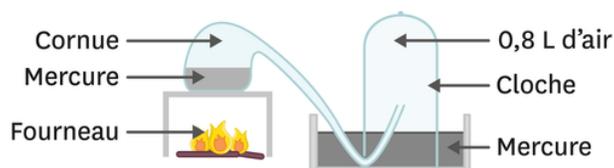


FIGURE 4.3 – Schéma de l'expérience de Lavoisier lui ayant permis de trouver la composition de l'air. Le dioxygène sous la cloche réagit avec le mercure.

Comment Lavoisier a-t-il su que c'était le dioxygène qui avait réagi ?

Il a placé une souris dans la cloche et s'est aperçu qu'elle mourrait : c'est donc le dioxygène qui a disparu.

Compléter la phrase suivante à connaître par cœur et afficher dans vos toilettes, chambre et cuisine.

Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme

Quels sont les réactifs de la transformation chimique qu'observe Lavoisier ? Quels sont les produits ?

Les réactifs sont les substances présentes avant la réaction, les produits sont les substances formées.

Réactif 1 : mercure (Hg),

Réactif 2 : dioxygène (O₂),

Produit : Oxyde de mercure (HgO).

Nous modélisons donc la réaction comme suit :



qu'il faut lire : deux atomes de mercure réagissent avec une molécule de dioxygène pour former deux molécules de monoxyde de mercure HgO.

Combien y-a-t-il d'atomes d'oxygène parmi les réactifs de la réaction ? Parmi les produits ? Y-a-t-il bien conservation du nombre d'atome d'oxygène ?

Il y a une molécule de dioxygène dans les réactifs donc deux atomes d'oxygène. Dans les produits, il y a 2 molécules de monoxyde de mercure donc deux atomes d'oxygène. Il y a donc bien conservation du nombre d'atome d'oxygène dans cette réaction.

Faire de même avec les atomes de mercure : y-a-t-il conservation du nombre d'atomes de mercure ? Il y a deux atomes de mercure dans les réactifs. Dans les produits, il y a 2 molécules de monoxyde de mercure donc deux atomes de mercure. Il y a donc bien conservation du nombre d'atome de mercure dans cette réaction.

Définitions :

Équation chimique : modélise la transformation de molécules et d'atomes lors d'une transformation chimique. On met des + entre les réactifs et une flèche → entre réactifs et produits.

Réactif : substance consommée lors de la réaction chimique. Il se note à gauche de la flèche de réaction.

Produit : substance formée lors de la réaction chimique. Il se note à droite de la flèche de réaction.

Bibliographie

- [1] C'est pas sorcier. Voyage au coeur de la matière. *France Télévision*, 2006.
- [2] Wikipédia. Aristote, consulté le 29/09/19. URL <https://fr.wikipedia.org/wiki/Aristote>.
- [3] Stéphane Landeau. De l'atome à la réaction chimique. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 21/09/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/matiere-de-lair-qui-nous-entoure-aux-molecules/chapitre-v-de-latome-a-la-reaction-chimique/>.
- [4] Hélène *et al* Carré. *Physique Chimie 4ème*. Nathan, 2007.
- [5] Benoit Challemeil 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.
- [6] Mediachimie. L'expérience de Lavoisier. *Fondation de la Maison de la Chimie*, avril 2017. URL <https://www.youtube.com/watch?v=sur0JNts53E>.
- [7] Tony Leparoux. TP/DI. *Chimie 2016-2017, Physikos*, consulté le 14/10/2020. URL <http://physikos.free.fr/file/011-4eme/3-chap3-transformations%20chimiques-combustions/TP%20sous%20marin%20conservation%20masse%202016%20bis.pdf>.

- [8] Mediachimie. Le tableau périodique de mendeleïev. *Fondation de la Maison de la Chimie*, avril 2017. URL <https://www.youtube.com/watch?v=KEhVZX6gEvs>.

Attendus de l'élève

- À la fin de ce chapitre, l'élève devra savoir
- savoir que l'humain est composé de cellules, elles-même composées de molécules, elle-mêmes composé d'atome,
 - savoir que la notion d'atome remonte à l'antiquité et Démocrite,
 - savoir expliquer les deux modèles opposés à l'antiquité,
 - connaître les 4 éléments de la (fausse) théorie de Platon et Aristote,
 - savoir pourquoi la théorie des 4 éléments a perduré pendant plusieurs siècles,
 - lorsqu'on donne le code couleur de représentation des atomes, savoir le nom et la formule et faire le modèle des molécules suivantes et CO_2 , N_2 , CH_4 , SO_2 , NO , H_2O ,
 - lorsqu'on donne le schéma de l'expérience de Lavoisier, être capable d'expliquer la réaction ainsi que donner l'équation de réaction
 - connaître le symbole du mercure et la molécule de monoxyde de mercure,
 - savoir définir réactif, produit, équation de réaction
 - écrire une équation de réaction lorsqu'on donne produits et réactifs

Annexes

- Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.
- le texte à trou avec la figure 4.1 du début du cours,
 - la feuille comportant les questions sur la vidéo de Lavoisier [6],
 - le TP sur la conservation de la masse lors d'une réaction chimique (tiré de [7]),
 - la bibliographie et les attendus de cours.

Chapitre 4 : de l'atome à la réaction chimique

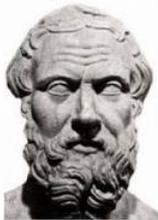
I L'atome

La matière est composée de toutes petites particules appelées _____. Leur taille est de _____ mètres. L'être humain est constitué de _____ composée de _____ elle-même composée de différents atomes ! De la même façon, tous les objets sont constitués de _____ et donc _____. Il existe _____ d'atomes dans l'univers répertoriés dans le **tableau périodique des éléments**.

L'idée d'atome remonte à l'antiquité et faisait l'objet d'un grand débat :

Pour moi, la matière est constituée de grains durs reliés par des _____ : l'atome

Nous sommes _____ et _____

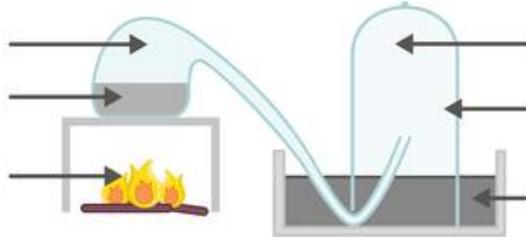


Je suis _____

Pour nous, la matière est constituée de _____ éléments : _____, la _____, l'_____ et le _____.

La description de la matière d'Aristote et Platon restera valable jusqu'au XVII^{ème} siècle avant que la classification périodique des éléments ne soit définitivement expliquée par Mendeleïev en _____.

Légènder le schéma de l'expérience de Lavoisier.



Comment Lavoisier a-t-il su que c'était le dioxygène qui avait réagi ?

Compléter la phrase suivante à connaître par cœur et afficher dans vos toilettes, chambre et cuisine.

Rien ne se, rien ne se, tout se

Quels sont les réactifs de la transformation chimique qu'observe Lavoisier ? Quels sont les produits ? Les réactifs sont les substances présentes avant la réaction, les produits sont les substances formées.

Réactif 1 :	Produit :
Réactif 2 :	

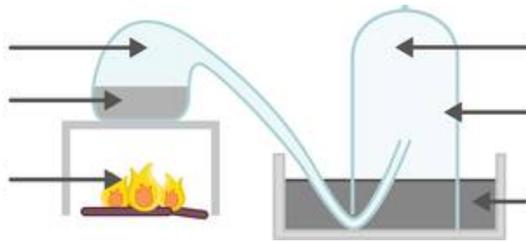
Nous modélisons donc la réaction comme suit :



Qu'il faut lire : deux atomes de mercure réagissent avec une molécule de dioxygène pour former deux molécules de monoxyde de mercure. Combien y-a-t-il d'atomes d'oxygène parmi les réactifs de la réaction ? Parmi les produits ? Y-a-t-il bien conservation du nombre d'atome d'oxygène ?

Faire de même avec les atomes de mercure : y-a-t-il conservation du nombre d'atomes de mercure ?

Légènder le schéma de l'expérience de Lavoisier.



Comment Lavoisier a-t-il su que c'était le dioxygène qui avait réagi ?

Compléter la phrase suivante à connaître par cœur et afficher dans vos toilettes, chambre et cuisine.

Rien ne se, rien ne se, tout se

Quels sont les réactifs de la transformation chimique qu'observe Lavoisier ? Quels sont les produits ? Les réactifs sont les substances présentes avant la réaction, les produits sont les substances formées.

Réactif 1 :	Produit :
Réactif 2 :	

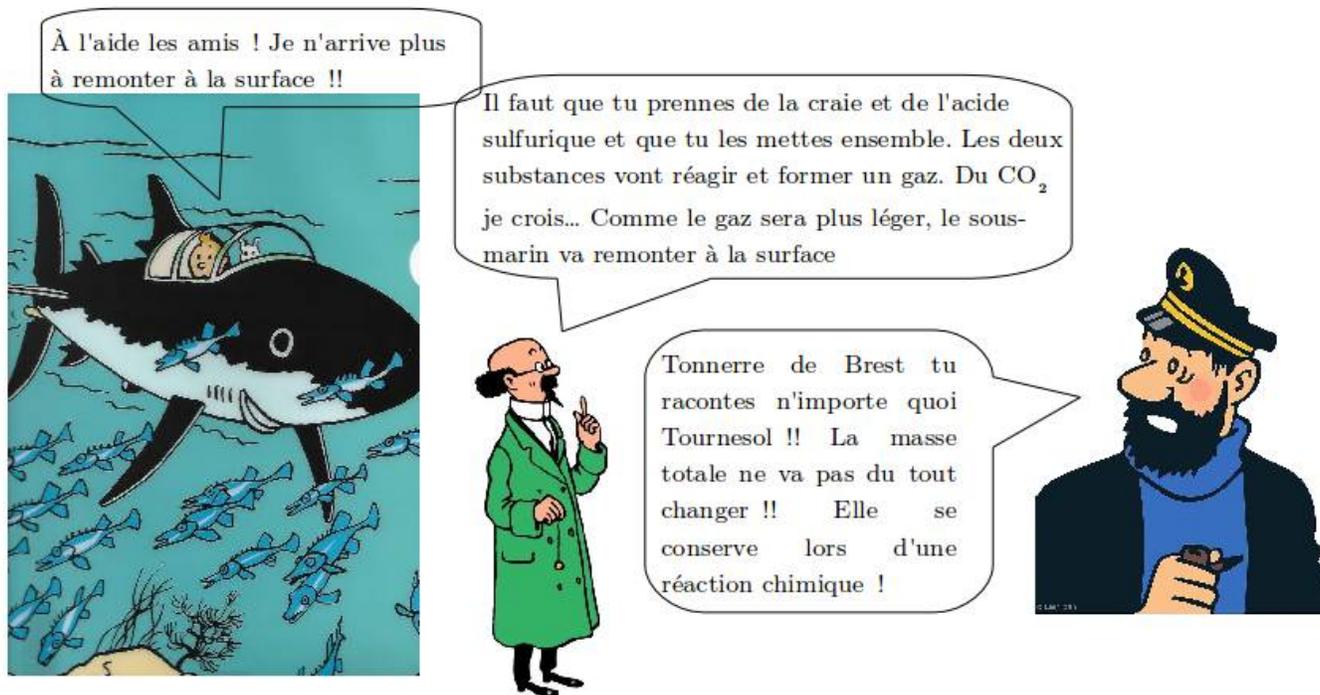
Nous modélisons donc la réaction comme suit :



Qu'il faut lire : deux atomes de mercure réagissent avec une molécule de dioxygène pour former deux molécules de monoxyde de mercure. Combien y-a-t-il d'atomes d'oxygène parmi les réactifs de la réaction ? Parmi les produits ? Y-a-t-il bien conservation du nombre d'atome d'oxygène ?

Faire de même avec les atomes de mercure : y-a-t-il conservation du nombre d'atomes de mercure ?

Travail expérimental du chapitre 4



Hypothèse :

Protocole : (Écrire le protocole, appeler le professeur avant de manipuler). /3

Observations : (manipulation dans le calme) /3

Interprétation : /1

Conclusion : Lors d'une réaction chimique, la masse initiale des réactifs que la masse finale des produits. /1

Manipulation et rangement de la paillasse /1

Bibliographie

- [1] C'est pas sorcier, Voyage au coeur de la matière, France 2, 2007
- [2] Wikipédia, *Aristote*, consulté le 29/09/19
- [3] Landeau S., *De l'atome à la réaction chimique* pccollege.fr, consulté le 21/09/2019.
- [4] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007
- [5] Challemel du Rozier G., *L'histoire de l'atome*, Académie d'Orléans-Tours, 2016.
- [6] Mediachimie, *L'expérience de Lavoisier*, [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...), avril 2017

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- savoir que l'humain est composé de cellules, elles-même composées de molécules, elle-mêmes composées d'atome,
- savoir que la notion d'atome remonte à l'antiquité et Démocrite,
- savoir expliquer les deux modèles opposés à l'antiquité,
- connaître les 4 éléments de la (fausse) théorie de Platon et Aristote,
- savoir pourquoi la théorie des 4 éléments a perduré pendant plusieurs siècles,
- lorsqu'on donne le code couleur de représentation des atomes, savoir le nom et la formule et faire le modèle des molécules suivantes et CO₂, N₂, CH₄, SO₂, NO, H₂O,
- lorsqu'on donne le schéma de l'expérience de Lavoisier, être capable d'expliquer la réaction ainsi que donner l'équation de réaction
- connaître le symbole du mercure et la molécule de monoxyde de mercure,
- savoir définir réactif, produit, équation de réaction
- écrire une équation de réaction lorsqu'on donne produits et réactifs

Bibliographie

- [1] C'est pas sorcier, Voyage au coeur de la matière, France 2, 2007
- [2] Wikipédia, *Aristote*, consulté le 29/09/19
- [3] Landeau S., *De l'atome à la réaction chimique* pccollege.fr, consulté le 21/09/2019.
- [4] Carré-Montréjaud *et al*, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007
- [5] Challemel du Rozier G., *L'histoire de l'atome*, Académie d'Orléans-Tours, 2016.
- [6] Mediachimie, *L'expérience de Lavoisier*, [youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=...), avril 2017

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- savoir que l'humain est composé de cellules, elles-même composées de molécules, elle-mêmes composées d'atome,
- savoir que la notion d'atome remonte à l'antiquité et Démocrite,
- savoir expliquer les deux modèles opposés à l'antiquité,
- connaître les 4 éléments de la (fausse) théorie de Platon et Aristote,
- savoir pourquoi la théorie des 4 éléments a perduré pendant plusieurs siècles,
- lorsqu'on donne le code couleur de représentation des atomes, savoir le nom et la formule et faire le modèle des molécules suivantes et CO₂, N₂, CH₄, SO₂, NO, H₂O,
- lorsqu'on donne le schéma de l'expérience de Lavoisier, être capable d'expliquer la réaction ainsi que donner l'équation de réaction
- connaître le symbole du mercure et la molécule de monoxyde de mercure,
- savoir définir réactif, produit, équation de réaction
- écrire une équation de réaction lorsqu'on donne produits et réactifs

Chapitre 5

Les combustions

5.1 Lexique de la combustion

L'expérience dans laquelle une substance brûle s'appelle une combustion.

Combustible : corps qui brûle.

Comburant : corps permettant la combustion.

Réactif : substance qui disparaît lors d'une réaction.

Produit : substance qui se forme lors d'une réaction.

L'équation de réaction se note ainsi :



où "+" signifie "réagit avec" et "→" signifie "donne".

Remarque : une combustion nécessite une source de chaleur (flamme, étincelle) pour pouvoir démarrer.

5.2 Tests d'identification



FIGURE 5.1 – Quatre tests permettant d'identifier plusieurs gaz comme le dioxygène (en haut à gauche) et le dihydrogène (en bas à gauche). L'eau de chaux permet de détecter la présence de CO₂ (en bas à droite) et le sulfate de cuivre anhydre celle d'eau (en haut à droite).

Exemple 1 : sur la page ci-contre, indiquer produits, réactif, comburant, combustible et donner l'équation de la réaction entre le dioxygène et le carbone formant du dioxyde de carbone.

Exemple 2 : l'équation de la réaction permettant l'identification du dihydrogène s'écrit



Vérifier que la réaction est bien équilibrée (c'est-à-dire que "rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme").

5.3 La combustion du butane

Expérience : Prenons un briquet contenant du butane et utilisons-le au-dessous d'un bécher. On verse de l'eau de chaux dans le bécher. On dépose ensuite quelques pincées de sulfate de cuivre anhydre.

Observation : l'eau de chaux se trouble, elle devient opaque. Le sulfate de cuivre anhydre devient bleu.

Interprétation : il y a donc du dioxyde de carbone dans la fumée mais aussi de la vapeur d'eau.

Conclusion : on peut noter la réaction de combustion du butane de la façon suivante :



5.4 Les combustions incomplètes

Voir les vidéos *les globules rouges* [5] puis *Pourquoi le monoxyde de carbone est dangereux* [6].

S'il manque du dioxygène lors de la combustion du butane, la flamme devient jaune et éclairée.

Expérience : on place un briquet sous une soucoupe.

Observation : il se forme un dépôt noir de carbone sur la soucoupe.

Interprétation : la combustion est incomplète. Il se forme du carbone mais aussi un gaz, le monoxyde de carbone, gaz toxique et mortel.

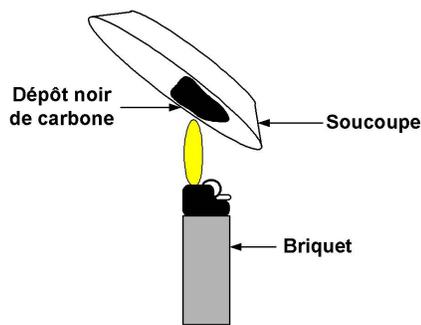


FIGURE 5.2 – Lors d'une combustion incomplète, du monoxyde de carbone se dégage.

Dans le corps humain, ce sont les globules rouges qui sont chargés d'apporter à tous les organes du corps humain le dioxygène qui leur permet de fonctionner. Lorsque du monoxyde de carbone est dans l'air, celui-ci rentre donc aussi dans les poumons. Cependant, les globules rouges préfèrent se lier avec le monoxyde de carbone plutôt qu'avec le dioxygène. On dit qu'ils ont une plus grande *affinité*. Les cellules du corps humain sont alors ravitaillées avec du monoxyde de carbone ! Sans dioxygène, les cellules meurent et donc l'homme aussi. . .

Modèle moléculaire de l'air dans les poumons	Molécules qui se fixent sur le globules rouges	Explication
<p>X 16</p>		Lorsqu'il n'y a que de l'air pur, les globules rouges ne se chargent qu'en dioxygène (c'est leur molécule préférée).
<p>X 16</p>		Lorsqu'il n'y a qu'il y a un petit peu de monoxyde de carbone dans l'air respiré, toutes les molécules présentes dans les poumons vont se fixer sur les globules rouges. Les organes manquent donc un petit peu de dioxygène. Si cela se répète souvent (cigarette), le corps humain va augmenter le nombre de globules rouges. Mais cela peut alors boucher les artères trop petites!
<p>X 16</p>		S'il y a trop de monoxyde de carbone dans le poumons, les globules rouges n'amènent plus assez de dioxygène aux différentes organes, qui meurent. La mort peut alors survenir au bout de quelques secondes!

5.5 Le triangle du feu

Règle des 3 C : "Pour qu'un feu brûle, il faut un combustible, un comburant et de la chaleur". Si l'un de ces éléments est absent, le feu s'éteint!

Bibliographie

- [1] Stéphane Landeau. Les combustions. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 7/11/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/matiere-de-lair-qui-nous-entoure-aux-molecules/chapitre-iv-les-combustions/>.
- [2] Jean Duperrex. La combustion. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 7/11/2019. URL <http://www.jeanduperrex.ch/Site/Combustion.html>.
- [3] Les Crash Testeurs. Explosion ballon hydrogène, consulté le 7/11/2019. URL https://www.youtube.com/watch?v=_6W7LRIsNPE.
- [4] Hélène et al Carré. *Physique Chimie 4ème*. Nathan, 2007.
- [5] C'est pas sorcier. Sang pour sang. *France Télévision*, 2001. URL <https://www.youtube.com/watch?v=k2Xm-3buEas>.
- [6] C'est pas sorcier. Le tabac. *France Télévision*, 2000. URL <https://www.youtube.com/watch?v=DZohrjs0niM>.

- [7] Collège Sisley de l'île Saint-Denis. Histoire de la chimie : Berzelius, consulté le 21/11/2019. URL college.sisley.free.fr.
- [8] Mediachimie. Le tableau périodique de Mendeleïev. *Fondation de la Maison de la Chimie*, avril 2017. URL <https://www.youtube.com/watch?v=KEhVZX6gEvs>.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra savoir

- connaître les définitions de combustible, comburant, réactif, produit et les identifier dans une équation de réaction,
- connaître les 4 tests d'identification pour savoir si une substance contient de l'eau, du dihydrogène, du dioxyde de carbone ou du dioxygène,
- connaître la réaction de combustion du butane,
- savoir expliquer comment mettre en évidence les produits de la combustion du butane (expérience avec le sulfate de cuivre anhydre et avec l'eau de chaux),
- 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,
- savoir que le monoxyde de carbone est un produit d'une combustion lorsque celle-ci est incomplète,
- savoir expliquer pourquoi le monoxyde de carbone est un danger (il se fixe à la place du dioxygène sur les globules rouges),
- connaître le triangle du feu.

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- la deuxième partie du chapitre dont la figure 5.1,
- la partie 4 sur les combustions incomplètes,
- le TP sur la combustion du charbon,
- la bibliographie et les attendus de cours.

II. Tests d'identification

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

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

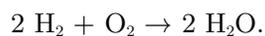


Le _____
_____ est une poudre blanche qui devient _____ en présence d'eau.

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

Exemple 2 :

L'équation de la réaction permettant l'identification du _____ s'écrit



Vérifier que la réaction est bien équilibrée (c'est-à-dire que "rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme").

II. Tests d'identification

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

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

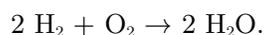


Le _____
_____ est une poudre blanche qui devient _____ en présence d'eau.

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

Exemple 2 :

L'équation de la réaction permettant l'identification du _____ s'écrit



Vérifier que la réaction est bien équilibrée (c'est-à-dire que "rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme").

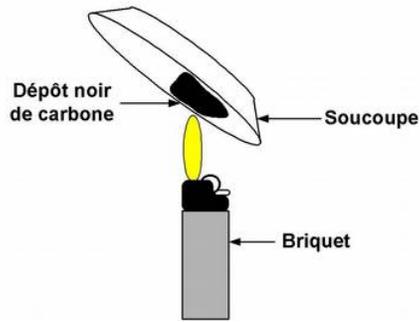
IV. Les combustions incomplètes

S'il manque du dioxygène lors de la combustion du butane, la flamme devient jaune et éclairée.

Expérience : on place un briquet sous une soucoupe.

Observation : _____

Interprétation : _____



Le problème du monoxyde de carbone :

Dans le corps humain, ce sont les _____ qui sont chargés d'apporter à tous les organes du corps humain le _____ qui leur permet de fonctionner. Lorsque du monoxyde de carbone est dans l'air, celui-ci rentre donc aussi dans le poumons. Cependant, les globules rouges préfèrent se lier avec le _____ plutôt qu'avec le _____. On dit qu'ils ont une plus grande *affinité*. Les cellules du corps humain sont alors ravitaillées avec du monoxyde de carbone ! Le problème est que, sans dioxygène, les cellules meurent et donc l'être humain aussi...

Modèle moléculaire de l'air dans les poumons	Molécules qui se fixent sur le globules rouges	Explication
		Lorsqu'il n'y a que de l'air pur, les globules rouges ne se chargent qu'en dioxygène (c'est leur molécule préférée).
		Lorsqu'il n'y a qu'il y a un petit peu de monoxyde de carbone dans l'air respiré, toutes les molécules présentes dans les poumons vont se fixer sur les globules rouges. Les organes manquent donc un petit peu de dioxygène. Si cela se répète souvent (cigarette), le corps humain va augmenter le nombre de globules rouges. Mais cela peut alors boucher les artères trop petites !
		S'il y a trop de monoxyde de carbone dans le poumons, les globules rouges n'amènent plus assez de dioxygène aux différentes organes, qui meurent. La mort peut alors survenir au bout de quelques secondes !

Travail expérimental : les combustions

1. Avec le briquet, brûler le bout de carbone que vous avez sur votre bureau : qu'observez-vous ?

/0,5

2. Quel est le symbole de l'élément carbone ? Est-ce un atome ou une molécule ?

/0,5

3. Venir chercher au bureau de l'oxygène. Comment cela se fait que l'oxygène remonte dans la fiole ? Faire le schéma de la manipulation que vous avez fait au bureau « recueil d'un gaz par déplacement d'eau ». Expliquer le nom de cette manipulation. *Un schéma se fait au crayon papier, les flèches à la règle et il y a un titre.*

/4

4. Ouvrir très brièvement la fiole contenant l'oxygène et y mettre le charbon incandescent. Qu'observez-vous ?

/0,5

5. Une fois le charbon consumé, enlever le charbon, mettre de l'eau de chaux dans la fiole, le bouchon simple et agiter (faire attention à retirer le bouchon très brièvement). Qu'observez-vous ? Que cela signifie ?

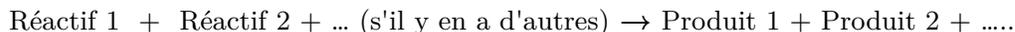
/1

6. Réaliser 3 schémas décrivant l'expérience. Le premier le charbon incandescent dans la fiole avec le dioxygène, le troisième une fois que le charbon s'est éteint dans la fiole et le troisième après avoir mis l'eau de chaux dans la fiole.

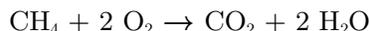
/5

Document 1

L'expérience dans laquelle une substance brûle s'appelle une combustion. Le corps qui brûle est le combustible, celui qui permet la combustion est le comburant. Dans une combustion, les substances qui disparaissent sont les réactifs et les substances qui se forment sont les produits. Une combustion est une réaction chimique. On écrit son bilan de la façon suivante :



Ainsi, la réaction du méthane s'écrit



Cela se lit : une molécule de méthane réagit avec deux molécules de dioxygène pour former une molécule de dioxyde de carbone et deux molécules d'eau. Le nombre devant O_2 signifie qu'il faut deux molécules de dioxygène qui doivent réagir avec une seule molécule de méthane.

7. Si on a 3 000 molécules de méthane, combien faut-il de molécules de dioxygène pour que toutes les molécules de méthane consommées ?

/1,5

8. Lavoisier, chimiste français a observé que « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». Qu'est-ce qu'a fait également Lavoisier au XIII^{ème} siècle ?

/0,5

9. Pour les transformations chimiques, la phrase de Lavoisier signifie que le nombre de chaque élément est le même de part et d'autre de l'équation. En d'autres mots, cela signifie que si il y a 3 atomes de X dans les réactifs, il faut qu'il y ait 3 atomes de X dans les produits et cela pour tous les éléments impliqués dans la réaction. Vérifier dans la réaction de combustion du méthane que, en effet, tout se transforme.

/1,5

10. Dans la réaction du TP, quel est le comburant ? Le combustible ?

/1,5

11. Dans la réaction du TP, quels sont les produits ? Les réactifs ?

/1,5

12. Proposer une équation pour modéliser la combustion du carbone dans le dioxygène. Vérifier que, comme observé par Lavoisier, rien ne se perd, rien ne se crée mais tout se transforme.

/2

Bibliographie

- [1] Landeau S., *Les combustions*, pccollege.fr, consulté le 7/11/2019.
- [2] Duperrex J., *La combustion*, jeanduperrex.ch, consulté le 7/11/2019
- [3] Les Crash Testeurs, *Explosion ballon hydrogène*, youtube.com, consulté le 7/11/2019
- [4] Carré-Montréal et al, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007
- [5] Leparoux T., *Les transformations chimiques/combustions*, physikos.free.fr , consulté le 7/11/2019
- [6] C'est pas sorcier, *Sang pour sang*, France 2, 2001
- [7] C'est pas sorcier, *Le tabac*, France 2, 2000
- [8] Collège Sisley de l'Ile Saint-Denis, *Histoire de la chimie : Berzelius*, college.sisley.free.fr, consulté le 21/11/2019
- [9] Mediachimie, *Le tableau périodique de Mendeleïev*, youtube.com, consulté le 21/11/2019

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- connaître les définitions de combustible, comburant, réactif, produit et les identifier dans une équation de réaction,

Bibliographie

- [1] Landeau S., *Les combustions*, pccollege.fr, consulté le 7/11/2019.
- [2] Duperrex J., *La combustion*, jeanduperrex.ch, consulté le 7/11/2019
- [3] Les Crash Testeurs, *Explosion ballon hydrogène*, youtube.com, consulté le 7/11/2019
- [4] Carré-Montréal et al, *Physique Chimie 4^{ème}*, Nathan, 2007
- [5] Leparoux T., *Les transformations chimiques/combustions*, physikos.free.fr , consulté le 7/11/2019
- [6] C'est pas sorcier, *Sang pour sang*, France 2, 2001
- [7] C'est pas sorcier, *Le tabac*, France 2, 2000
- [8] Collège Sisley de l'Ile Saint-Denis, *Histoire de la chimie : Berzelius*, college.sisley.free.fr, consulté le 21/11/2019
- [9] Mediachimie, *Le tableau périodique de Mendeleïev*, youtube.com, consulté le 21/11/2019

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- connaître les définitions de combustible, comburant, réactif, produit et les identifier dans une équation de réaction,

- connaître les 4 tests d'identification pour savoir si une substance contient de l'eau, du dihydrogène, du dioxyde de carbone ou du dioxygène,
- connaître la réaction de combustion du butane,
- savoir expliquer comment mettre en évidence les produits de la combustion du butane (expérience avec les sulfate de cuivre anhydre et avec l'eau de chaux),
- 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,
- savoir que le monoxyde de carbone est un produit d'une combustion lorsque celle-ci est incomplète,
- savoir expliquer pourquoi le monoxyde de carbone est un danger (il se fixe à la place du dioxygène sur les globules rouges),
- connaître le triangle du feu.

- connaître les 4 tests d'identification pour savoir si une substance contient de l'eau, du dihydrogène, du dioxyde de carbone ou du dioxygène,
- connaître la réaction de combustion du butane,
- savoir expliquer comment mettre en évidence les produits de la combustion du butane (expérience avec les sulfate de cuivre anhydre et avec l'eau de chaux),
- 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,
- savoir que le monoxyde de carbone est un produit d'une combustion lorsque celle-ci est incomplète,
- savoir expliquer pourquoi le monoxyde de carbone est un danger (il se fixe à la place du dioxygène sur les globules rouges),
- connaître le triangle du feu.

Chapitre 6

Intensité et tension

6.1 La structure de l'atome

Expérience : Frottons une règle avec une écharpe et approchons les l'une de l'autre.

Observation : L'écharpe est attirée par la règle!

Interprétation : oula... Demandons à Jamy un peu d'aide...

Visionnage de l'extrait de "CPS-electricite-1-regle-echarpe-elec-statique.mp4" [2, 3].

Si atome signifie "indivisible", il s'avère que nous pouvons quand même le diviser en plusieurs parties. Au centre de l'atome se trouve le noyau autour duquel tournent de toutes petites particules : les électrons¹. Lorsqu'on frotte l'écharpe contre la règle, l'écharpe arrache des électrons qui étaient dans les atomes qui composent la règle. L'écharpe est ensuite attirée par la règle grâce à la force électrostatique. Cette interaction est due à la charge électrique des électrons et du noyau. Le noyau a une charge électrique positive et l'électron a une charge électrique négative. Après l'avoir frotté, il y a plus d'électrons sur l'écharpe : la charge totale est négative. Sur l'écharpe, il manque des électrons, la charge totale est donc positive. En physique, les opposés s'attirent donc l'écharpe est attirée par la règle.

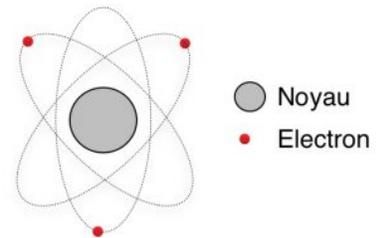


FIGURE 6.1 – Représentation schématique d'un atome : les électrons chargés négativement tournent autour du noyau chargé positivement.

Conclusion : l'atome est constitué d'un noyau et d'électrons. Le noyau de l'atome est chargé positivement, les électrons qui tournent autour sont chargés négativement.

6.2 Le courant électrique

Visionnage de l'extrait de "CPS-electricite-2-courant-continu.mp4" [2].

Dans certains solides, les électrons peuvent partir loin du noyau de l'atome et se "balader" dans le solide. On dit que l'électron "saute" d'atome en atome. On peut forcer les électrons à aller dans le même sens : c'est le courant électrique.

L'intensité du courant électrique correspond au nombre d'électrons qui traversent un appareil électrique en une seconde.

1. Ces particules sont si petites que personne ne sait quelle est leur taille. Il a été montré [4] que leur taille est inférieure à 10^{-22} m (la taille du noyau de l'atome étant 10^{-15} m).

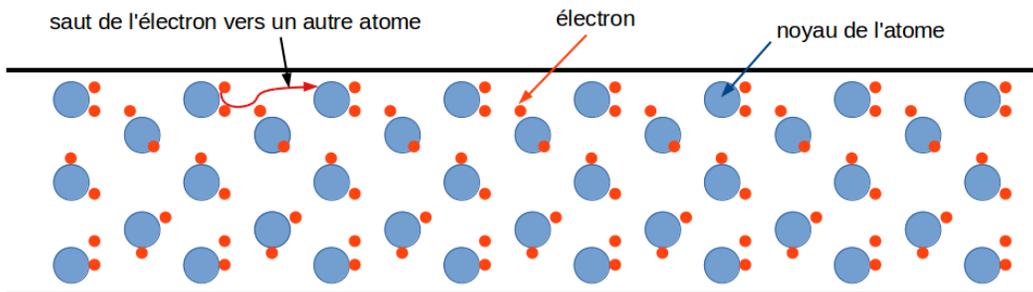


FIGURE 6.2 – Représentation schématique d'un fil conducteur. Lors du passage du courant électrique, les électrons "sautent" d'atome en atome tous dans le même sens.

L'intensité du courant électrique peut être comparée au débit d'une rivière. Ce serait alors le nombre de molécules d'eau qui passent sous un pont en une seconde.

L'intensité se note I et s'exprime en ampère dont le symbole est A . On peut aussi utiliser comme unité le milliampère mA ($1A = 1000mA$).

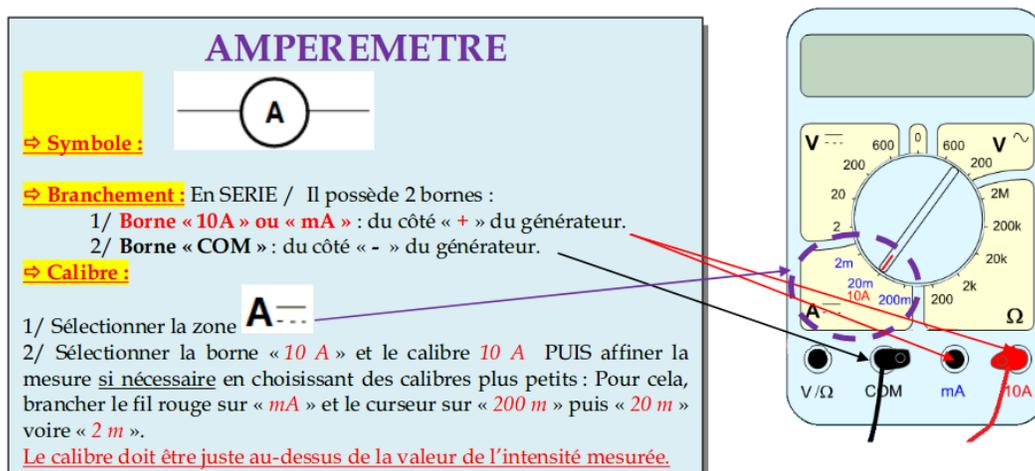


FIGURE 6.3 – Fiche de fonctionnement d'un multimètre utilisé en ampèremètre. Tiré de [6].

6.3 La tension électrique

Visionnage de l'extrait de "CPS-electricite-3-la tension.mp4" [2, 3].

La tension ou différence de potentiel représente l'envie des électrons de se déplacer dans une direction. Plus elle est importante, plus les électrons vont vouloir se déplacer.

Reprenons l'analogie avec la rivière : la tension serait la différence entre la hauteur du début de la rivière et la hauteur à la fin de la rivière.

Visionnage de l'extrait de "CPS-electricite-4-la tension2.mp4" [2, 3].

La tension se mesure en volt, de symbole V , avec un voltmètre. Là aussi on peut utiliser le kilovolt kV ou bien le millivolt mV . On a $1V = 1000mV$ et $1kV = 1000V$.

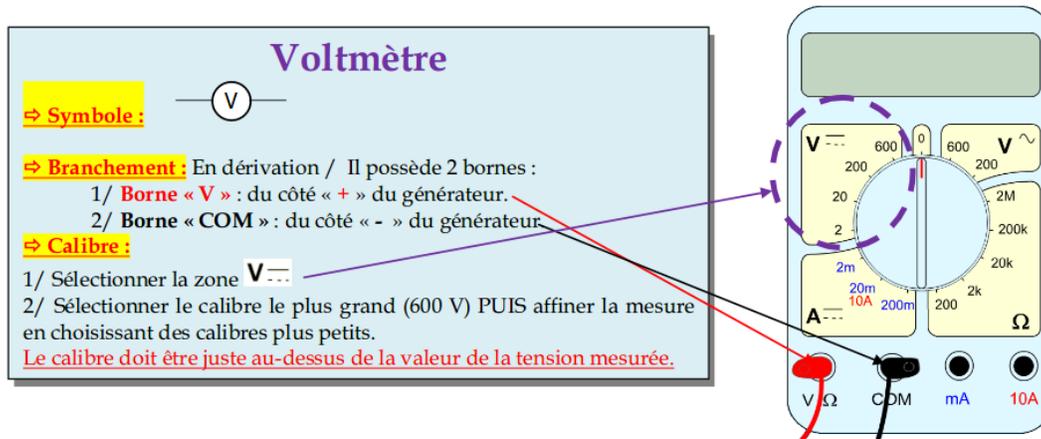


FIGURE 6.4 – Fiche de fonctionnement d’un multimètre utilisé en voltmètre. Tiré de [7].

6.4 Courant alternatif et continu

Visionnage de l’extrait de “CPS-electricite-le courant alternatif.mp4” ainsi que “CPS-electricite-lehertz.mp4” [2, 3].

Lorsqu’on branche un circuit électrique à une pile ou une batterie, les électrons vont tout le temps du pôle négatif de la pile au pôle positif. C’est ce qu’on appelle le courant continu. Cependant, tous les appareils électroménagers fonctionnent au courant alternatif.

Lorsque le courant est alternatif, les électrons vont dans un sens, puis dans l’autre. Pour le générer, on place un aimant au milieu d’une bobine (fils de cuivre enroulés). On le fait ensuite tourner très rapidement pour qu’il entraîne le mouvement des électrons et donc qu’il produise un courant électrique. C’est ainsi que barrages, éoliennes, centrales à charbon et centrales nucléaires produisent de l’électricité.

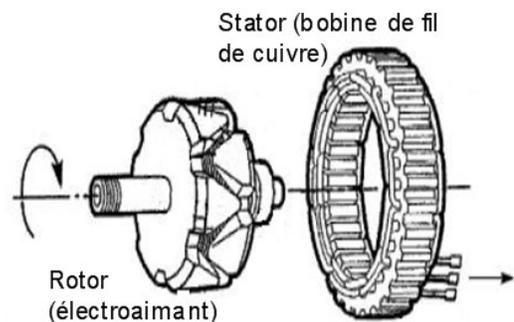


FIGURE 6.5 – L’aimant tourne au milieu de la bobine (fils enroulés) ce qui met en mouvement les électrons et génère un courant alternatif. Tiré de [8].

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] C’est pas sorcier. L’aventure de l’électricité. *France Télévision*, 1997.
- [3] C’est pas sorcier. Électricité, quand les branchés disjonctent. *France Télévision*, 1994.
- [4] Hans Dehmelt. A single atomic particle forever floating at rest in free space : New value for electron radius. *Physica Scripta*, 1988(T22) :102, 1988.
- [5] Jean-Paul Matthieu, Alfred Kastler, and Pierre Fleury. *Dictionnaire de physique*. Masson, 1985.

- [6] Tony Leparoux. L'intensité électrique. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 6/12/2019. URL <http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre2-1-intensite-electrique/chapitre%202%201-intensite%20electrique%20%20prof.pdf>.
- [7] 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%201a%20tension%20electrique%20prof.pdf>.
- [8] SEatronic. Principe de fonctionnement d'un alternateur, consulté le 5 mai 2020. URL <http://blog.seatronic.fr/fiches-pratiques/energie/production/alternateur/principe/>.

Attendus de l'élève

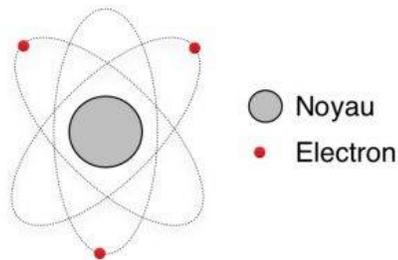
À la fin de ce chapitre, l'élève devra savoir

Annexes

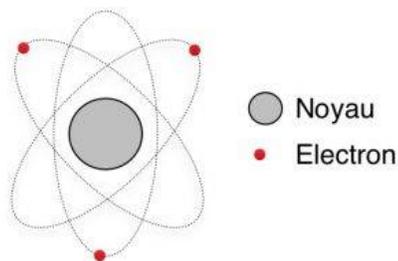
Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- le texte d'interprétation de l'expérience avec l'écharpe,
- les figures 6.3 et 6.4,
- la bibliographie et les attendus de cours.

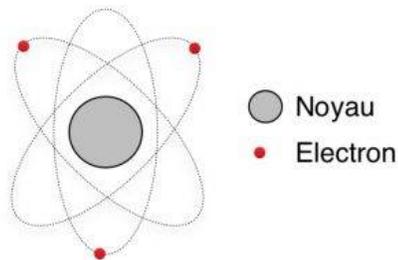
Si atome signifie "indivisible", il s'avère que nous pouvons quand même le diviser en plusieurs partie. Au centre de l'atome se trouve le noyau autour duquel tournent de toutes petites particules : les électrons. Lorsqu'on frotte l'écharpe contre la règle, l'écharpe arrache des électrons qui étaient dans les atomes qui composent la règle. L'écharpe est ensuite attirée par la règle grâce à la force électrostatique. Cette interaction est due à la charge électrique des électrons et du noyau. Le noyau a une charge électrique positive et l'électron a une charge électrique négative. Après l'avoir frotté, il y a plus d'électrons sur l'écharpe : la charge totale est négative. Sur l'écharpe, il manque des électrons, la charge totale est donc positive. En physique, les opposés s'attirent donc l'écharpe est attirée par la règle.



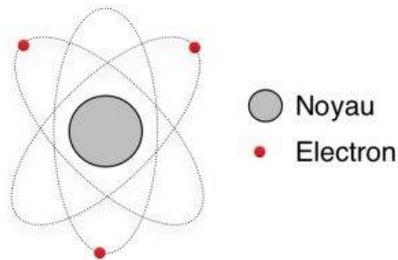
Si atome signifie "indivisible", il s'avère que nous pouvons quand même le diviser en plusieurs partie. Au centre de l'atome se trouve le noyau autour duquel tournent de toutes petites particules : les électrons. Lorsqu'on frotte l'écharpe contre la règle, l'écharpe arrache des électrons qui étaient dans les atomes qui composent la règle. L'écharpe est ensuite attirée par la règle grâce à la force électrostatique. Cette interaction est due à la charge électrique des électrons et du noyau. Le noyau a une charge électrique positive et l'électron a une charge électrique négative. Après l'avoir frotté, il y a plus d'électrons sur l'écharpe : la charge totale est négative. Sur l'écharpe, il manque des électrons, la charge totale est donc positive. En physique, les opposés s'attirent donc l'écharpe est attirée par la règle.



Si atome signifie "indivisible", il s'avère que nous pouvons quand même le diviser en plusieurs partie. Au centre de l'atome se trouve le noyau autour duquel tournent de toutes petites particules : les électrons. Lorsqu'on frotte l'écharpe contre la règle, l'écharpe arrache des électrons qui étaient dans les atomes qui composent la règle. L'écharpe est ensuite attirée par la règle grâce à la force électrostatique. Cette interaction est due à la charge électrique des électrons et du noyau. Le noyau a une charge électrique positive et l'électron a une charge électrique négative. Après l'avoir frotté, il y a plus d'électrons sur l'écharpe : la charge totale est négative. Sur l'écharpe, il manque des électrons, la charge totale est donc positive. En physique, les opposés s'attirent donc l'écharpe est attirée par la règle.



Si atome signifie "indivisible", il s'avère que nous pouvons quand même le diviser en plusieurs partie. Au centre de l'atome se trouve le noyau autour duquel tournent de toutes petites particules : les électrons. Lorsqu'on frotte l'écharpe contre la règle, l'écharpe arrache des électrons qui étaient dans les atomes qui composent la règle. L'écharpe est ensuite attirée par la règle grâce à la force électrostatique. Cette interaction est due à la charge électrique des électrons et du noyau. Le noyau a une charge électrique positive et l'électron a une charge électrique négative. Après l'avoir frotté, il y a plus d'électrons sur l'écharpe : la charge totale est négative. Sur l'écharpe, il manque des électrons, la charge totale est donc positive. En physique, les opposés s'attirent donc l'écharpe est attirée par la règle.



AMPEREMETRE

⇒ Symbole :



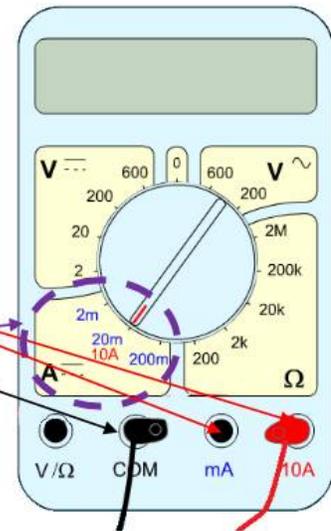
⇒ Branchement : En SERIE / Il possède 2 bornes :

- 1/ Borne « 10A » ou « mA » : du côté « + » du générateur.
- 2/ Borne « COM » : du côté « - » du générateur.

⇒ Calibre :

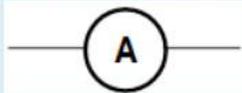
- 1/ Sélectionner la zone **A**
- 2/ Sélectionner la borne « 10 A » et le calibre 10 A PUIS affiner la mesure si nécessaire en choisissant des calibres plus petits : Pour cela, brancher le fil rouge sur « mA » et le curseur sur « 200 m » puis « 20 m » voire « 2 m ».

Le calibre doit être juste au-dessus de la valeur de l'intensité mesurée.



AMPEREMETRE

⇒ Symbole :



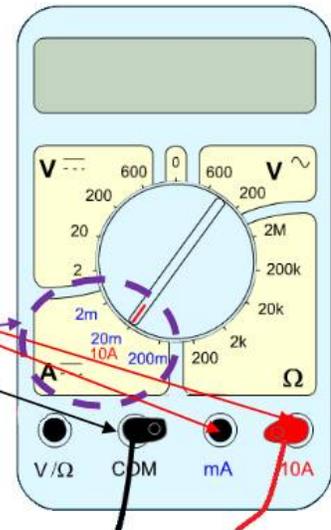
⇒ Branchement : En SERIE / Il possède 2 bornes :

- 1/ Borne « 10A » ou « mA » : du côté « + » du générateur.
- 2/ Borne « COM » : du côté « - » du générateur.

⇒ Calibre :

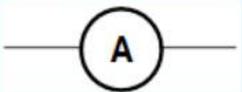
- 1/ Sélectionner la zone **A**
- 2/ Sélectionner la borne « 10 A » et le calibre 10 A PUIS affiner la mesure si nécessaire en choisissant des calibres plus petits : Pour cela, brancher le fil rouge sur « mA » et le curseur sur « 200 m » puis « 20 m » voire « 2 m ».

Le calibre doit être juste au-dessus de la valeur de l'intensité mesurée.



AMPEREMETRE

⇒ Symbole :



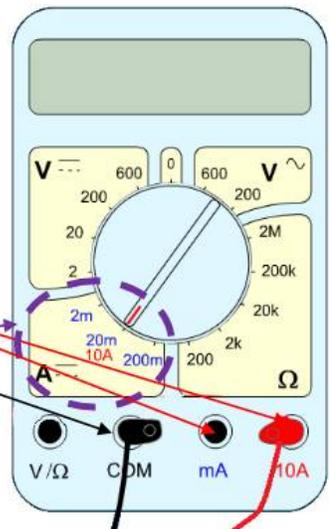
⇒ Branchement : En SERIE / Il possède 2 bornes :

- 1/ Borne « 10A » ou « mA » : du côté « + » du générateur.
- 2/ Borne « COM » : du côté « - » du générateur.

⇒ Calibre :

- 1/ Sélectionner la zone **A**
- 2/ Sélectionner la borne « 10 A » et le calibre 10 A PUIS affiner la mesure si nécessaire en choisissant des calibres plus petits : Pour cela, brancher le fil rouge sur « mA » et le curseur sur « 200 m » puis « 20 m » voire « 2 m ».

Le calibre doit être juste au-dessus de la valeur de l'intensité mesurée.



Voltmètre

⇒ **Symbole :** 

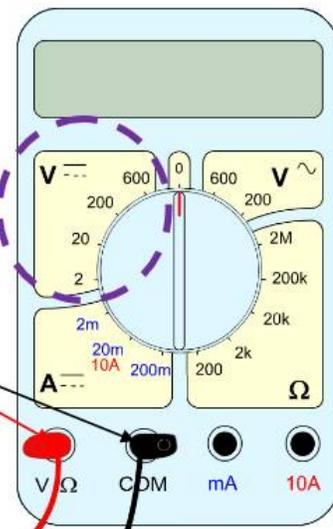
⇒ **Branchement :** En dérivation / Il possède 2 bornes :

- 1/ **Borne « V » :** du côté « + » du générateur.
- 2/ **Borne « COM » :** du côté « - » du générateur.

⇒ **Calibre :**

- 1/ Sélectionner la zone **V $\overline{\text{---}}$**
- 2/ Sélectionner le calibre le plus grand (600 V) PUIS affiner la mesure en choisissant des calibres plus petits.

Le calibre doit être juste au-dessus de la valeur de la tension mesurée.



Voltmètre

⇒ **Symbole :** 

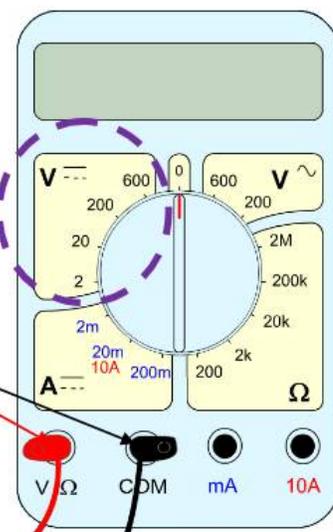
⇒ **Branchement :** En dérivation / Il possède 2 bornes :

- 1/ **Borne « V » :** du côté « + » du générateur.
- 2/ **Borne « COM » :** du côté « - » du générateur.

⇒ **Calibre :**

- 1/ Sélectionner la zone **V $\overline{\text{---}}$**
- 2/ Sélectionner le calibre le plus grand (600 V) PUIS affiner la mesure en choisissant des calibres plus petits.

Le calibre doit être juste au-dessus de la valeur de la tension mesurée.



Voltmètre

⇒ **Symbole :** 

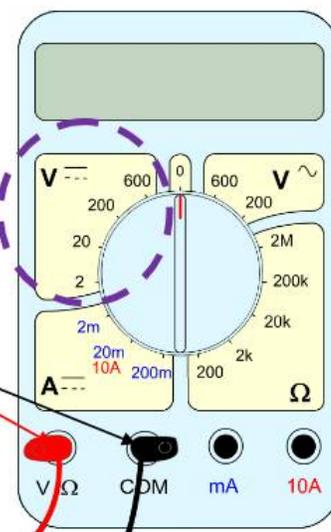
⇒ **Branchement :** En dérivation / Il possède 2 bornes :

- 1/ **Borne « V » :** du côté « + » du générateur.
- 2/ **Borne « COM » :** du côté « - » du générateur.

⇒ **Calibre :**

- 1/ Sélectionner la zone **V $\overline{\text{---}}$**
- 2/ Sélectionner le calibre le plus grand (600 V) PUIS affiner la mesure en choisissant des calibres plus petits.

Le calibre doit être juste au-dessus de la valeur de la tension mesurée.



Bibliographie

- [1] Landeau S., *L'intensité du courant électrique*, pccollege.fr, consulté le 5/12/2019.
- [2] C'est pas sorcier, *L'électricité*, France 2, 1997
- [3] Dehmelt, H. (1988). *A single atomic particle forever floating at rest in free space: New value for electron radius*. Physica Scripta, 1988.
- [4] Mathieu J.P., Kastler A. et Fleury P., *Dictionnaire de Physique*, Eyrolles et Masson, 1985.
- [5] C'est pas sorcier, *Électricité, quand les branchés disjonctent*, France 2, 1994
- [6] Leparoux T., *L'intensité électrique et La tension électrique*, Électricité 2012-2013, physikos.free.fr, consulté le 6/12/19

Bibliographie

- [1] Landeau S., *L'intensité du courant électrique*, pccollege.fr, consulté le 5/12/2019.
- [2] C'est pas sorcier, *L'électricité*, France 2, 1997
- [3] Dehmelt, H. (1988). *A single atomic particle forever floating at rest in free space: New value for electron radius*. Physica Scripta, 1988.
- [4] Mathieu J.P., Kastler A. et Fleury P., *Dictionnaire de Physique*, Eyrolles et Masson, 1985.
- [5] C'est pas sorcier, *Électricité, quand les branchés disjonctent*, France 2, 1994
- [6] Leparoux T., *L'intensité électrique et La tension électrique*, Électricité 2012-2013, physikos.free.fr, consulté le 6/12/19

Bibliographie

- [1] Landeau S., *L'intensité du courant électrique*, pccollege.fr, consulté le 5/12/2019.
- [2] C'est pas sorcier, *L'électricité*, France 2, 1997
- [3] Dehmelt, H. (1988). *A single atomic particle forever floating at rest in free space: New value for electron radius*. Physica Scripta, 1988.
- [4] Mathieu J.P., Kastler A. et Fleury P., *Dictionnaire de Physique*, Eyrolles et Masson, 1985.
- [5] C'est pas sorcier, *Électricité, quand les branchés disjonctent*, France 2, 1994
- [6] Leparoux T., *L'intensité électrique et La tension électrique*, Électricité 2012-2013, physikos.free.fr, consulté le 6/12/19

Attendus de l'élève

- À la fin du chapitre, l'élève devra
- savoir que l'atome est composé d'un noyau, au milieu et d'électrons qui tournent autour,
 - savoir expliquer ce qu'est l'intensité électrique en terme de mouvement d'électrons,
 - savoir que l'intensité se mesure en ampère avec un ampèremètre,
 - savoir mesurer une intensité,
 - savoir que la tension se mesure en volt avec un voltmètre,
 - savoir mesurer une tension,
 - connaître l'analogie hydraulique cascade et électricité,
 - savoir qu'une pile et qu'une batterie produisent un courant continu alors que le courant à la maison est un courant alternatif.

Attendus de l'élève

- À la fin du chapitre, l'élève devra
- savoir que l'atome est composé d'un noyau, au milieu et d'électrons qui tournent autour,
 - savoir expliquer ce qu'est l'intensité électrique en terme de mouvement d'électrons,
 - savoir que l'intensité se mesure en ampère avec un ampèremètre,
 - savoir mesurer une intensité,
 - savoir que la tension se mesure en volt avec un voltmètre,
 - savoir mesurer une tension,
 - connaître l'analogie hydraulique cascade et électricité,
 - savoir qu'une pile et qu'une batterie produisent un courant continu alors que le courant à la maison est un courant alternatif.

Attendus de l'élève

- À la fin du chapitre, l'élève devra
- savoir que l'atome est composé d'un noyau, au milieu et d'électrons qui tournent autour,
 - savoir expliquer ce qu'est l'intensité électrique en terme de mouvement d'électrons,
 - savoir que l'intensité se mesure en ampère avec un ampèremètre,
 - savoir mesurer une intensité,
 - savoir que la tension se mesure en volt avec un voltmètre,
 - savoir mesurer une tension,
 - connaître l'analogie hydraulique cascade et électricité,
 - savoir qu'une pile et qu'une batterie produisent un courant continu alors que le courant à la maison est un courant alternatif.

Chapitre 7

Circuits et dipôles

7.1 Rappels

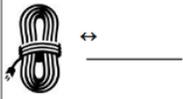
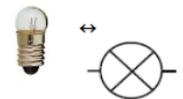
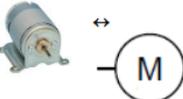
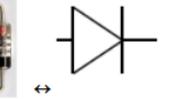
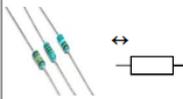
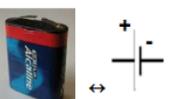
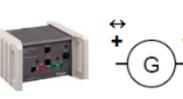
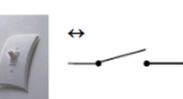
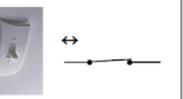
Fil de connexion 	lampe 	moteur 	diode 	DEL 
Résistance 	pile 	générateur 	Interrupteur ouvert 	Interrupteur fermé 

FIGURE 7.1 – Représentation schématiques des différents dipôles utilisés en travaux pratiques.

Définitions :

Circuit en série : C'est un circuit constitué d'une seule boucle contenant le générateur. Si un dipôle ne fonctionne pas, les autres ne fonctionnent pas non plus !

Circuit avec dérivation : C'est un circuit constitué de plusieurs boucles contenant le générateur. Si un dipôle ne fonctionne pas, les autres peuvent fonctionner (s'ils ne sont pas dans une branche différente).

Court-circuit : C'est brancher un fil aux bornes d'un dipôle. **Le court circuit d'un générateur est très dangereux** car il abîme le générateur mais le fil chauffe et il y a un risque d'incendie.

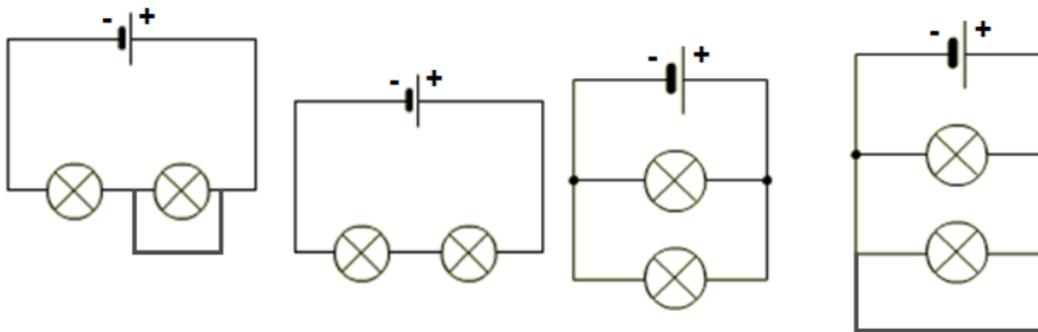


FIGURE 7.2 – De gauche à droite, schéma d'un court circuit, d'un circuit en série, d'un circuit en dérivation et d'un court circuit.

Pour que le courant passe, il faut que le circuit soit **fermé**. Dans ce cas, le courant va de la borne + à la borne -. En revanche, les électrons vont de la borne - à la borne +.

7.2 Piles et accumulateur

La première pile a été inventée par Alessandro Volta en 1800. Il s'agissait d'un empilement de disques constitués de deux métaux séparés par des tissus imbibés d'acide.

Visionnage de l'extrait de "CPS-electricite-la pile.mp4".

Dans une pile se déroule une réaction chimique qui n'est pas réversible : une fois que la pile est déchargée, on ne peut pas la recharger.

Au contraire, un accumulateur peut être rechargé avec un courant inverse.

Une pile délivre une tension indiquée dessus : l'intensité qu'elle délivre dépend de l'appareil sur lequel on la branche.

7.3 L'ampoule à incandescence

Visionnage de l'extrait de "CPS-electricite-lampoule.mp4".

Lorsqu'on fait passer un courant dans un fil, il chauffe. C'est l'effet Joule. S'il chauffe très fort, il peut émettre de la lumière visible.

On place le filament¹ sous une enveloppe de verre pour le priver de dioxygène et l'empêcher de brûler. On remplace l'air de l'ampoule par un gaz neutre, le plus souvent de l'argon ou du krypton. Sur le culot de la lampe, il est indiqué la tension nominale de la lampe ainsi que l'intensité nominale de la lampe. Il s'agit de la tension et de l'intensité qui permette une bonne utilisation de la lampe.

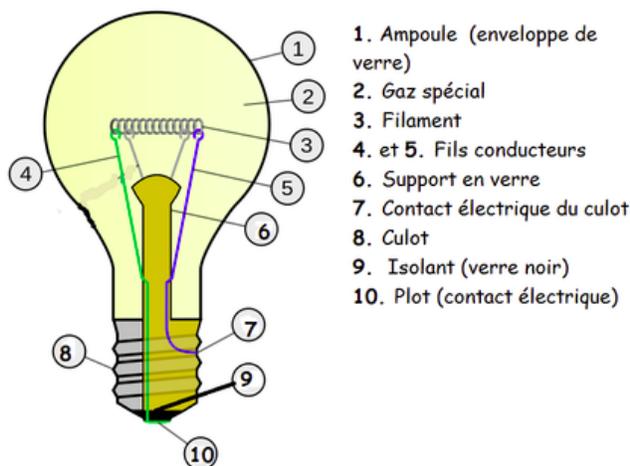


FIGURE 7.3 – Schéma d'une ampoule à incandescence.

7.4 L'adaptation de la tension

Chaque dipôle récepteur - qui reçoit de l'énergie - possède une tension nominale et une intensité nominale. Il s'agit de la tension et de l'intensité qui permettent une bonne utilisation du dipôle.

Expérience : On branche à un générateur de tension une lampe dont la tension nominale est 6V et l'intensité nominale 100 mA. On l'alimente sous différentes tensions.

Observation :

Tension du générateur	3V	6V	12 V
Éclat de la lampe	Faible	Normal	Fort

Conclusion :

- Pour qu'un générateur et une lampe soient adaptés, il faut que la tension aux bornes du générateur soit voisine de la tension nominale de la lampe.
- Si la tension délivrée par le générateur est supérieure à la tension nominale de la lampe, celle-ci est en surtension (elle peut être rapidement détruite).

1. Le filament est en tungstène.

- Si la tension délivrée par le générateur est inférieure à la tension nominale de la lampe, celle-ci est en sous-tension.

7.5 L'adaptation de l'intensité

Expérience : Plaçons une lampe de tension nominale 6V et d'intensité nominale 100 mA aux bornes d'un générateur de tension 6V. Mesurons l'intensité du courant qui traverse la lampe puis branchons une lampe (12V ; 0,5A) au même générateur.

Observation : pour la première lampe (6V ; 0,1A), on mesure une intensité de 100 mA. En revanche, pour la deuxième lampe (12V ; 0,5A), on mesure une intensité de 60 mA.

Conclusion : si la tension appliquée aux bornes d'une lampe est égale à la tension nominale, alors l'intensité du courant qui circule dans la lampe est égale à l'intensité nominale.

Bibliographie

- [1] Tony Leparoux. Révisions d'électricité de cinquième. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 6/12/19. URL <http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre0-revisions-de-5eme/chapitre%20%20revisions%202012%20prof.pdf>.
- [2] C'est pas sorcier. L'aventure de l'électricité. *France Télévision*, 1997.
- [3] C'est pas sorcier. Électricité, quand les branchés disjonctent. *France Télévision*, 1994.
- [4] La pile électrique. *Wikipédia*, consulté le 6/12/19. URL https://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique.
- [5] C'est pas sorcier. Piles et batteries : les sorciers se mettent au courant. *France Télévision*, 2005.
- [6] Stéphane Landeau. L'adaptation générateur-récepteur. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 15/12/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/electricite-les-lois-du-courant-continu/chapitre-iii-ladaptation-generateur-recepteur/>.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

- connaître les symboles d'une lampe, d'une LED, d'un moteur, d'une résistance, d'une pile et d'un interrupteur,
- savoir définir et reconnaître un circuit en série, un circuit en dérivation,
- savoir repérer un court-circuit, savoir l'éviter expérimentalement et savoir que cela peut être dangereux pour l'expérimentateur ET l'appareil,
- savoir définir le sens du courant et le sens des électrons dans un circuit fermé,
- savoir expliquer brièvement comment fonctionne une ampoule à incandescence,
- savoir expliquer ce qu'est tension nominale et une intensité nominale,
- savoir repérer sur une ampoule la tension nominale et l'intensité nominale,
- savoir utiliser les termes de sur-tension, sous-tension,
- savoir que si un appareil est utilisé sous sa tension nominale, alors l'intensité qui le traverse est égale à son intensité nominale.

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- les parties 2 et 3 du cours,
- la bibliographie et les attendus de cours.

II. Piles et accumulateur

La première pile a été inventée par _____ en 1800. Il s'agissait d'un empilement de disques constitués de deux métaux séparés par des tissus imbibés d'acide.

Dans une pile se déroule une réaction chimique qui n'est pas réversible : une fois que la pile est déchargée, on ne peut pas la recharger.

Au contraire, un _____ peut être rechargé avec un courant inverse.

III. L'ampoule à incandescence

Lorsqu'on fait passer un courant dans un fil, il chauffe. C'est l'effet _____. S'il chauffe très fort, il peut émettre de la _____.

On place le filament sous une enveloppe de verre pour le priver de dioxygène et l'empêcher de brûler. On remplace l'air de l'ampoule par un gaz neutre, le plus souvent de l'argon ou du krypton.

Sur le culot de la lampe, il est indiqué la _____ de la lampe ainsi que _____ de la lampe. Il s'agit de la tension et de l'intensité qui permette une bonne utilisation de la lampe.

II. Piles et accumulateur

La première pile a été inventée par _____ en 1800. Il s'agissait d'un empilement de disques constitués de deux métaux séparés par des tissus imbibés d'acide.

Dans une pile se déroule une réaction chimique qui n'est pas réversible : une fois que la pile est déchargée, on ne peut pas la recharger.

Au contraire, un _____ peut être rechargé avec un courant inverse.

III. L'ampoule à incandescence

Lorsqu'on fait passer un courant dans un fil, il chauffe. C'est l'effet _____. S'il chauffe très fort, il peut émettre de la _____.

On place le filament sous une enveloppe de verre pour le priver de dioxygène et l'empêcher de brûler. On remplace l'air de l'ampoule par un gaz neutre, le plus souvent de l'argon ou du krypton.

Sur le culot de la lampe, il est indiqué la _____ de la lampe ainsi que _____ de la lampe. Il s'agit de la tension et de l'intensité qui permette une bonne utilisation de la lampe.

Bibliographie

- [1] Leparoux T., *Rappels de la classe de 5^e*, Électricité 2012-2013, physikos.free.fr, consulté le 6/12/19,
- [2] C'est pas sorcier, *L'électricité*, France 2, 1997,
- [3] C'est pas sorcier, *Électricité, quand les branchés disjonctent*, France 2, 1995,
- [4] Wikipédia, *La pile électrique*, fr.wikipedia.org, consulté le 6/12/19.
- [5] C'est pas sorcier, *Piles et batteries, les sorciers se mettent au courant* France 2, 2005,
- [6] Landeau S., *L'adaptation générateur-récepteur*, pccollege.fr, consulté le 5/12/2019.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- connaître les symboles d'une lampe, d'une LED, d'un moteur, d'une résistance, d'une pile et d'un interrupteur,

- savoir définir et reconnaître un circuit en série, un circuit en dérivation,
- savoir repérer un court-circuit, savoir l'éviter expérimentalement et savoir que cela peut être dangereux pour l'expérimentateur ET l'appareil,
- savoir définir le sens du courant et le sens des électrons dans un circuit fermé,
- savoir expliquer brièvement comment fonctionne une ampoule à incandescence,
- savoir expliquer ce qu'est tension nominale et une intensité nominale,
- savoir repérer sur une ampoule la tension nominale et l'intensité nominale,
- savoir utiliser les termes de sur-tension, sous-tension,
- savoir que si un appareil est utilisé sous sa tension nominale, alors l'intensité qui le traverse est égale à son intensité nominale.

Bibliographie

- [1] Leparoux T., *Rappels de la classe de 5^e*, Électricité 2012-2013, physikos.free.fr, consulté le 6/12/19,
- [2] C'est pas sorcier, *L'électricité*, France 2, 1997,
- [3] C'est pas sorcier, *Électricité, quand les branchés disjonctent*, France 2, 1995,
- [4] Wikipédia, *La pile électrique*, fr.wikipedia.org, consulté le 6/12/19.
- [5] C'est pas sorcier, *Piles et batteries, les sorciers se mettent au courant* France 2, 2005,
- [6] Landeau S., *L'adaptation générateur-récepteur*, pccollege.fr, consulté le 5/12/2019.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- connaître les symboles d'une lampe, d'une LED, d'un moteur, d'une résistance, d'une pile et d'un interrupteur,

- savoir définir et reconnaître un circuit en série, un circuit en dérivation,
- savoir repérer un court-circuit, savoir l'éviter expérimentalement et savoir que cela peut être dangereux pour l'expérimentateur ET l'appareil,
- savoir définir le sens du courant et le sens des électrons dans un circuit fermé,
- savoir expliquer brièvement comment fonctionne une ampoule à incandescence,
- savoir expliquer ce qu'est tension nominale et une intensité nominale,
- savoir repérer sur une ampoule la tension nominale et l'intensité nominale,
- savoir utiliser les termes de sur-tension, sous-tension,
- savoir que si un appareil est utilisé sous sa tension nominale, alors l'intensité qui le traverse est égale à son intensité nominale.

Bibliographie

- [1] Leparoux T., *Rappels de la classe de 5^e*, Électricité 2012-2013, physikos.free.fr, consulté le 6/12/19,
- [2] C'est pas sorcier, *L'électricité*, France 2, 1997,
- [3] C'est pas sorcier, *Électricité, quand les branchés disjonctent*, France 2, 1995,
- [4] Wikipédia, *La pile électrique*, fr.wikipedia.org, consulté le 6/12/19.
- [5] C'est pas sorcier, *Piles et batteries, les sorciers se mettent au courant* France 2, 2005,
- [6] Landeau S., *L'adaptation générateur-récepteur*, pccollege.fr, consulté le 5/12/2019.

Attendus de l'élève

À la fin du chapitre, l'élève devra

- connaître les symboles d'une lampe, d'une LED, d'un moteur, d'une résistance, d'une pile et d'un interrupteur,

- savoir définir et reconnaître un circuit en série, un circuit en dérivation,
- savoir repérer un court-circuit, savoir l'éviter expérimentalement et savoir que cela peut être dangereux pour l'expérimentateur ET l'appareil,
- savoir définir le sens du courant et le sens des électrons dans un circuit fermé,
- savoir expliquer brièvement comment fonctionne une ampoule à incandescence,
- savoir expliquer ce qu'est tension nominale et une intensité nominale,
- savoir repérer sur une ampoule la tension nominale et l'intensité nominale,
- savoir utiliser les termes de sur-tension, sous-tension,
- savoir que si un appareil est utilisé sous sa tension nominale, alors l'intensité qui le traverse est égale à son intensité nominale.

Chapitre 8

Les lois de l'électricité

Ce chapitre a été réalisé en parallèle des chapitres 6 et 7, en TP. Les TPs joint ci-dessous ont été réalisés pour compenser le retard de certaines classes par rapport à d'autres.

Définitions

- 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.

8.1 Les lois de l'électricité

8.1.1 Intensité dans une branche

Expérience : comment est l'intensité dans un circuit en série? On réalise le circuit de la figure 8.1 et on place l'ampèremètre alternativement entre le générateur et la première lampe, entre la lampe 1 et la lampe 2 et enfin entre la lampe 3 et le générateur.

Observation : on obtient les résultats suivants.

- $i_1 = 0,2A$,
- $i_2 = 0,2A$,
- $i_3 = 0,2A$.

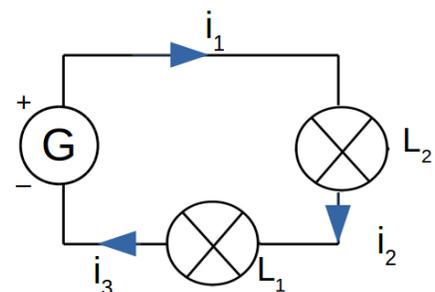


FIGURE 8.1 – Schéma électrique.

Conclusion Dans un circuit en série ou dans une même branche d'un circuit, l'intensité est la même partout. Pour le circuit 8.1, cette loi s'écrit mathématiquement

$$i_1 = i_2 = i_3 \quad (8.1)$$

8.1.2 Intensité à un nœud

Expérience : comment est l'intensité dans un circuit en dérivation? On réalise le circuit de la figure 8.2 et on place l'ampèremètre alternativement juste après le générateur, juste avant la lampe 1, juste avant la lampe 2 et juste avant le générateur.

Observation : on obtient les résultats suivants.

- $i_1 = 0,40A$,
- $i_2 = 0,15A$,
- $i_3 = 0,25A$,
- $i_4 = 0,40A$.

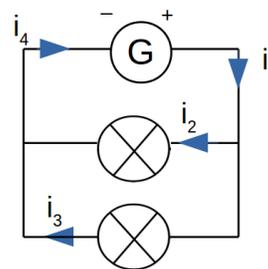


FIGURE 8.2 – Schéma électrique.

Conclusion 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

$$i_1 = i_2 + i_3 \quad \text{et} \quad i_2 + i_3 = i_4 \tag{8.2}$$

8.1.3 Tension dans un circuit en série

Expérience : comment se comporte la tension dans un circuit en série? On réalise le circuit de la figure 8.3 et on place l'ampèremètre alternativement juste après le générateur, juste avant la lampe 1, juste avant la lampe 2 et juste avant le générateur.

Observation : on obtient les résultats suivants.

- $U_1 = 12V$,
- $U_2 = 4V$,
- $U_3 = 8V$,

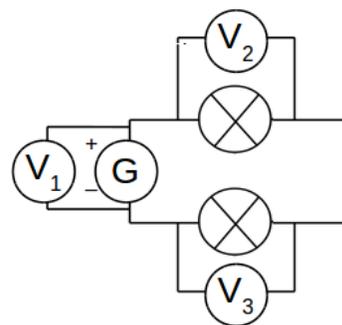


FIGURE 8.3 – Schéma électrique.

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

$$U_1 = U_2 + U_3 \tag{8.3}$$

8.1.4 Tension dans un circuit en dérivation

Expérience : comment se comporte la tension dans un circuit en dérivation? On réalise le circuit de la figure 8.4 et on place le voltmètre autour du générateur et des deux lampes.

Observation : on obtient les résultats suivants.

- $U_1 = 12V$,
- $U_2 = 12V$,
- $U_3 = 12V$,

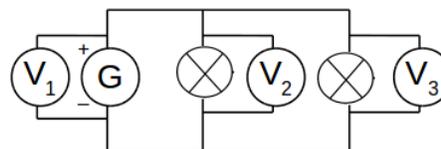


FIGURE 8.4 – Schéma électrique.

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

$$U_1 = U_2 = U_3 \tag{8.4}$$

Bilan du chapitre 8 : les lois de l'électricité

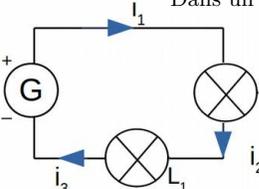
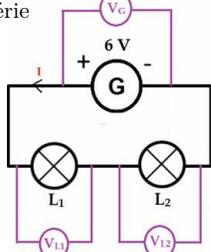
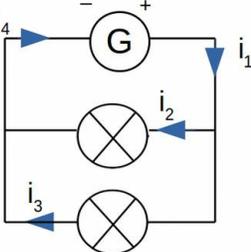
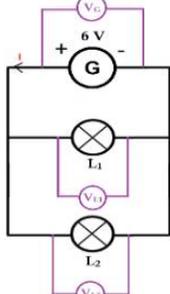
L'intensité	La tension
<p>Dans un circuit en série</p>  <p>Dans un circuit en série, l'intensité qui parcourt le circuit est la même partout.</p> $i_1 = i_2 = i_3$ <p>⚡ Dans ce cas, tous les électrons doivent prendre le même chemin. Ils sont comme des humains collés dans un couloir de métro : si celui tout devant avance de 3 pas, alors celui derrière avance lui aussi de 3 pas.</p>	<p>Dans un circuit en série</p>  <p>Dans un circuit en série, la tension fournie par le générateur se répartie entre les différents dipôles.</p> $U_G = U_{L_1} + U_{L_2}$ <p>⚡ Les électrons passent par les deux lampes donc ils utilisent une partie de leur potentiel pour alimenter le premier appareil puis une autre partie pour alimenter le deuxième.</p>
<p>Dans un circuit en dérivation</p> <p>À un nœud, la somme des courants qui arrivent est égale à la somme de ceux qui en partent.</p> $i_1 = i_2 + i_3$ <p>⚡ Reprenons la même image : si 1000 personnes arrivent à une intersection et que 700 prennent le premier chemin, alors les 300 autres prennent le second.</p> 	<p>Dans un circuit en dérivation</p>  <p>Dans un circuit en dérivation, la tension fournie par le générateur est la même partout pour tous les appareils.</p> $U_G = U_{L_1} = U_{L_2}$ <p>⚡ Cette fois-ci, les électrons passent par une lampe OU par l'autre : il utilisent ainsi tout leur potentiel pour éclairer une lampe. La tension au borne de la lampe 1 est donc la même que celle de L2.</p>

FIGURE 8.5 – Fiche bilan (ici complétée) à coller dans le cahier.

Bibliographie

- [1] Tony Leparoux. Les lois de l'électricité. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 23/01/2020. URL <http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre3-lois-des-circuits/chapitre%203%20lois%20de%201-electricite%20prof.pdf>.
- [2] 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>.
- [3] Tony Leparoux. L'intensité électrique. *Électricité 2012-2013, Physikos*, consulté le 6/12/2019. URL <http://physikos.free.fr/file/11-4eme/4eme-electricite/chapitre2-1-intensite-electrique/chapitre%202%201-intensite%20electrique%2020prof.pdf>.
- [4] 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/>.

Attendus de l'élève

- À la fin de ce chapitre, l'élève devra
- connaître les 4 lois concernant l'intensité et la tension,
 - savoir mesurer une tension et une intensité électrique,

Annexes

Les documents distribués aux élèves durant ce chapitre suivent.

- les TP à compléter pour les classes en retard par rapport aux autres,
- la fiche “Bilan” à trous.

Les lois de l'électricité concernant l'intensité.

Partie 1 : Rappels

1. Définition

/3

Circuit en série : _____

Circuit en dérivation : _____

Court-circuit : _____

Exercice : barrer la mention fautive dans les phrases suivantes.

/5

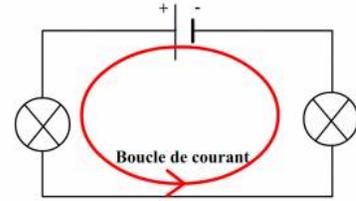


Schéma 1: circuit en série.

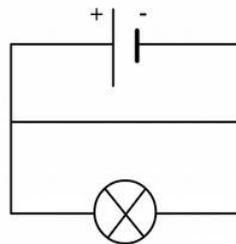


Schéma 2: court-circuit

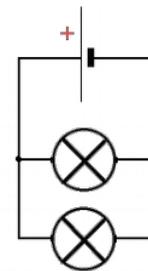


Schéma 3: circuit en dérivation

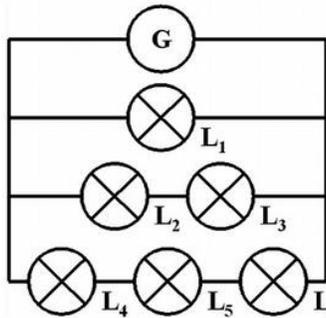


Schéma 4: Circuit électrique.

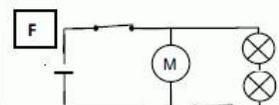
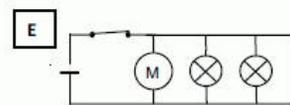
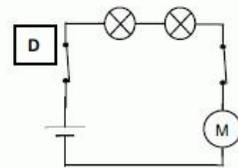
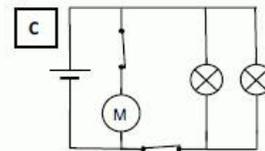
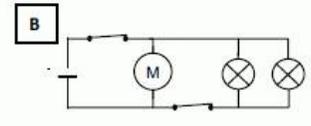
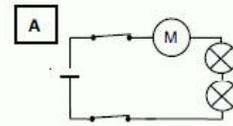
Les lampes L_1 et L_2 sont en série/dérivation.
 Les lampes L_4 et L_5 sont en série/dérivation.
 Les lampes L_6 et L_1 sont en série/dérivation.
 Le circuit A est un circuit branché en série/dérivation.
 Le circuit B est un circuit branché en série/dérivation.
 Le circuit C est un circuit

branché en série/dérivation.

Le circuit D est un circuit branché en série/dérivation.

Le circuit E est un circuit branché en série/dérivation.

Les lampes du circuit F sont branchées en série/dérivation. Elles sont branchées en série/dérivation par rapport au moteur.



Partie 2 : les lois concernant l'intensité d'un circuit

1. Circuit en série

– Qu'est-ce que mesure un ampèremètre ? Comment se branche-t-il ? /1

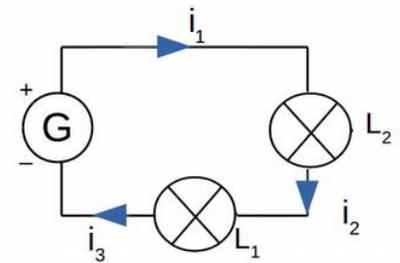


Schéma 5: Circuit électrique de la première expérience

– Représenter le circuit du schéma 5 en ajoutant un ampèremètre de façon à ce qu'il mesure le courant i_1 . /2

Partie expérimentale :

– Monter le circuit représenté au schéma 5. Appeler le professeur pour confirmation avant d'allumer le circuit. /1

– Insérer l'ampèremètre dans le circuit et noter les valeurs des intensités mesurées :

$i_1 =$

$i_2 =$

$i_3 =$

Conclusion : Dans un circuit en série, ou dans une même branche d'un circuit, l'intensité est _____.

2. Circuit en dérivation

– Étant donnée la loi énoncée ci-dessus, que pouvez-vous déjà prédire concernant les intensités du schéma ci-contre ?

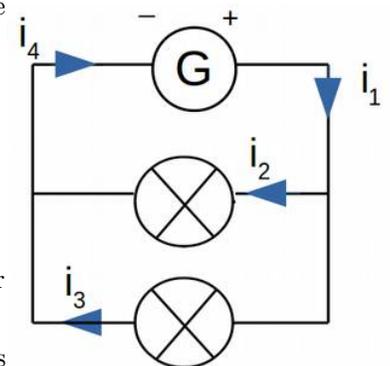


Schéma 6: Circuit électrique de la seconde expérience.

Partie expérimentale :

– Monter le circuit représenté au schéma 6. Appeler le professeur pour confirmation avant d'allumer le circuit. /1

– Insérer l'ampèremètre dans le circuit et noter les valeurs des intensités mesurées : /2

$i_1 =$

$i_2 =$

$i_3 =$

$i_4 =$

Loi des nœuds : À un nœud, la somme des intensités des courants qui arrivent au nœud est _____.

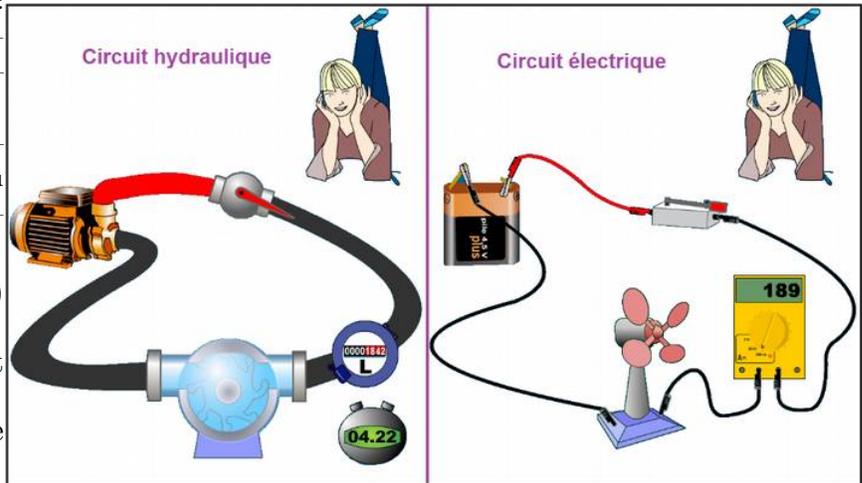
Les lois de l'électricité concernant la tension.

Partie 1 : Rappels sur l'analogie hydraulique et électrique

Compléter le premier paragraphe avec :
avec eau robinet – ouvert pompe (x2) –
hélice – tuyau – ouvert – débitmètre –
débit d'eau.

Compléter le second avec : ventilateur –
pile (x2) – fermé – courant – intensité du
courant – ampèremètre – interrupteur –
fils de connexion

⚡ La _____ (générateur)
pulse _____ dans le circuit
si et seulement si le
_____ est



_____. Grâce aux _____, l'eau est acheminée jusqu'à
l'_____ (récepteur) du moulin et retourne à la _____.

Le _____ est mesuré avec un _____ qui mesure la quantité d'eau qui
circule pendant une certaine durée.

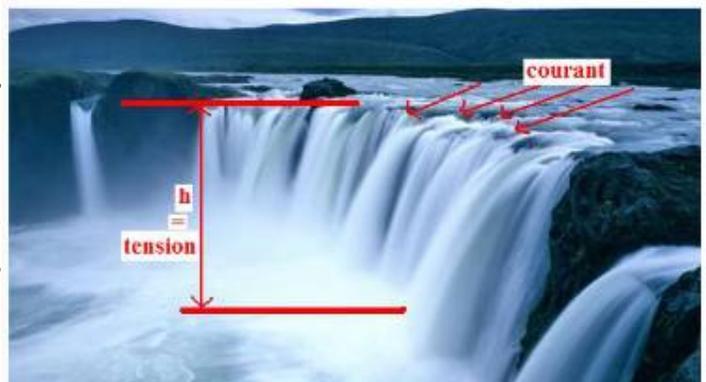
⚡ La _____ (générateur) débite un _____ dans le circuit si et seulement si
l'_____ est _____. Grâce aux _____, le courant alimente le
_____ (récepteur) et retourne ensuite jusqu'à la _____.

L'_____ est mesurée avec un _____ qui mesure la
quantité de courant qui passe pendant une certaine durée. /4

Barrer la mention fautive :

La tension électrique, c'est l'équivalent de la
hauteur de la cascade / du débit d'eau.

L'intensité du courant électrique est
l'équivalent du débit de la rivière / de la
hauteur de la cascade.

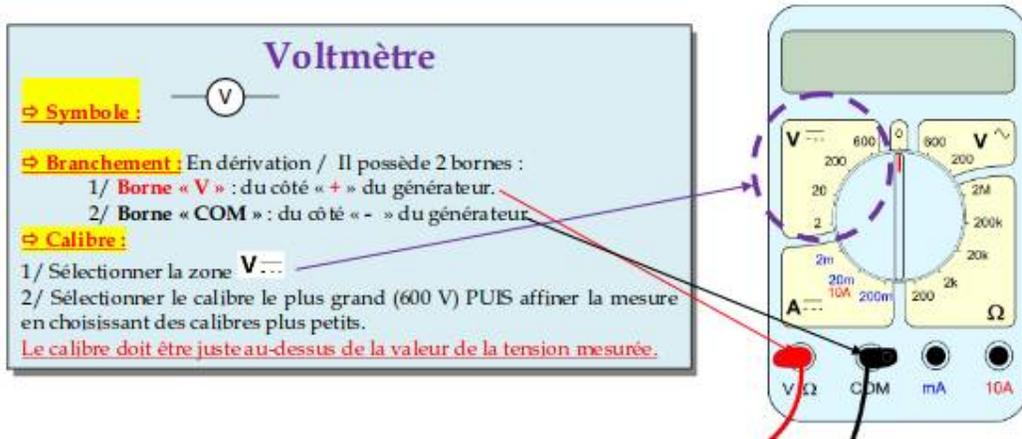


/1

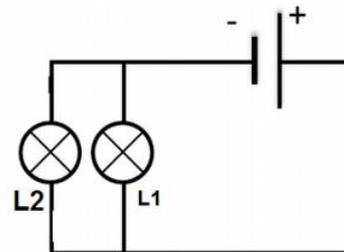
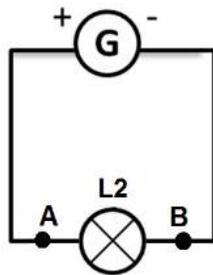
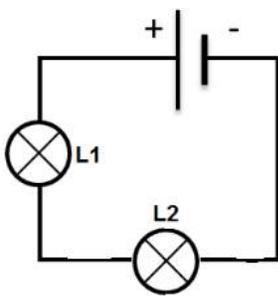
Partie 2 : les lois concernant la tension du circuit

Compléter la phrase suivante

1. La tension électrique se mesure avec un _____ et son unité est le _____ dont le symbole est _____. /1



2. Dans les circuits suivants, placer le voltmètre pour mesurer la tension aux bornes de la lampe L₂. /1,5



Partie 3 : loi des tensions dans un circuit en série

3. Réaliser le circuit ci-contre.

On note :

- U_G la tension aux bornes du générateur,
- U_{L1} la tension aux bornes de la lampe L₁,
- U_{L2} la tension aux bornes de la lampe L₂.

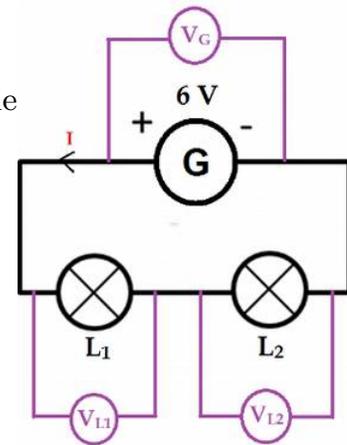
On trouve

$U_G =$ _____

$U_{L1} =$ _____

$U_{L2} =$ _____

Proposer la loi additivité ou d'unicité régissant les tensions dans un circuit en série.



LOI DES TENSIONS DANS UN CIRCUIT EN SÉRIE

Partie 4 : loi des tensions dans un circuit en dérivation

3. Réaliser le circuit ci-contre.

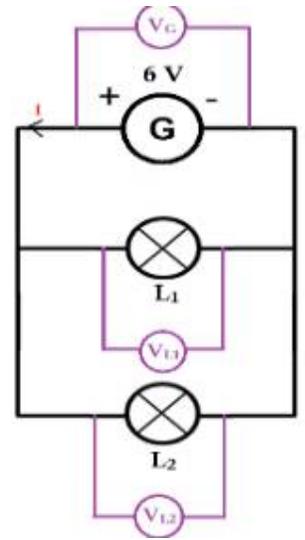
On trouve

$U_G =$ _____

$U_{L1} =$ _____

$U_{L2} =$ _____

Proposer la loi additivité ou d'unicité régissant les tensions dans un circuit.



Proposer la loi additivité ou d'unicité régissant les tensions dans un circuit en série.

LOI DES TENSIONS DANS UN CIRCUIT EN DÉRIVATION

Exercices

1. En utilisant toutes les lois de l'électricité, donner la valeur des courants et des intensités suivantes :

Quelle loi utilisez-vous pour trouver l'intensité

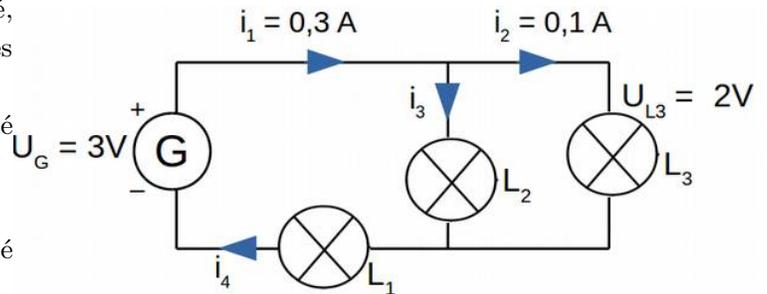
i_3 ? _____

$i_3 =$ _____

Quelle loi utilisez-vous pour trouver l'intensité

i_4 ? _____

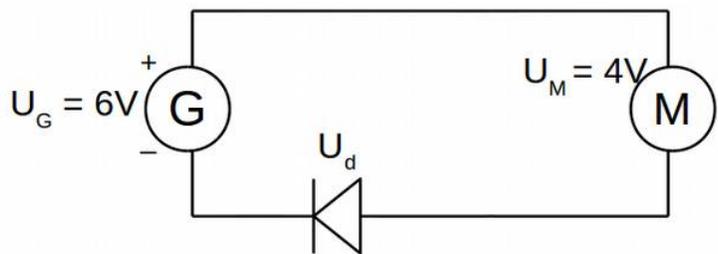
$i_4 =$ _____



Dans le circuit ci-contre, il y a 3 dipôles, quels sont-ils ?

Quelle loi utilisez-vous pour trouver la tension U_d ? _____

Quelle est sa valeur ? _____



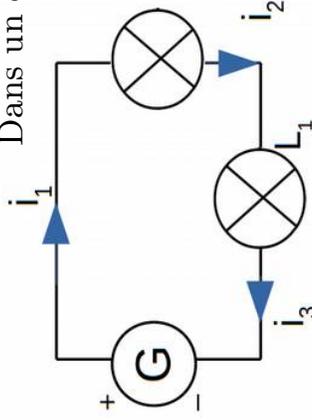
Bilan du chapitre 8 : les lois de l'électricité

L'intensité

L'intensité se note i ou I et se mesure en A avec un ampèremètre.

⚡ L'intensité est reliée au nombre d'électron qui passe dans un dipôle en une seconde. Pour mesurer l'intensité qui parcourt une lampe, on place l'ampèremètre juste avant ou juste après la lampe. L'ampèremètre peut alors "compter" le nombre d'électrons qui passe.

Dans un circuit en série

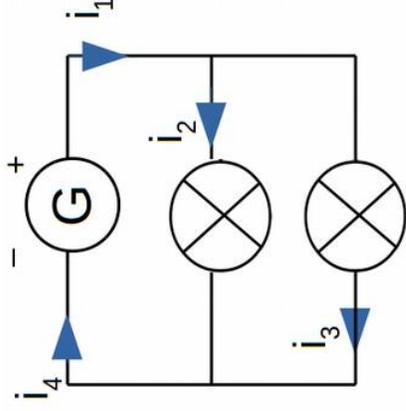


Dans un circuit en série, l'intensité qui parcourt le circuit est _____.

⚡ 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 devant avance de 3 pas, alors celui derrière avance lui aussi de 3 pas.

Dans un circuit en dérivation

À un nœud, la somme des courants qui _____ est égale à la somme de ceux qui en _____.



⚡ Reprenons la même image : si 1000 personnes arrivent à une intersection et que 700 prennent le premier chemin, alors les _____ autres prennent le second.

La tension

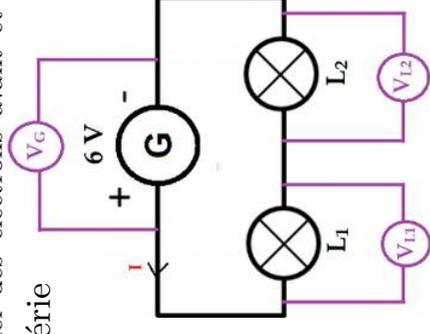
La tension se note U et se mesure en V avec un voltmètre.

⚡ La tension s'appelle aussi *différence de potentiel*. Elle représente la chute du potentiel des électrons lorsqu'ils traversent un appareil électrique. Lorsqu'ils sortent de la pile, les électrons ont un fort potentiel qu'ils vont utiliser pour alimenter les appareils électriques du circuit. Pour mesurer, la tension au bornes d'une lampe, on branche un fil juste avant la lampe et un autre juste après pour comparer le potentiel des électrons avant et après.

Dans un circuit en série

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

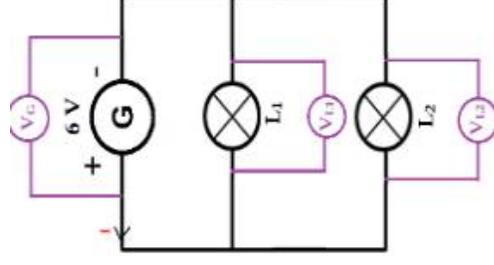
⚡ Les électrons passent par les deux lampes donc ils utilisent une partie de leur potentiel pour alimenter le premier appareil puis une autre partie pour alimenter le deuxième.



Dans un circuit en dérivation

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

⚡ Cette fois-ci, les électrons passent par une lampe OU par l'autre : il utilisent ainsi tout leur potentiel pour éclairer une lampe. La tension au borne de la lampe 1 est donc la même que celle de L2.



Chapitre 9

La résistance et la loi d'Ohm

9.1 La résistance

9.1.1 Le dipôle

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 $R = 230\Omega$. Plus la résistance d'un dipôle est grande, plus cela signifie que ce dipôle résiste au passage du courant.



FIGURE 9.1 – 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.

9.1.2 Interprétation microscopique

Le passage de l'électricité dans un matériau est assuré par le passage des électrons qui bougent en sautant d'atome en atome.

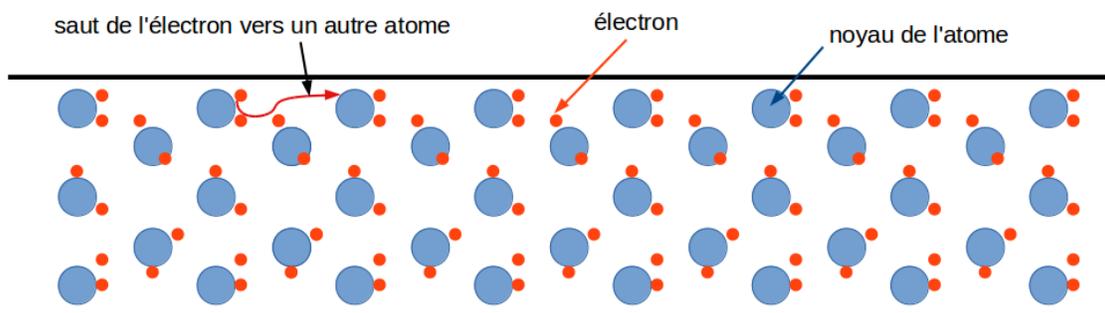
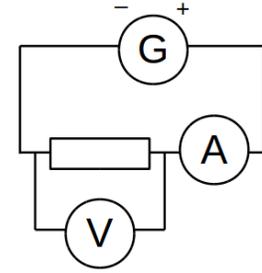


FIGURE 9.2 – Schématisation microscopique d'un fil de fer. Les électrons, chargés négativement, sautent d'atome en atome : c'est le courant électrique.

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

9.2 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.



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.

FIGURE 9.3 – 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.

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 ci-contre, 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 points, 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

$$U = \text{constante} \times I \quad (9.1)$$

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 9.1. 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

$$U = R \times I \quad (9.2)$$

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

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{et} \quad R = \frac{U}{I}. \quad (9.3)$$

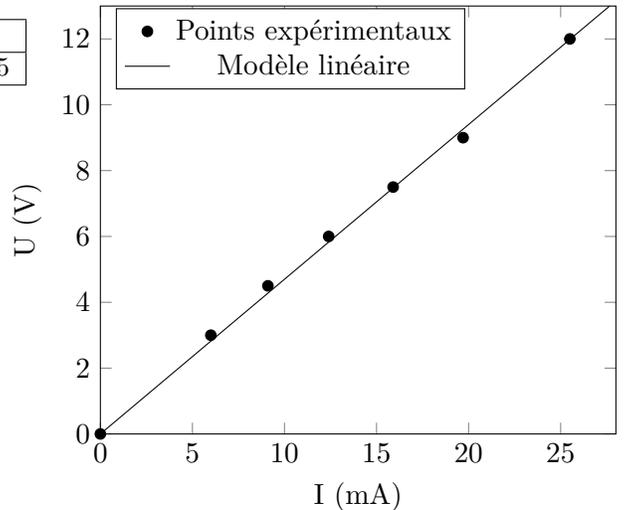


FIGURE 9.4 – Évolution de la tension U aux borne de la résistance en fonction de l’intensité I qui la traverse.

Bibliographie

- [1] 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%20%20Resistance%20electrique%20et%20loi%20d%20ohm%202013%20prof.pdf>.
- [2] Dominique Meneret Noisette *et al.* *Physique-Chimie Quatrième*. Magnard, 2017.
- [3] Jean-Luc Azan *et al.* *Physique Chimie 3e*. Nathan, 2017.

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

- 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.

Annexes

Le devoir maison confiné envoyé aux élèves.

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. Maélie, Arsène, Matthieu et Edwige apportent les quatre appareils à raclette nécessaires.

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 boîte 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

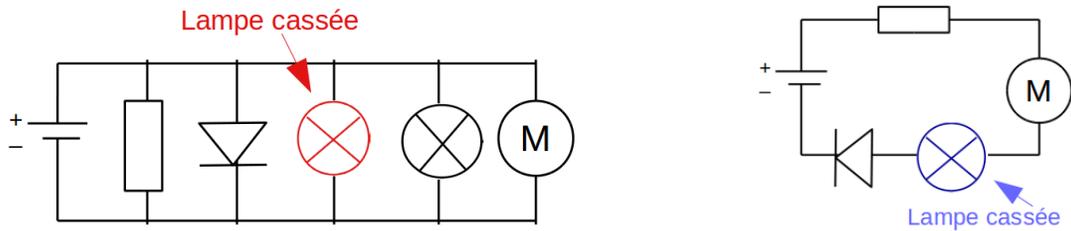


Figure 1: À gauche, le circuit électrique A et à droite le circuit électrique B.

- Le circuit de gauche (circuit A) ci-dessus est un circuit
 - en dérivation,
 - en série.
- La lampe rouge est cassée. Est-ce que le moteur du circuit A est alimenté et fonctionne ?
 - Oui.
 - Non.
- Nous nous intéressons maintenant au circuit de droite, le circuit B. Il s'agit d'un circuit
 - en dérivation,
 - en série.
- La lampe bleue est cassée. Est-ce que le moteur du circuit B est alimenté et fonctionne ?
 - Oui.
 - Non.
- Quelle est la tension du secteur (tension délivrée par les prises de votre appartement) ?
 - 50V
 - 70V
 - 100V
 - 230V
 - 780V
 - 1230V

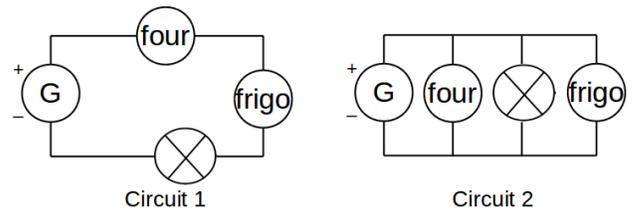


Figure 2: Dans votre appartement (ici par exemple la cuisine), les appareils sont branchés selon le circuit 2.

- 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].

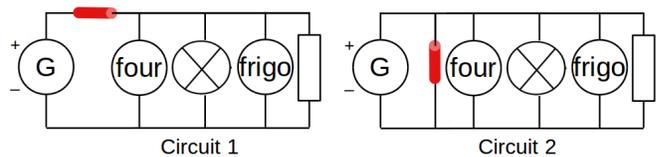


Figure 3: Deux installations possibles du fusible dans votre cuisine. Le fusible est représenté par le cylindre rouge.

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 boîte 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

$$P = U \times I \quad (1)$$

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

$$I = \frac{P}{U} \quad \text{et} \quad U = \frac{P}{I}. \quad (2)$$



Figure 4: Les différents appareils à raclette que Maélie, Arsène, Matthieu et Edwige ont apporté.

10. Comment s'appelle l'effet dont il est question dans le document ci-dessus ?
11. En vous aidant des documents ci-dessus, quelle est l'intensité qui traverse l'appareil à raclette de Maélie lorsqu'il est branché ?
12. Faire de même et calculer les intensité qui traversent les appareils à raclette de Arsène, Matthieu et Edwige.
13. 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 10

Mouvements

10.1 Représenter un mouvement

Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement

Représentation de l'objet

Décrire un mouvement : la trajectoire

Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse

La chronophotographie

Calculer une vitesse moyenne

Le mouvement est relatif

Le mouvement d'un objet dépend de l'observateur appelé **référentiel**.



Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement

Représentation de l'objet

Décrire un mouvement : la trajectoire

Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse

La chronophotographie

Calculer une vitesse moyenne

Représentation d'un objet

Pour représenter un objet, on le réduit à un point.



La trajectoire d'un objet est l'ensemble des positions occupées par un objet au cours du temps.

Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement

Représentation de l'objet

Décrire un mouvement : la trajectoire

Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse

La chronophotographie

Calculer une vitesse moyenne

10.2 Description du mouvement

Décrire un mouvement : la trajectoire

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.



Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement

Représentation de l'objet

Décrire un mouvement : la trajectoire

Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse

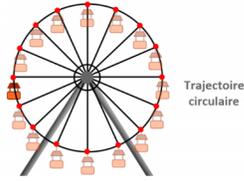
La chronophotographie

Calculer une vitesse moyenne

Décrire un mouvement : la trajectoire

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.



Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement

Représentation de l'objet

Décrire un mouvement : la trajectoire

Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse

La chronophotographie

Calculer une vitesse moyenne

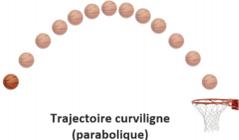
Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement
Représentation de l'objet
Décrire un mouvement : la trajectoire
Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse
La chronophotographie
Calculer une vitesse moyenne

Décrire un mouvement : la trajectoire

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.



Trajectoire curviligne (parabolique)

Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement
Représentation de l'objet
Décrire un mouvement : la trajectoire
Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse
La chronophotographie
Calculer une vitesse moyenne

Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse

Le second adjectif décrit l'évolution de la vitesse :

- ralenti (ou décéléré),
- uniforme : la vitesse est constante,
- accéléré.



Par exemple : l'espace entre les motos ci-dessus s'agrandit donc le mouvement est accéléré.

Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement
Représentation de l'objet
Décrire un mouvement : la trajectoire
Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse
La chronophotographie
Calculer une vitesse moyenne

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.



Chapitre 9 : mouvements
M. Gondret

Relativité du mouvement
Représentation de l'objet
Décrire un mouvement : la trajectoire
Décrire un mouvement : l'évolution de la vitesse
La chronophotographie
Calculer une vitesse moyenne

La vitesse moyenne

La vitesse moyenne d'un objet est le rapport de la distance parcourue sur le temps de parcourir

$$\text{vitesse} = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} \quad (1)$$

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

une onde sonore ne peut se propager dans l'espace.

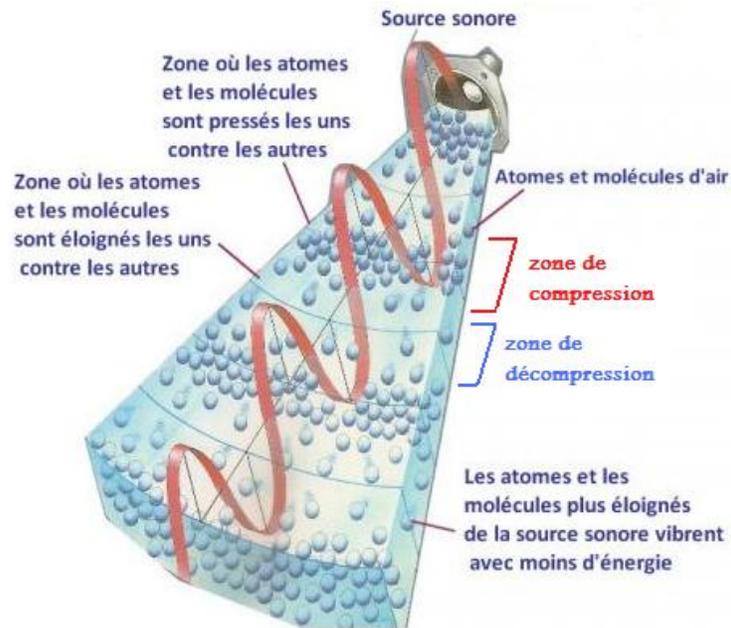


FIGURE 11.3 – La propagation d'une onde sonore dans l'air est due à la vibration des molécules. Tiré de [2].

11.1.2 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**.



FIGURE 11.4 – Les dauphins peuvent communiquer sous l'eau en émettant des ultrasons. La vitesse de propagation des sons dans l'eau est de 1500m/s. Dans le fer, le son se propage à plus de 5000m/s ! De manière général, plus les atomes ou les molécules sont collées, plus le son se propage vite. Ainsi, une onde sonore se propage plus vite dans un solide que dans un gaz.

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 bizarre¹ cependant :

dès lors 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.

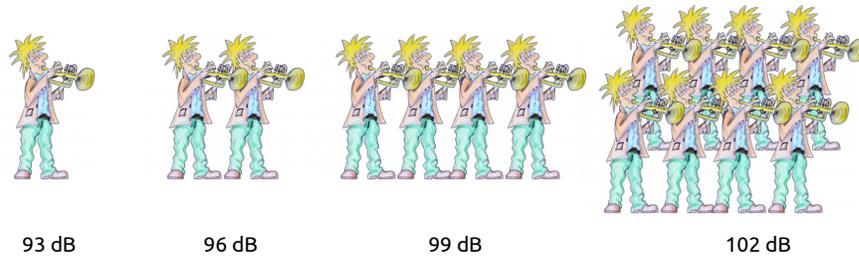


FIGURE 11.5 – Si un trompettiste joue à 93 dB et qu'on en rajoute un second qui joue pareil, le nombre de musicien est multiplié par deux donc l'intensité sonore augmente de 3 dB : elle passe à 96 dB. Si maintenant on remultiplie la source sonore (le nombre de trompettistes) par deux, l'intensité sonore 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 musiciens, 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 11.6 représente l'échelle des bruits et leur dangerosité.

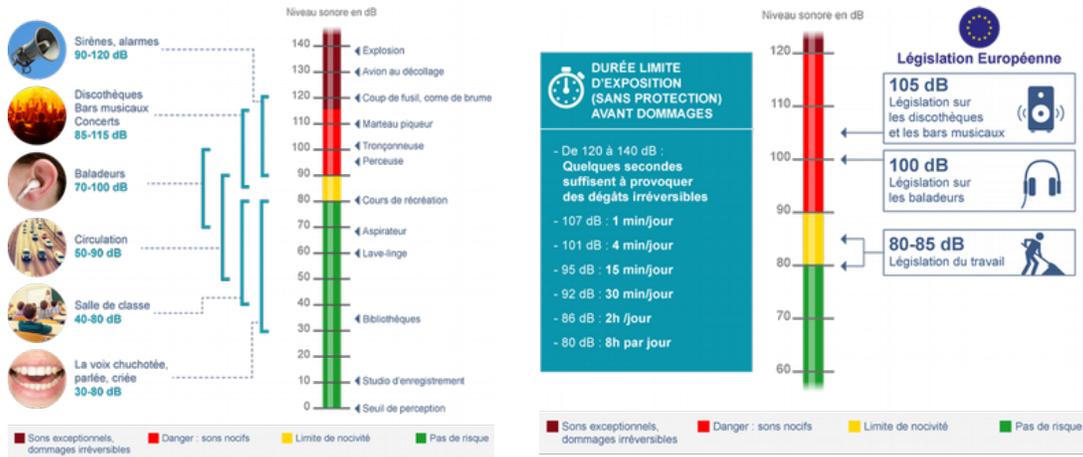


FIGURE 11.6 – Écouter trop longtemps une son dont l'intensité est trop forte peut endommager l'ouïe. Tiré de [3].

1. son principe mathématique sera vu au lycée

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 $261/2 = 130\text{Hz}$ et celle du Do 6 est $1040 \times 2 = 2080\text{Hz}$.

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.

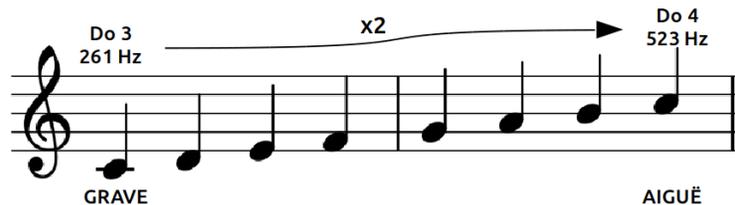


FIGURE 11.7 – Les notes les plus graves ont les fréquences les plus basses alors que les notes aiguës ont des fréquences élevées. Lors du passage du Do 3 au Do 4, la fréquence est multipliée par deux.

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 11.8.

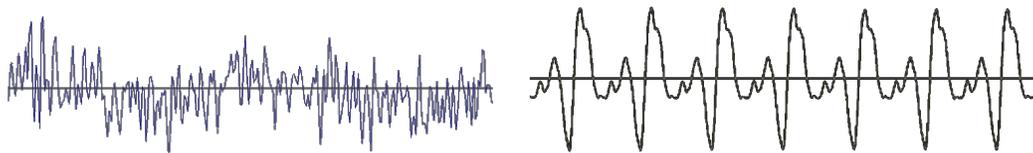


FIGURE 11.8 – Signal électrique enregistré par un micro au cours du temps. À gauche, le signal n'est pas périodique, il ne se répète pas : on entend un bruit. À droite, le signal se répète, on dit qu'il est périodique et on peut lui associer une fréquence. Il s'agit du nombre de battements en une seconde.

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.

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 fondamentale. L'intensité de chaque harmonique varie selon l'instrument et la voix : ce sont celle-ci qui constituent le timbre du son.

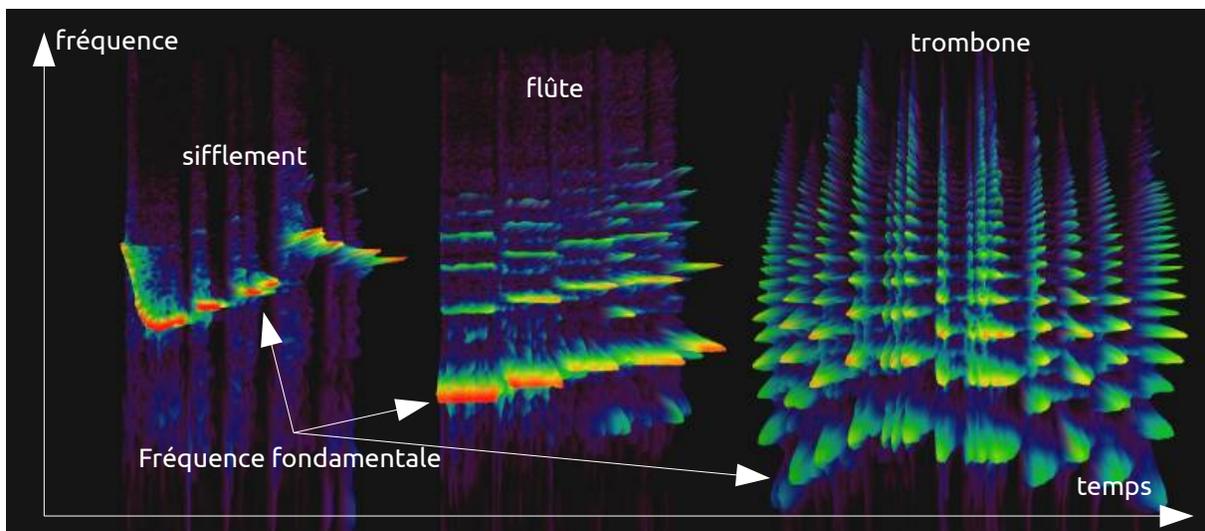


FIGURE 11.9 – Sonogrammes d'un sifflement, d'une flûte et d'un trombone. Le pic (zone rouge dont la couleur est forte) le plus bas représente la fréquence fondamentale : c'est lui qui fixe la hauteur du son. Les pics qu'on peut voir au-dessus composent le timbre du son et sont propre à chaque instrument. Réalisé via [4].

Les sonogrammes présentés en figure 11.9 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 composé quasiment de qu'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.

Tout comme les instruments, chaque voix a un timbre différent. On peut voir sur la figure 11.10 que chaque voyelle a même son propre timbre. C'est d'ailleurs comme ça que nous pouvons les reconnaître, parler et nous comprendre.

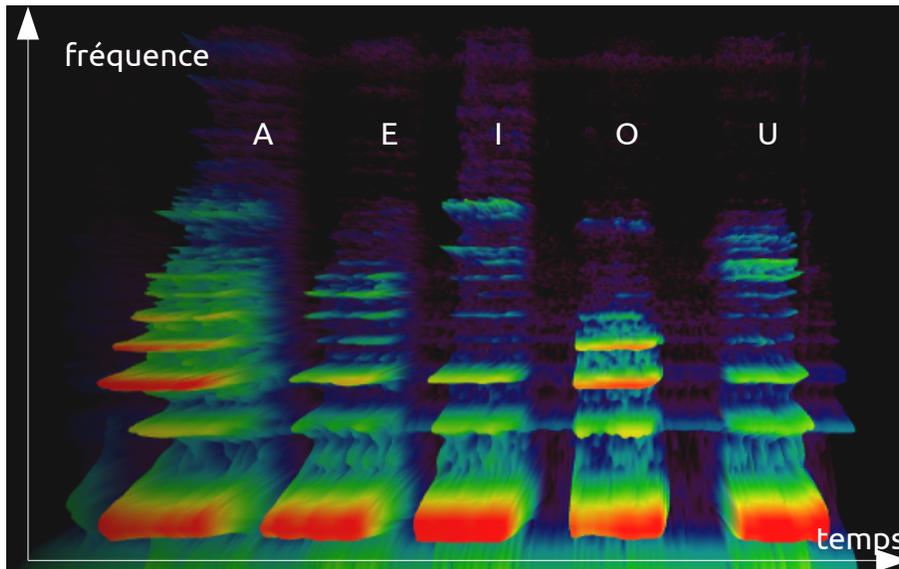


FIGURE 11.10 – Sonogramme de différentes voyelles de l’alphabet par M. Gondret. La fréquence fondamentale de chaque voyelle est la même mais les harmoniques diffèrent. Réalisé via [4].

Bibliographie

- [1] C’est pas sorcier. Le bruit. *France Télévision*, 1997.
- [2] 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>.
- [3] 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>.
- [4] Jeremy Morrill et Boris Smus. Spectrogramme. *Chrome Music Lab*, consulté le 3/05/2020. URL <https://musiclab.chromeexperiments.com/Spectrogram/>.
- [5] 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>.
- [6] Philippe Gondret. Ondes acoustiques : émission, propagation, réception. *La musique des ondes, UniverCité de Gif-Sur-Yvette*, 2019.
- [7] Son (physique). *Wikipédia*. URL [https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_\(physique\)](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.

Bibliographie

- [1] C'est pas sorcier. Le bruit. *France Télévision*, 1997.
- [2] 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>.
- [3] 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>.
- [4] Jeremy Morrill et Boris Smus. Spectrogramme. *Chrome Music Lab*, consulté le 3/05/2020. URL <https://musiclab.chromeexperiments.com/Spectrogram/>.
- [5] 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>.
- [6] Philippe Gondret. Ondes acoustiques : émission, propagation, réception. *La musique des ondes, UniverCité de Gif-Sur-Yvette*, 2019.
- [7] Son (physique). *Wikipédia*. URL [https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_\(physique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Son_(physique)).

Attendus de l'élève

À la fin de ce chapitre, l'élève devra

—

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 aux 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							

Interprétation et conclusion :

Lorsqu'un son est plus aigu, 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'environHz et celle d'un Do 6 est deHz.

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.

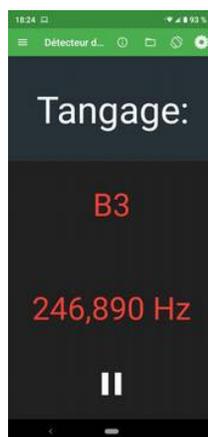
Conclusion : Quelle fréquence maximale pouvez-vous entendre ?

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 vite 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 réfléchir 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 primaires de lumière émettent la lumière qu'elle produit,
- les sources secondaires diffusent la lumière qu'elle reçoivent mais n'en produisent pas.

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.



FIGURE 12.1 – Sources primaires et 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...

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.



FIGURE 12.2 – Éclairage d'un CD sous 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].

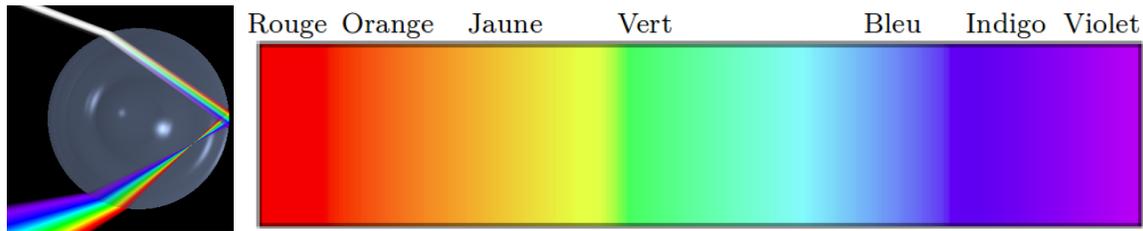


FIGURE 12.3 – À gauche, principe de formation d'un arc en ciel : dans la goutte, les couleurs sont séparées car leur fréquence est différente [6]. À droite, les couleurs du spectre visible selon Newton.

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-violet, 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 pus récemment de Fukushima [7].

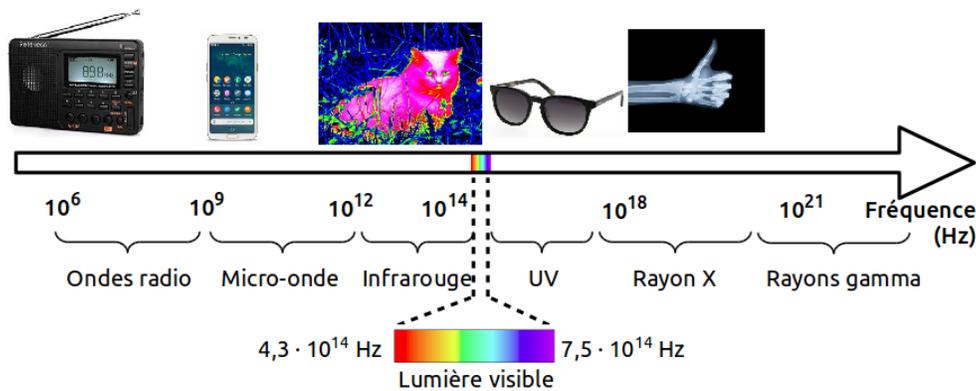


FIGURE 12.4 – Les plages de fréquence de la lumière.

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.

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.

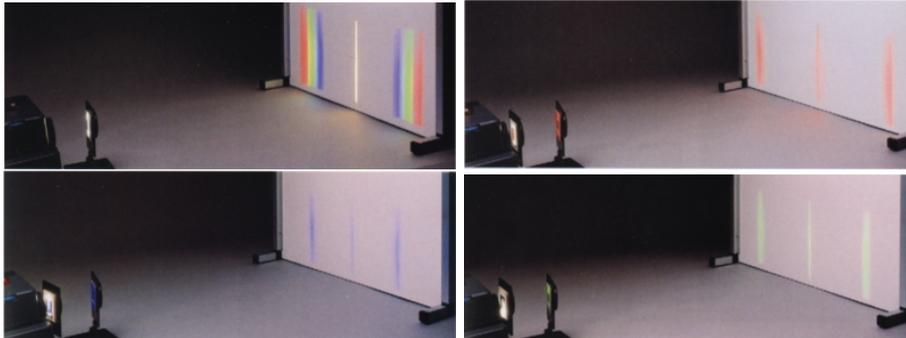


FIGURE 13.1 – On éclaire un écran à travers un réseau avec de la lumière blanche. Le réseau fait apparaître toutes les couleurs qui composent la lumière blanche. On ajoute ensuite un filtre rouge (haut droite), puis un filtre bleu (bas gauche) et un filtre vert (bas droite). Tiré de [1].

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.

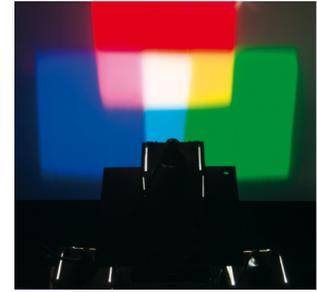


FIGURE 13.2 – Observations de l'expérience.

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.

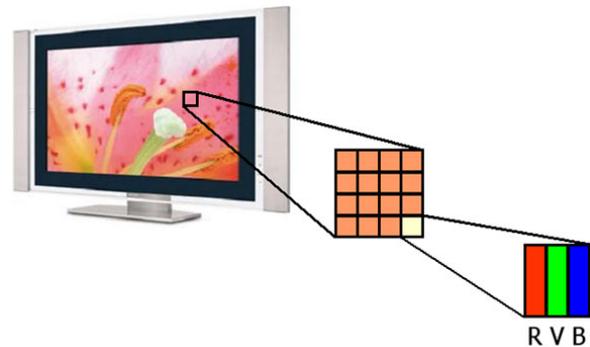


FIGURE 13.3 – Composition d'un pixel [3].

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 photorécepteurs¹ : les cônes et les bâtonnets. À droite de la figure 13.4 est présentée une photographie réalisée au microscope électronique (les couleurs sont fausses).

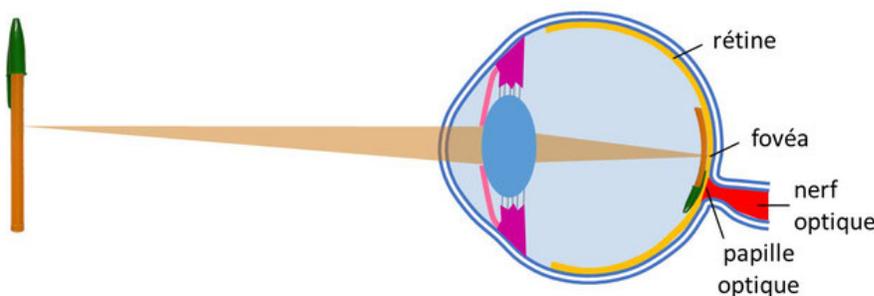


FIGURE 13.4 – Tiré de [3].

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 !

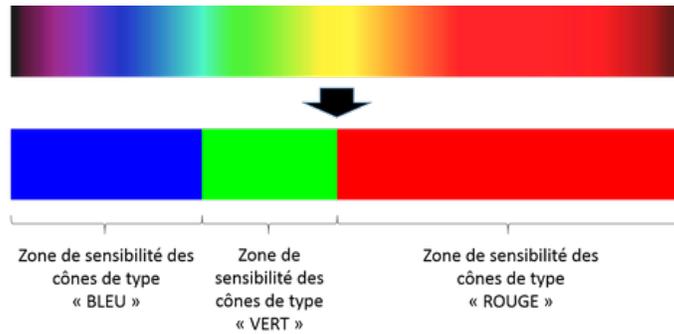


FIGURE 13.5 – Au fond de l’œil, il existe trois types de cônes. Chaque cône est sensible différemment aux couleurs (fréquences) du rayon lumineux qui est entré dans l’œil. On distingue ainsi les cônes bleus, rouges et verts. Tiré de [4].

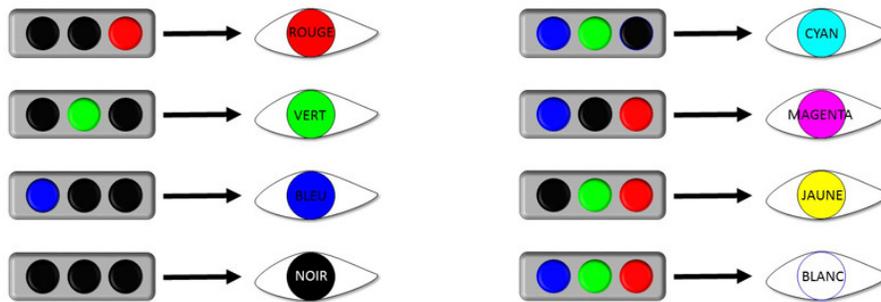


FIGURE 13.6 – Si tous les sous pixels rouge et vert de l’écran sont allumés, notre œil perçoit du jaune. Tiré de [5].

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				
	Noir	Blanc	Bleu	Vert	Rouge
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.

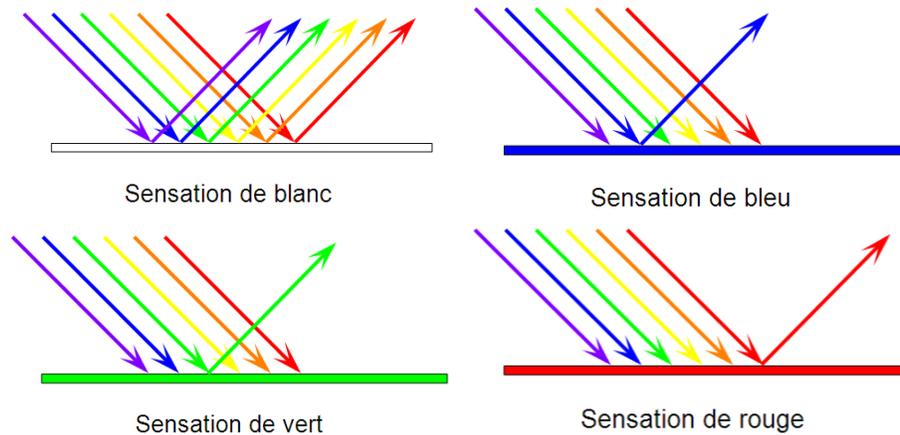


FIGURE 13.7 – Les objets blanc réfléchissent toutes les couleurs alors que les objets bleus ne réfléchissent que les rayons bleus, et de même pour les objets rouges et verts. Tiré de [1].

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.

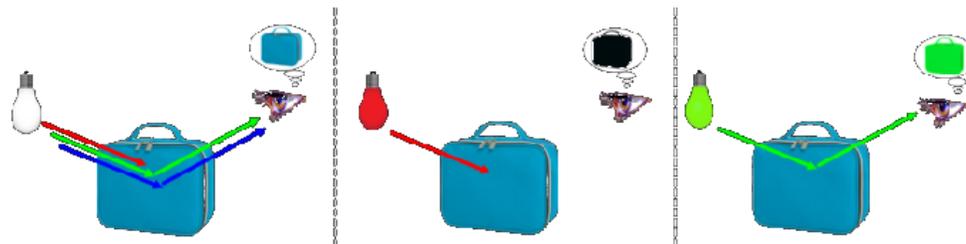


FIGURE 13.8 – Objet cyan éclairé par différentes lumières. Dans le premier cas, la valise est éclairée avec de la lumière blanche : la valise paraît donc cyan car seule la lumière rouge est absorbée. Les lumières vertes et bleues sont réfléchies vers les yeux de l’observateur. Dans le second cas, on éclaire la valise avec de la lumière rouge. Comme la absorbe la lumière rouge, aucune lumière est réfléchiée par la valise vers l’observateur et la valise paraît noire. Dans le troisième cas, la valise est éclairée par une lumière verte, réfléchiée vers l’observateur : elle paraît donc verte. Tiré de [1].

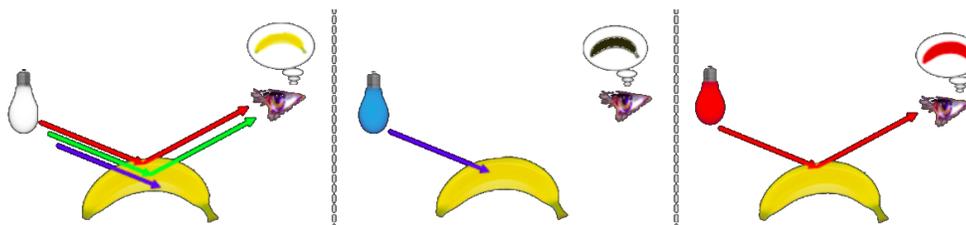


FIGURE 13.9 – Banane jaune éclairé par différentes lumières. Selon l’éclairage, elle paraît jaune (lumière blanche), noire (lumière bleue) ou bien rouge (lumière rouge). Tiré de [1].

Bibliographie

- [1] Stéphane Landeau. Lumières colorées et couleurs des objets. *Physique-Chimie au collège*, consulté le 17/05/2019. URL <http://pccollege.fr/quatrieme-2/1a-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 réfléchit 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 jaunes, elles-mêmes plus chaudes 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).

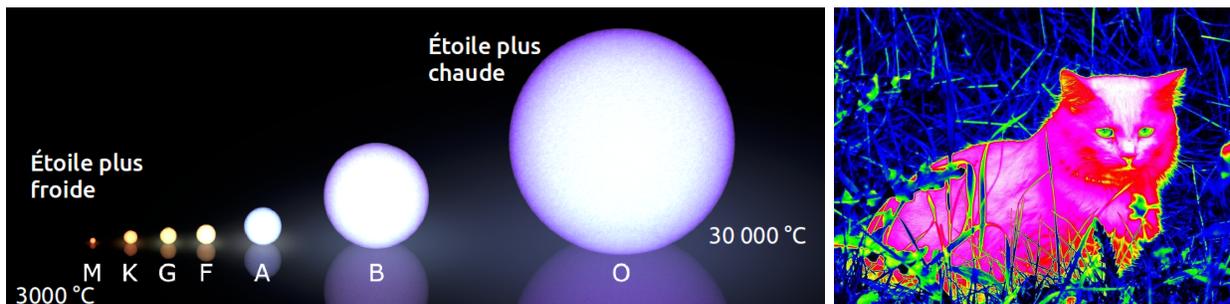


FIGURE 14.1 – À gauche, différents types d'étoiles : les étoiles les bleues sont plus chaudes que les étoiles rouges. À droite, photo d'un chat via un capteur infrarouge. Avec la coloration de l'image choisie, les zones les plus rouges correspondent aux zones les plus chaudes. Tiré de [1] et [2].

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 “contrôle” 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.

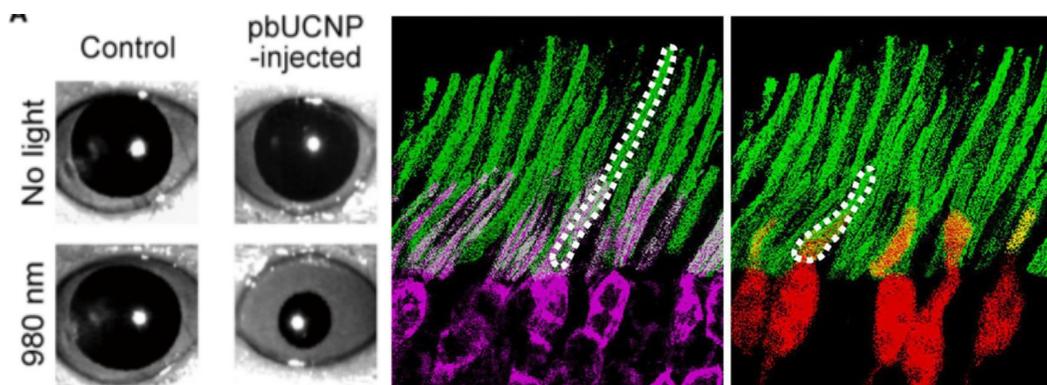


FIGURE 14.2 – À gauche, la colonne de gauche représente le groupe contrôle (aucune nanoparticule n’a été injectée chez ces souris), celle de droite le groupe test. Les photos de la première ligne ont été prises lorsque les souris n’étaient pas éclairées : leur pupille sont donc complètement dilatée à 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.