

Physique-Chimie

CLASSE DE QUATRIÈME

Introduction

Dans le prolongement de l'école primaire, après la phase de sensibilisation de la classe de cinquième, le programme de classe quatrième est destiné à introduire des grandeurs et des lois qui les relient.

L'enseignement reste orienté vers l'expérimentation par les élèves dans le cadre d'une démarche d'investigation chaque fois que possible. (cf. *Introduction commune à l'ensemble des disciplines scientifiques § III. Les méthodes*).

Par un questionnement judicieux, les séances introductives doivent permettre l'émergence des représentations préalables des élèves.

En complément de l'étude de l'eau en cinquième, l'étude de l'air, dans la partie *A. De l'air qui nous entoure à la molécule*, conduit à introduire la notion de molécule.

La partie *B. Les lois en courant continu* s'appuie sur des mesures d'intensité, de tension et de résistance. La loi d'Ohm est étudiée à ce niveau.

La partie *C. La lumière : couleurs et images* prolonge le programme de cinquième par la notion de couleur. La formation d'images à

travers une lentille convergente et le rôle de l'œil viennent compléter cette étude.

Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par le symbole *. La mention [B2i] signale les activités permettant de développer les compétences attendues au niveau 2 du brevet informatique et Internet.

Des ouvertures en direction de l'histoire des sciences sont mentionnées pour contribuer à éveiller la curiosité des élèves.

La présentation retenue n'implique pas une progression obligatoire. Toute liberté est laissée à l'enseignant pour organiser ses activités dans l'ordre où il le souhaite. L'essentiel est que le professeur ait une progression cohérente et que tout le programme soit étudié.

Certaines parties du programme peuvent être traitées de façon coordonnée par des professeurs de disciplines différentes en s'appuyant sur les thèmes de convergence qui abordent d'importants sujets de société (cf. Thèmes de convergence).

A. De l'air qui nous entoure à la molécule

Durée conseillée : 10 semaines.

Cette rubrique a pour objet d'introduire dans un premier temps la molécule à partir des deux exemples de l'eau et de l'air ; elle permet notamment de réinvestir les notions vues en classe de cinquième concernant la distinction entre mélanges et corps purs, les

changements d'états et la conservation de la masse lors de ces changements d'états. Dans un second temps, elle conduit, en s'appuyant sur les combustions, à l'étude des transformations chimiques et à leur interprétation atomique.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
<p>COMPOSITION DE L'AIR</p> <p>Le dioxygène, constituant de l'air avec le diazote. [Géographie : l'atmosphère]</p> <p>Le dioxygène, nécessaire à la vie. [SVT : respiration]</p> <p>[Thème : Environnement et développement durable (la pollution atmosphérique)]</p> <p>[Thème : Santé (troubles liés à un air « non pur »)¹]</p> <p>[Technologie : environnement et énergie, 4e (effet de serre, énergies renouvelables)]</p>	<p>Retenir que l'air est un mélange et citer les proportions dioxygène/diazote dans l'air.</p> <p>Distinguer gaz et fumées (microparticules solides en suspension).</p>	<p>De quoi est composé l'air que nous respirons ? Est-il un corps pur ?</p> <p>*Étude de documents sur l'atmosphère et la composition de l'air, sur la respiration.</p> <p>*Enquête sur la pollution atmosphérique et ses conséquences : problèmes respiratoires, effet de serre et réchauffement de la Terre, trou dans la couche d'ozone..., part de responsabilité individuelle et collective... [EEDD]</p> <p>Rédaction d'un compte-rendu de l'enquête. [B2i]</p>
<p>VOLUME ET MASSE DE L'AIR</p> <p>Caractère compressible d'un gaz.</p> <p>Masse d'un volume donné de gaz. [Thème : Météorologie et climatologie]</p> <p>[Mathématiques : grandeurs et mesures]</p> <p>[Technologie : architecture et habitat, 5e]</p> <p>[Technologie : environnement et énergie, 4e]</p>	<p><i>Compétences expérimentales :</i></p> <p>- mettre en évidence le caractère compressible d'un gaz ;</p> <p>- utiliser un capteur de pression.</p> <p>Utiliser correctement les notions de masse et de volume sans les confondre, utiliser les unités correspondantes.</p> <p>Retenir que 1 L = 1 dm³ et que de même 1 mL = 1 cm³.</p> <p>Retenir l'ordre de grandeur de la masse d'un litre d'air dans les conditions usuelles de température et de pression.</p>	<p>L'air a-t-il un volume propre ? A-t-il une masse ?</p> <p>Compression de l'air contenu dans un piston ou une seringue, associée à la mesure de sa pression.</p> <p>Dégonflage ou gonflage d'un ballon à volume constant associé à la mesure de sa masse.</p>
<p>UNE DESCRIPTION MOLÉCULAIRE POUR COMPRENDRE</p> <p>Un premier modèle particulière pour interpréter la compressibilité d'un gaz.</p> <p>Distinction entre mélange et corps pur pour l'air et la vapeur d'eau.</p> <p>L'existence de la molécule. [Histoire des sciences : de l'évolution du modèle moléculaire à la réalité de la molécule]</p> <p>Les trois états de l'eau à travers la description moléculaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'état gazeux est dispersé et désordonné ; - l'état liquide est compact et désordonné ; - l'état solide est compact, les solides cristallins sont ordonnés. <p>Interprétation de la conservation de la masse lors des changements d'états et lors des mélanges. [SVT : solidification du magma]</p>	<p><i>Compétence expérimentale : réaliser des mélanges homogènes et des pesées (liquides et solides).</i></p> <p>Utiliser la notion de molécules pour interpréter :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la compressibilité de l'air ; - les différences entre corps purs et mélanges ; - les différences entre les trois états physiques de l'eau ; - la conservation de la masse lors des mélanges en solutions aqueuses et des changements d'états de l'eau ; - la non compressibilité de l'eau ; - la diffusion d'un gaz dans l'air ou d'un soluté dans l'eau. 	<p>*Étude documentaire sur l'histoire du modèle moléculaire. [B2i]</p> <p>*Observation et analyse de simulations concernant l'agitation moléculaire dans les liquides et les gaz.</p> <p>Réalisation de mélanges en solutions aqueuses.</p> <p>Mise en évidence de la non compressibilité de l'eau.</p> <p>Mise en évidence de la diffusion d'un gaz odorant (parfum) dans l'air ou d'un colorant dans l'eau.</p>

¹ Les troubles liés à un air « non pur », c'est-à-dire dont la composition s'éloigne des proportions standard, seront évoqués en relation avec le thème de convergence relatif à la santé.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
<p>LES COMBUSTIONS</p> <p>La combustion nécessite la présence de réactifs (combustible et comburant) qui sont consommés au cours de la combustion ; de nouveaux produits se forment.</p> <p>[Thème : Sécurité (Citoyenneté : règles de sécurité possibilité de production du monoxyde de carbone toxique)]</p> <p>[Thème : Santé (toxicité du monoxyde de carbone, dangers liés à l'usage du tabac)]</p> <p>[Thème : Environnement et développement durable (Effet de serre)]</p> <p>[Technologie : les énergies, 6e]</p> <p>Combustion du carbone.</p> <p>Test du dioxyde de carbone : le dioxyde de carbone réagit avec l'eau de chaux pour donner un précipité de carbonate de calcium.</p> <p>Combustion du butane et/ou du méthane.</p> <p>Tests du dioxyde de carbone et de l'eau formés.</p> <p>[SVT : transformation biologique, 6e ; respiration, 5e]</p> <p>[Technologie : environnement et énergie, 4e]</p> <p>[Technologie : architecture et habitat (la réglementation thermique), 5e]</p>	<p><i>Compétences expérimentales :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - réaliser et décrire une expérience de combustion ; - identifier lors d'une transformation les réactifs (avant transformation) et les produits (après transformation) ; - reconnaître un précipité. <p>Exprimer le danger des combustions incomplètes.</p>	<p>Qu'est-ce que brûler ?</p> <p>Réalisation de quelques transformations avec du dioxygène et caractérisation des produits formés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - combustion du carbone (morceau de fusain), test du dioxyde de carbone, précipité de carbonate de calcium ; - combustion du butane et/ou du méthane, tests du dioxyde de carbone et de l'eau formés. <p>*Étude documentaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - danger des combustions incomplètes ; - effets sur l'organisme humain du monoxyde de carbone ; - règles de sécurité (prévention des accidents et des incendies, consignes en cas d'accident et d'incendie). <p>[B2i]</p>
<p>LES ATOMES POUR COMPRENDRE LA TRANSFORMATION CHIMIQUE</p> <p>Interprétation atomique de deux ou trois combustions.</p> <p>Les molécules sont constituées d'atomes.</p> <p>La disparition de tout ou partie des réactifs et la formation de produits correspond à un réarrangement d'atomes au sein de nouvelles molécules.</p> <p>Les atomes sont représentés par des symboles, les molécules par des formules.</p> <p>L'équation de la réaction précise le sens de la transformation (la flèche va des réactifs vers les produits).</p> <p>Les atomes présents dans les produits formés sont de même nature et en même nombre que dans les réactifs.</p> <p>La masse totale est conservée au cours d'une transformation chimique.</p> <p>[Technologie : les matériaux, tous niveaux]</p>	<p><i>Compétence expérimentale : réaliser des modèles moléculaires pour les réactifs et les produits des combustions du carbone, du butane et/ou du méthane (aspect qualitatif et aspect quantitatif).</i></p> <p>Citer et interpréter les formules chimiques : O₂, H₂O, CO₂, C₄H₁₀ et/ou CH₄.</p> <p>Écrire les équations de réaction pour les combustions du carbone, du butane et/ou du méthane et expliquer leur signification (les atomes présents dans les produits formés sont de même nature et en même nombre que dans les réactifs).</p> <p>Retenir que la masse totale est conservée au cours d'une transformation chimique.</p>	<p>*Illustration à l'aide de modèles moléculaires compacts ou de simulations des réactifs et des produits des deux ou trois transformations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - carbone + dioxygène → dioxyde de carbone ; - butane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau ; - méthane + dioxygène → dioxyde de carbone + eau. <p>*Utilisation d'un logiciel de présentation de molécules.</p> <p>[B2i]</p> <p>Illustration de la conservation de la masse sur l'exemple de la réaction, en flacon étanche, du carbonate de calcium avec de l'eau acidifiée.</p>

Commentaires

En ce qui concerne la description moléculaire de la matière, le professeur se rappelle que les concepts de molécule et d'atome, initialement imaginés comme des *modèles*² susceptibles de rendre compte de propriétés macroscopiques de la matière ont acquis progressivement de la fin du XIXe siècle à nos jours le statut de véritables *objets* microscopiques. On réalise des jets moléculaires et des jets atomiques ; depuis la fin du XXe siècle on parvient même à véritablement manipuler, en les déplaçant un à un, des atomes dont on sait par ailleurs obtenir des images. Une difficulté de l'enseignement dans ce domaine provient de l'existence de divers *niveaux de description*. Les connaissances acquises à ce jour permettent de se représenter ces objets microscopiques par des emboitements successifs, à l'image de « poupées russes » : la molécule est constituée d'atomes, l'atome comporte un noyau et des électrons, le noyau est composé de protons et de neutrons, etc. Chacun de ces niveaux de description correspond à un stade historique du développement des connaissances scientifiques. D'un point de vue pédagogique il convient à chaque niveau d'enseignement, de limiter cette description au niveau qui est suffisant pour l'interprétation des phénomènes pris en compte. Ainsi, le fait que les molécules puissent être décrites comme des assemblages d'atomes ne joue pas de rôle tant que l'on ne décrit pas de réactions chimiques. Le professeur garde en mémoire que ce niveau de description n'apporte rien dans

² Un modèle ne prétend pas décrire une réalité objective. Il possède seulement une valeur explicative et prédictive limitée dans un champ d'application déterminé, à un instant donné des connaissances, ce qui, à cet instant, explique son intérêt.

l'explication d'un changement d'état par exemple. On indique qu'un long processus historique a conduit à proposer une description des solides, des liquides et des gaz comme un assemblage de « grains de matière » qu'à titre provisoire et dans le cadre du programme, on désigne sous le nom de molécules³.

Il est recommandé d'utiliser des modèles compacts, représentations plus fidèles des structures microscopiques. Les atomes sont représentés comme des sphères. Certains sont différenciés symboliquement par une couleur de représentation. Ils sont distingués par ailleurs par un symbole : aucune connaissance de leur structure n'est apportée dans cette classe. Le professeur garde à l'esprit que les opérations de désassemblage et de réassemblage des atomes au cours des manipulations des modèles compacts ne correspondent pas, en général, à de véritables mécanismes réactionnels qui ne sont étudiés actuellement qu'au niveau post-baccalauréat de l'enseignement général. L'écriture d'équations de réactions est strictement limitée aux deux ou trois combustions étudiées. La mole (concept, grandeur et unité de quantité de matière) est hors programme : elle apparaît en classe de seconde.

Dans le cadre de l'étude des combustions, l'enseignant attirera l'attention des élèves sur le fait que pour éteindre un feu il est nécessaire de supprimer l'une des pointes du triangle du feu (combustible, comburant, température) : fermer la bouteille de gaz, étouffer, refroidir...

L'étude des transformations chimiques souligne l'universalité de la conservation de la masse. Au cours de transformations physiques (changements d'état), cette conservation découle de la conservation des molécules. Pour les transformations chimiques, elle résulte de la conservation des atomes. Dans le contexte de cette affirmation, il faut entendre le mot « atome » dans son sens le plus général : soit cortège électronique complet, soit cortège électronique privé ou enrichi d'électrons (ions). La compréhension claire de cette loi de conservation de la masse doit être considérée comme un acquis fondamental de cette partie du programme. Elle prépare les élèves à l'étude d'autres grandes lois de conservation, celle de la charge électrique par exemple. Par ailleurs, elle introduit une idée qui est à la base du respect raisonné de l'environnement.

Il est à noter que ce chapitre permet de revenir sur la distinction entre mélanges et corps purs et sur les tests de caractérisation de l'eau et du dioxyde de carbone vus en classe de cinquième.

Par ailleurs, pour assurer la cohérence avec le vocabulaire employé au lycée, on privilégie, dans un contexte pertinent, le terme de « transformation » chimique par rapport à celui de « réaction » chimique.

³ Pour ce premier modèle microscopique de la matière, une difficulté de vocabulaire vient du fait qu'une description élaborée représente les solides métalliques et les cristaux ioniques ainsi que le liquide qui résulte de leur fusion comme étant constitués d'ions, concept qui ne sera abordé qu'en classe de troisième. Cette distinction ne joue pas un rôle essentiel dans un premier stade de l'utilisation du modèle et n'a pas à être mentionnée.

B. Les lois du courant continu

Durée conseillée : 11 semaines.

B1. Intensité et tension

Cette partie a pour objet d'introduire les lois du courant continu à partir de relevés d'intensité et de tension réalisés par les élèves eux-mêmes dans le cadre d'une démarche d'investigation.

Elle prolonge l'approche qualitative des circuits vue à l'école primaire et en classe de cinquième.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
<p>INTENSITÉ ET TENSION : DEUX GRANDEURS ÉLECTRIQUES ISSUES DE LA MESURE</p> <p>Introduction opératoire de l'intensité et de la tension. [Thème : Sécurité] [Technologie : environnement et énergie (schéma de tout ou partie d'un système énergétique ; relevé des puissances mises en jeu dans une maquette), 4e]</p> <p>Intensité : mesure, unité. [Thème : Pensée statistique] [Mathématiques : notation scientifique, ordre de grandeur] [Histoire des sciences : les travaux d'Ampère]</p> <p>Tension : mesure, unité. [Thème : Pensée statistique] [Mathématiques : notation scientifique, ordre de grandeur] [Histoire des sciences : les travaux de Volta] [Technologie : environnement et énergie, 4e]</p> <p>Notion de branche et de nœud.</p> <p>Lois d'unicité de l'intensité en courant continu dans un circuit série et d'additivité de l'intensité dans un circuit comportant des dérivations. [Thème : Pensée statistique] [Mathématiques : organisation et gestion de données]</p> <p>Loi d'additivité vérifiée par la tension. [Thème : Pensée statistique] [Mathématiques : organisation et gestion de données]</p> <p>Le comportement d'un circuit en boucle simple est indépendant de l'ordre des dipôles associés en série qui le constituent.</p> <p>Caractère universel (indépendant de l'objet) des deux lois précédentes.</p> <p>Adaptation d'un dipôle à un générateur donné.</p> <p>Intensité et tension nominale.</p> <p>Surtension et sous-tension.</p>	<p>Identifier les bornes d'une pile, mettre en évidence la tension entre ses bornes en circuit ouvert.</p> <p>Schématiser une pile.</p> <p>Reconnaître qu'il peut y avoir une tension entre deux points entre lesquels ne passe aucun courant et qu'inversement un dipôle peut être parcouru par un courant sans tension notable entre ses bornes.</p> <p>Compétences expérimentales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - brancher un multimètre utilisé en ampèremètre - mesurer une intensité <p>Schématiser le circuit et le mode de branchement du multimètre pour mesurer une intensité positive.</p> <p>Retenir l'unité d'intensité.</p> <p>Compétences expérimentales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - brancher un multimètre utilisé en voltmètre ; - mesurer une tension. <p>Schématiser le circuit et le mode de branchement du multimètre pour mesurer une tension positive.</p> <p>Retenir l'unité de tension.</p> <p>Repérer sur un schéma ou sur un circuit les différentes branches (principale et dérivées) et les nœuds éventuels.</p> <p>Formuler l'unicité de l'intensité dans un circuit série et l'additivité des intensités dans un circuit comportant des dérivations.</p> <p>Compétence expérimentale : vérifier l'unicité de l'intensité en courant continu dans un circuit en série et l'additivité de l'intensité dans un circuit comportant des dérivations.</p> <p>Formuler l'additivité de la tension dans un circuit série.</p> <p>Compétence expérimentale : vérifier l'additivité de la tension dans un circuit série.</p> <p>Adapter une lampe à une pile donnée.</p> <p>Interpréter en termes de tension ou d'intensité l'éclat d'une lampe dont on connaît les valeurs nominales.</p>	<p>Quelles grandeurs électriques peut-on mesurer dans un circuit ?</p> <p>Prévision du comportement qualitatif de circuits comportant des dipôles en série et en dérivation, ouverts ou fermés.</p> <p>Mesure d'une intensité avec un multimètre numérique.</p> <p>Mesure d'une tension avec un multimètre numérique.</p> <p>Présentation des règles d'utilisation d'un multimètre pour réaliser des mesures de tension et d'intensité.</p> <p>Mise en évidence expérimentale des lois concernant l'intensité :</p> <ul style="list-style-type: none"> - unicité dans un circuit en boucle simple ; - additivité pour un circuit comportant des dérivations. <p>Mise en évidence expérimentale des lois concernant la tension :</p> <ul style="list-style-type: none"> - égalité des tensions aux bornes de deux dipôles en dérivation ; - additivité des tensions le long d'un circuit en boucle simple. <p>Mise en évidence expérimentale du fait que si l'on change l'ordre des éléments d'un circuit en boucle simple, on ne change aucune des valeurs des grandeurs (tension aux bornes et intensité) qui les concernent.</p> <p>De même, mise en évidence expérimentale du fait qu'en changeant le circuit, par exemple en rajoutant une lampe en série, les valeurs des grandeurs changent mais les lois demeurent.</p> <p>Choix, dans un assortiment de lampes, de celle que l'on peut alimenter avec une pile donnée.</p>

Commentaires

L'approche des deux grandeurs intensité et tension est opératoire. De façon qualitative, puis quantitative, sans que cette étude conduise à des exercices calculatoires, on amène l'élève à identifier deux grandeurs qui se différencient par le fait qu'elles obéissent à des lois différentes (le long d'un circuit série : unicité de l'intensité I d'un courant continu, additivité pour la tension U).

Cette différence se manifeste en particulier dans deux cas extrêmes :

- quand U est nul et I différent de zéro (fil de connexion branché dans un circuit et traité comme un dipôle) ;
- quand I est nul et U différent de zéro (interrupteur ouvert, diode en inverse).

Un circuit électrique est un ensemble d'éléments reliés entre eux dont chacun contribue au comportement global du circuit. Dans une branche, l'ordre des éléments n'a pas d'importance sur les valeurs de l'intensité du courant traversant chaque dipôle et des tensions aux bornes chacun d'eux. Sur les schémas électriques les multimètres sont représentés de façon à ce que les résultats qu'ils affichent soient positifs.

L'activité de schématisation prend ici une place tout particulièrement importante dans cette partie du programme : les élèves y manipulent des représentations symboliques codées, ce qu'ils ont encore peu réalisé.

B2. Un dipôle : la résistance

Cette partie a pour objet d'introduire la loi d'Ohm à partir du dipôle résistance. Le professeur garde présent à l'esprit que la résistance au sens *usuel* du laboratoire ou du marchand de composants est un objet (dipôle) tandis que la *grandeur* qui porte le

même nom fait référence au comportement ohmique de cet objet. C'est en raison de cette double acception que le mot « résistance » est ici entre guillemets.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
<p>LA « RÉSISTANCE »</p> <p>Approche expérimentale de la « résistance » électrique.</p> <p>Unité de résistance électrique.</p> <p>[Mathématiques : notation scientifique, ordre de grandeur]</p>	<p>Retenir que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • pour un générateur donné : <ul style="list-style-type: none"> - l'intensité varie selon la « résistance » branchée à ses bornes ; - plus la résistance est grande, plus l'intensité est petite ; - l'intensité du courant dans une branche ne dépend pas de la place de la « résistance » ; • l'ohm (Ω) est l'unité de résistance électrique du SI. <p>Compétence expérimentale : utiliser un multimètre en ohmmètre.</p>	<p>Quelle est l'influence d'une « résistance » dans un circuit électrique ?</p> <p>À partir d'un questionnaire, aboutir à la mesure de l'intensité traversant des « résistances » différentes alimentées par un même générateur.</p> <p>Utilisation d'un multimètre en ohmmètre.</p> <p>Comportement du filament d'une lampe à incandescence soumis à différentes tensions.</p>
<p>LA LOI D'OHM</p> <p>Le modèle du dipôle ohmique déduit des résultats expérimentaux. Loi d'Ohm.</p> <p>[Mathématiques : tableau de données, représentations graphiques et proportionnalité, grandeur quotient]</p> <p>[Histoire des sciences : qu'est-ce qu'une loi ?]</p> <p>Sécurité : fusibles.</p> <p>[Thème : Sécurité]</p> <p>[Technologie : architecture et habitat, domotique, 5e]</p> <p>[Technologie : environnement et énergie : réalisation d'un produit, 4e]</p>	<p>Compétences expérimentales :</p> <ul style="list-style-type: none"> - schématiser puis réaliser un montage permettant d'aboutir à la caractéristique d'un dipôle ohmique ; - présenter les résultats des mesures sous forme de tableau ; - tracer la caractéristique d'un dipôle ohmique. <p>Utiliser la loi d'Ohm pour déterminer l'intensité du courant dans une « résistance » connaissant sa valeur et celle de la tension appliquée à ses bornes.</p>	<p>Comment varie l'intensité dans une « résistance » quand on augmente la tension à ses bornes ?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Construction point par point de la caractéristique d'un dipôle ohmique. *Construction à l'aide d'un tableur-grapheur de la caractéristique d'un dipôle ohmique. <p>[B2i]</p> <ul style="list-style-type: none"> *Acquisition de cette même caractéristique à l'ordinateur.

Commentaires

L'étude des notions de circuit, de tension, d'intensité et de dipôle est ici prolongée par la mise en évidence d'un lien simple entre l'intensité du courant et la tension pour un dipôle particulier déjà rencontré en cinquième. L'expérimentation est effectuée en courant continu.

L'étude des associations de résistances est hors programme.

Un dipôle est dit ohmique si sa caractéristique est de la forme $U = R \cdot I$, R étant un paramètre qui caractérise le dipôle dans des conditions physiques déterminées. La résistance R étant en particulier fonction de la température, on utilise ces dipôles en évitant qu'ils ne s'échauffent. En effet on n'obtient plus une caractéristique rectiligne si l'on soumet un dipôle ohmique à des tensions qui engendrent un échauffement non négligeable. Ainsi le fait que le tracé expérimental de la caractéristique $U = f(I)$ d'un filament de lampe à incandescence ne soit pas une droite ne doit pas être considéré comme une limite du modèle ohmique : elle est la traduction de la variation de la résistance en fonction de la température.

Dans le cadre d'un recours à l'informatique pour le tracé de la caractéristique d'un dipôle ohmique, l'élève peut entrer les données au clavier et les traiter à l'aide d'un tableur-grapheur (compétences attendues dans le *B2i*). Le professeur garde présent à l'esprit que l'acquisition de données par les capteurs relève plus du lycée que du collège bien que cette acquisition ne soit pas interdite si le niveau de la classe s'y prête.

La mise en œuvre d'un fusible est une première occasion de constater la conversion d'énergie électrique sous forme thermique (effet Joule). L'énergie est définie à ce stade, dans la continuité de l'enseignement primaire, de façon qualitative : l'énergie possédée par un système est une grandeur qui caractérise son aptitude à produire des actions. Dans le cas présent, l'action se manifeste d'une part par un transfert thermique qui peut être détecté par un échauffement, voire par une fusion, d'autre part par un rayonnement.

C. La lumière : couleurs et images

Durée conseillée : 9 semaines.

C1. Lumières colorées et couleur des objets

Le monde qui entoure l'élève est un monde coloré. Cette partie qui constitue une première approche de la couleur et qui interfère avec

les arts graphiques est un terrain favorable pour une importante activité d'expérimentation raisonnée.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
<p>LUMIÈRES COLORÉES ET COULEUR DES OBJETS</p> <p>Premières notions sur les lumières colorées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rôle d'un filtre ; - spectre continu ; - superposition de lumières colorées. <p>[Arts plastiques : la couleur] [Technologie : architecture et habitat, 5e] [Technologie : design et produit, 4e] [Technologie : les matériaux, tous niveaux]</p> <p>Premières notions sur la couleur des objets. [Histoire des sciences et techniques : le trichromatisme]</p>	<p><i>Compétence expérimentale : obtenir des lumières colorées par :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - utilisation de filtres ; - décomposition de la lumière blanche par un réseau ou un prisme ; - diffusion de la lumière blanche à l'aide d'écrans colorés ; - superposition de lumières colorées. <p>Faire le lien entre la couleur d'un objet et :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la lumière reçue ; - la lumière absorbée. 	<p>Comment obtenir des lumières colorées ?</p> <p>Utilisation d'un filtre. Réalisation d'un spectre continu. Obtention de lumières colorées avec des filtres. Obtention de lumières colorées par superposition de lumières colorées. *Utilisation de logiciels de synthèse additive des lumières colorées. [B2i]</p> <p>Mise en évidence de l'influence de la lumière incidente et de l'objet diffusant sur la couleur de celui-ci. Éclairage d'un écran blanc avec la lumière diffusée par un écran coloré.</p> <p>Activités documentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilisation des filtres colorés ; - utilisation de la synthèse additive des couleurs ; - éclairages de scènes, jeux de lumière... <p>*Recherche documentaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - présentation des récepteurs de la vision diurne ; - utilisation d'un logiciel de simulation sur la synthèse des couleurs.

Commentaires

Le thème de la couleur peut être développé à l'aide de spectres de lumières blanches ou filtrées. Il est intéressant de remarquer qu'un objet diffusant⁴ absorbe une partie de la lumière reçue et se comporte donc, de ce point de vue, comme un filtre. Cependant, la compréhension de cette analogie n'est pas exigible. Les manipulations avec écrans diffusants colorés permettent de donner une première idée des facteurs intervenant dans la couleur perçue lorsqu'on regarde un objet.

Dans cette étude de la couleur, on évite des expressions abrégées telles que «le vert», «le rouge». En effet, celles-ci peuvent correspondre aussi bien à des lumières colorées qu'à des pigments. Elles risquent de renforcer l'idée que la couleur est une matière et de conduire à des confusions.

En ce qui concerne l'obtention de diverses teintes de lumière par superposition de faisceaux colorés, il s'agit simplement d'utiliser des « lumières primaires » (rouge, bleu, vert) bien précises pour obtenir des lumières secondaires et du blanc par synthèse additive de ces couleurs primaires. La synthèse soustractive est hors programme. On pourra signaler que le choix « rouge, bleu, vert » est arbitraire : il existe bien d'autres combinaisons possibles mais on retient ici celle qui est mise en œuvre en télévision (luminophores). Il existe de nombreux logiciels de simulation pour la synthèse additive ; ils peuvent être utilisés, mais cela ne peut pas remplacer les manipulations faites par les élèves eux-mêmes.

⁴ On rappelle l'idée, vue en classe de cinquième, selon laquelle les objets diffusants renvoient la lumière dans toutes les directions. On peut signaler la distinction entre diffusion et réflexion, mais sans aucun développement. Les propriétés de la réflexion sont hors programme : leur étude intervient en classe de première.

C2. Que se passe-t-il quand la lumière traverse une lentille ?

Dans le prolongement de la problématique introduite en classe de cinquième « comment éclairer et voir ? » et « comment a-t-on la

perception de notre environnement par nos yeux ? », cette partie propose une première analyse de la formation des images.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
<p>LENTILLES : Foyers et Images</p> <p>Principe de formation des images en optique géométrique.</p> <p>Concentration de l'énergie avec la lentille mince convergente.</p> <p>Distance focale.</p> <p>Sécurité : danger de l'observation directe du soleil à travers une lentille convergente. [Thème : Sécurité]</p> <p>Modélisation de l'œil.</p> <p>La vision résulte de la formation d'une image sur la rétine.</p> <p>Approche expérimentale des corrections des défauts de l'œil (myopie, hypermétropie). [Thème : Énergie]</p> <p>[SVT : organe sensoriel = récepteur, observation à l'œil nu, à la loupe, 4e]</p> <p>[SVT : observation à l'œil nu, à la loupe, 4e]</p> <p>[Arts plastiques : l'image]</p>	<p><i>Compétences expérimentales :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - positionner une lentille convergente par rapport à un objet pour obtenir une image nette sur un écran ; - distinguer une lentille convergente d'une lentille divergente ; - trouver le foyer d'une lentille convergente et estimer sa distance focale. <p>Retenir que l'œil est assimilable à une lentille convergente placée devant un écran.</p> <p>Retenir que la vision résulte de la formation d'une image sur la rétine jouant le rôle d'écran.</p> <p>Retenir la façon de corriger les défauts de l'œil (myopie, hypermétropie).</p>	<p>Comment obtient-on une image à l'aide d'une lentille ?</p> <p>Réception d'images sur des écrans diffusants.</p> <p>*Emploi d'un logiciel montrant le trajet des faisceaux de lumière.</p> <p>*Recherche documentaire et présentation : histoire de l'invention de la lentille.</p> <p>Analyse de l'effet d'une lentille convergente ou divergente sur un faisceau de lumière parallèle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - relevé sur une feuille de l'allure du faisceau émergent ; - mise en place d'une sonde de température au foyer image d'une lentille convergente. <p>Détermination de foyers.</p> <p>*Utilisation d'une maquette (ou d'un banc d'optique) modélisant l'œil ou d'un logiciel de simulation pour montrer la formation d'images sur la rétine et les corrections éventuelles de l'œil.</p>

Commentaires

Les seules images étudiées sont des images réelles. Les expressions image réelle et image virtuelle ne sont pas introduites.

L'étude expérimentale des lentilles minces convergentes se fait en exploitant les éléments conceptuels introduits en cinquième : pour être vu un objet doit envoyer de la lumière dans l'œil ; sauf accident (obstacle, changement de milieu...), la lumière se propage en ligne droite ; un écran blanc éclairé en lumière blanche, diffuse de la lumière blanche dans toutes les directions.

On mentionne le foyer et la distance focale à propos de la concentration de l'énergie⁵ issue d'une source éloignée. Cette propriété de concentrer l'énergie issue d'une source lointaine est un des éléments permettant de distinguer une lentille convergente d'une lentille divergente. On attire l'attention des élèves sur le fait qu'ils ne doivent jamais observer le soleil directement à travers une lentille convergente.

On peut faire observer une image réelle sur un écran translucide, puis, l'œil étant bien placé, faire remarquer que l'écran est inutile et que l'image est visible « directement » même en lumière ambiante (on facilite l'accommodation en conservant un repère là où se trouvait l'écran).

L'utilisation éventuelle d'une maquette modélisant l'œil peut permettre de comprendre que voir, c'est obtenir une image sur la rétine. Dans le cas où la maquette se réduit à une lentille mince, on évite d'affirmer que celle-ci s'identifie au cristallin de l'œil car l'œil est un système optique épais et complexe dans lequel la cornée et l'humeur vitrée jouent un rôle important : on utilise plutôt le terme « lentille équivalente à l'œil ». Cette maquette sert aussi à présenter les corrections des défauts de l'œil qui seront limités à la myopie et l'hypermétropie.

Le professeur ne s'interdira pas, en réponse à la curiosité des élèves, d'utiliser avec eux une lunette astronomique ou un télescope pour observer des objets lointains tout en précisant aux élèves que ces instruments ne sont pas constitués que d'une seule lentille.

⁵ Les sources lumineuses émettent un rayonnement qui est transmis à travers l'air ambiant et même dans le cas du Soleil, à travers le vide interplanétaire. À l'arrivée sur une surface, l'énergie transportée par ce rayonnement est la cause de l'éclairement de celle-ci ; elle peut être pour une part réfléchi et diffusé, pour une autre transférée sous forme thermique à la surface de celle-ci.

C3. Vitesse de la lumière

Les élèves ont revu en classe de cinquième que la lumière se propage en ligne droite. L'introduction de la vitesse de la lumière permet de définir la notion de vitesse et de travailler les puissances

de 10 et les ordres de grandeur. C'est l'occasion d'aborder un autre exemple de relation de proportionnalité.

Notions – contenus	Compétences	Exemples d'activités
Vitesse de la lumière dans le vide. <i>[Mathématiques : puissances de 10, ordres de grandeur, proportionnalité, grandeur quotient]</i> <i>[Histoire des sciences : la lumière et sa vitesse]</i>	Retenir que la lumière peut se propager dans le vide et dans certains milieux matériels. Mémoriser la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ($3 \cdot 10^8$ m/s). Citer quelques ordres de grandeur des distances dans l'Univers à une puissance de 10 près ou des durées de propagation de la lumière qui leur correspondent.	Comment chemine la lumière ? *Études documentaires : - quelques expériences relatives à la mesure de la vitesse de la lumière ; - recherche des valeurs de la vitesse de la lumière dans des milieux transparents usuels (eau, verre...) : comparaison avec celle dans le vide et l'air. <i>[B2i]</i>

Commentaires

En ce qui concerne la vitesse de la lumière on se limitera à des calculs simples non répétitifs entre distance, vitesse et durée. Le recours à l'histoire des sciences est recommandé.