

collection Lycée – voie générale et technologique  
série Programmes

# Physique-chimie

**classe de seconde**

Ministère de l'éducation nationale  
Direction de l'enseignement scolaire

édition mai 2002

Centre national de documentation pédagogique

**Coordination éditoriale**

Christine NOTTRELET  
et son équipe

Christine ALABERT – Jeannine DEVERGILLE – Maryse LAIGNEL  
37, rue Jacob – 75006 PARIS – Tél. : 01 44 55 61 87...

**Secrétariat d'édition**

AMC Éditions

**Maquette**

Fabien BIGLIONE

**Maquette de couverture**

Catherine VILLOUTREIX

© 2002 - CNDP, 29, rue d'Ulm, 75005 Paris  
ISBN : 2-240-72990-2  
ISSN : 1624-5393

« Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant aux termes de l'article L. 122-5 2° et 3°, d'une part, que "les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que "les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées", **toute représentation ou reproduction, intégrale ou partielle, faite sans le consentement du CNDP est illicite** (article L. 122-4). Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. »

# Sommaire

<b>Textes officiels</b> .....	5
-------------------------------	---

<b>Horaires</b> .....	6
-----------------------	---

## **Principes directeurs de l'enseignement de la physique**

<b>L'enseignement des sciences au lycée</b> .....	9
---	---

## **Programme**

<b>Introduction</b> .....	15
---------------------------	----

Objectifs .....	15
-----------------	----

Présentation et mise en œuvre.....	18
------------------------------------	----

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) .....	18
--	----

Un enseignement expérimental .....	19
------------------------------------	----

Compétences transversales .....	20
---------------------------------	----

Relation avec les disciplines voisines .....	21
--	----

<b>Enseignement thématique</b> .....	22
--------------------------------------	----

<b>Enseignement fondamental (programme de chimie)</b> .....	23
---	----

« Chimique ou naturel ? » .....	23
---------------------------------	----

Constitution de la matière.....	25
---------------------------------	----

Transformations de la matière .....	28
-------------------------------------	----

<b>Enseignement fondamental (programme de physique)</b> .....	33
---	----

Exploration de l'espace .....	33
-------------------------------	----

L'Univers en mouvement et le temps .....	36
--	----

L'air qui nous entoure.....	39
-----------------------------	----

# T extes officiels

■ **Arrêté du 10 juillet 2001**

Fixant le programme de la classe de seconde.  
BO hors série n° 2 du 30 août 2001.

# H oraires

■ **Arrêté du 19 juin 2000**

Fixant les horaires des classes de seconde, de première et terminale.

BO n° 29 du 27 juillet 2000.

<b>Classe de seconde générale et technologique</b>	
<b>Enseignement obligatoire commun</b>	<b>Horaire</b>
Physique-chimie	2 + (1,5)*

(\*) L'horaire entre parenthèses est un horaire en classe dédoublée.

Principes directeurs  
de l'enseignement  
de la physique



# enseignement des sciences au lycée

L'enseignement des sciences au lycée est d'abord conçu pour faire aimer la science aux élèves, en leur faisant comprendre la démarche intellectuelle, l'évolution des idées, la construction progressive du corpus de connaissances scientifiques.

L'aspect culturel doit donc être privilégié. Naturellement, il est impossible d'apprécier une discipline, sans avoir un certain nombre de connaissances de base. L'enseignement conduira donc à faire acquérir à l'élève une culture scientifique élémentaire. Il incitera certains élèves à s'orienter vers les filières à dominante scientifique et à choisir plus tard des métiers liés aux sciences et aux technologies. Mais pour ceux qui choisiront une autre voie, cet enseignement devra les amener à continuer à s'intéresser aux sciences, à ne pas en avoir peur, à pouvoir aborder ultérieurement la lecture des revues scientifiques de vulgarisation sans appréhension, enfin, à participer à des choix citoyens sur des problèmes où la science est impliquée.

Une règle guide l'élaboration des programmes scientifiques (sauf en mathématiques). L'enseignement du lycée doit être construit comme un tout, donc indépendant de l'enseignement fait au collège qui ne se place pas sur le même registre de modélisation et de formalisation. Le contraste souhaitable lors du passage de la classe de troisième à celle de seconde est assuré en évitant, dans toute la mesure du possible, de reprendre les mêmes sujets d'étude.

Cet enseignement des sciences au lycée est construit, sans doute pour la première fois, comme un tout et non comme une simple juxtaposition de disciplines contiguës.

L'idée première est que l'on ne peut évidemment pas faire de géologie sans biologie, chimie et physique, que l'on ne peut pas comprendre la biologie sans chimie et un peu de physique, que l'on ne peut faire de chimie sans physique. Il y a donc un degré de dépendance. En même temps, chaque discipline a des raisonnements, des approches, des apports qui sont indépendants, originaux et spécifiques. De plus, les programmes des disciplines expérimentales ne sont tributaires des mathématiques ni dans leur libellé, ni dans l'évaluation notamment terminale des élèves. Les programmes de mathématiques prennent en compte ceux des autres sciences tout en gardant leur logique interne et leurs objectifs propres.

Au souci d'intégration des diverses disciplines dans une conception globale de la science, fait écho un autre souci : celui de situer les développements scientifiques dans le contexte historique. Ainsi, un certain nombre de développements scientifiques emblématiques seront examinés à la fois dans les cours de sciences et dans les cours d'histoire dont les programmes rénovés engloberont cette dimension.

De la même manière, les questions traitant de l'environnement seront abordées sous des angles complémentaires en sciences naturelles, en physique et chimie, en géographie.

Ces exemples montrent que les enseignements devront être coordonnés afin de chercher à offrir un enseignement global plus intégré marquant clairement les liens entre sciences et non pas une approche parcellisée. Ce travail est difficile à faire mais indispensable. Le travail d'intégration est facilité, d'une part, par le libellé des programmes proprement dits et, d'autre part, par l'existence nouvelle d'enseignements thématiques et de travaux personnels encadrés faisant appel à plusieurs disciplines. Le choix des sujets et l'organisation de l'enseignement thématique sont faits par l'enseignant en toute liberté. Cet enseignement ne doit introduire aucune notion

nouvelle ; il peut concerner l'approfondissement d'un chapitre du cours ou un sujet transversal rapprochant quelques notions apparemment éloignées. Son contenu pourra faire l'objet d'un travail entre disciplines, qu'elles soient scientifiques, historiques ou même littéraires, et pousse donc à une intégration des enseignements. La meilleure manière de faire comprendre aux élèves les liens profonds entre les disciplines scientifiques est de leur faire acquérir, à partir d'approches pluridisciplinaires, des repères fondamentaux. Ces approches seront développées par l'équipe enseignante en utilisant en particulier les enseignements thématiques et les travaux personnels encadrés.

Les problèmes d'environnement offrent un exemple typique. L'approche des systèmes complexes, qui est celle des sciences de la vie et de la Terre par excellence, est reprise dans toute son ampleur à leur sujet. L'élève prend conscience que pour comprendre ces problèmes d'environnement il devra, dans sa démarche, faire appel au-delà des sciences de la vie et de la Terre, aux sciences physiques, aux mathématiques, à la géographie, voire à d'autres disciplines.

La logique pédagogique que sous-tendent ces nouvelles approches est que le développement des sciences se fait par un va-et-vient entre l'observation et l'expérience d'un côté, la conceptualisation et la modélisation de l'autre, et que l'exposé axiomatique de la science déjà faite ne correspond pas au mouvement de la science en train de se faire.

L'exercice de modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique. Passer du concret à l'abstrait, de l'observation à sa traduction formalisée demande que l'on soit capable d'extraire du monde réel une représentation simplifiée, le degré de simplification dépendant du niveau où l'on se situe. La modélisation fait appel à des langages symboliques qui, suivant les cas, peuvent être des diagrammes, des schémas ou des expressions mathématiques. Le professeur doit s'efforcer sur des exemples simples de montrer comment se fait la modélisation, ceci dans toutes les sciences.

L'expérimentation est une démarche essentielle des sciences. Elle consiste à imaginer, à inventer des situations reproductibles permettant d'établir la réalité d'un phénomène ou d'en mesurer les paramètres. Cette démarche qui appartient à toutes les sciences envahit aujourd'hui, du fait de l'ordinateur, les mathématiques. Il faut enseigner à l'élève cette démarche, en acceptant les tâtonnements, les erreurs, les approximations. Pour ce faire, il vaut mieux faire réaliser quelques expériences, en petit nombre mais bien choisies et bien comprises, plutôt que de multiplier les expériences rapides.

La science n'est pas faite de certitudes, elle est faite de questionnements et de réponses qui évoluent et se modifient avec le temps. Tout ceci montre qu'il faut privilégier avant tout l'enseignement de la démarche scientifique incluant l'apprentissage de l'observation et de l'expérience.

Il faut également éliminer l'idée que la difficulté doit croître de la seconde à la terminale. Au contraire, un esprit de quinze ans est stimulé par une réflexion sur un sujet difficile autant qu'un esprit de dix-huit ans. Mais le mot difficulté n'est pas synonyme de degré de mathématisation. La structure de l'ADN est difficile à bien comprendre, la notion d'inertie en physique est subtile à assimiler.

Enfin, et ce n'est pas la moindre difficulté de l'enseignement scientifique, il faut pousser l'élève à se poser des questions et éviter de donner des réponses avant qu'il ait formulé les questions. L'élève, bien sûr, ne va pas poser à lui seul les « bonnes questions » – il ne faut pas être naïf – mais on peut petit à petit amener la classe dans son ensemble si ce n'est à toujours énoncer les questions pertinentes tout au moins à comprendre le mécanisme du questionnement.

Dans bien des cas, rien ne peut remplacer l'exposé historique. Celui-ci a un côté culturel irremplaçable, qui situe la découverte scientifique dans son contexte temporel mais aussi montre comment les découvertes scientifiques ont influencé le cours de l'histoire. L'exposé historique permet de mesurer la difficulté que l'humanité a rencontrée pour résoudre des problèmes qui peuvent aujourd'hui sembler élémentaires (2000 ans pour que l'on comprenne que la chute des corps dans le vide est identique pour tous les corps, quels que soient leur volume ou leur masse).



Les mathématiques sont aujourd'hui dans une situation particulière. Science des formes et des nombres, la mathématique est amenée à sortir de son style et de ses pratiques traditionnelles grâce au développement et à la généralisation de l'ordinateur. Elle se rapproche des sciences expérimentales, grâce à l'expérimentation numérique, à la simulation, et à ce que l'on peut appeler la démonstration empirique. En même temps, libérées du poids des calculs, notamment en analyse, les mathématiques peuvent mieux se concentrer sur la manipulation de nouveaux concepts, sur le développement de nouvelles applications comme celles requises justement par l'informatique. Ici encore, le récit des développements et des débats historiques, des approches variées de l'efficacité nouvelle des mathématiques appliquées doivent faire partie intégrante de l'enseignement. La notion de fonction est centrale au lycée et son étude donne l'occasion d'aborder des phénomènes non linéaires dans diverses disciplines.

Alors même que nous développons l'usage des technologies de l'information et de la communication au lycée (95 % des lycées sont connectés sur Internet), on ne comprendrait pas que l'enseignement scientifique ne soit pas en priorité engagé dans cette utilisation. Tous les programmes seront donc réalisés en faisant appel à ces techniques.

# Programme

# Introduction

## A - Objectifs

Les objectifs de l'enseignement de chimie et de physique au lycée répondent à plusieurs exigences :

- offrir à chacun, futur scientifique ou pas, une culture de base dans un domaine de la connaissance indispensable à la compréhension du monde qui nous entoure, et ceci à une époque où nous sommes confrontés à des choix de société, notamment en matière d'environnement ;
- faire comprendre ce qui différencie la science des autres domaines de la connaissance, par une pratique de la démarche scientifique ;
- faire apparaître les liens entre l'activité scientifique et le développement technologique qui conditionne notre vie quotidienne ;
- permettre à chaque lycéen de s'orienter, selon ses goûts, vers des études scientifiques jusqu'au baccalauréat et au-delà, en tentant d'enrayer une certaine désaffection pour la physique, constatée récemment dans plusieurs pays occidentaux.

Par rapport au collège, l'approche de ces disciplines au cours des années de lycée doit marquer une certaine rupture : c'est en effet au lycée qu'il faut amener les élèves à comprendre que le comportement de la nature s'exprime à l'aide de lois générales qui prennent l'expression de *relations mathématiques entre grandeurs physiques bien construites*. L'utilisation du langage mathématique qui, selon le mot de Galilée, est celui de la nature, mérite un soin particulier : même si, à un stade avancé d'analyse d'une situation physique, c'est ce langage qui permet de faire des prédictions quantitatives ou de découvrir des effets qualitatifs inattendus, il ne se substitue pas à l'utilisation de la langue naturelle, qui demeure celle de la *question que l'on se pose* et de la *compréhension qualitative* d'un phénomène. Une expérience correspond toujours à une interrogation du type : si, dans telle situation, je fais ceci, que va-t-il se passer et pourquoi ? Apprendre à formuler de telles questions fait déjà partie de l'apprentissage des sciences qui ne doit pas privilégier la manipulation mathématique. La réponse à ces questions implique un double mouvement : du langage naturel au langage formel, puis retour au langage naturel, qui caractérise le rôle des mathématiques dans les sciences exactes, et plus particulièrement en physique.

Outre ces contraintes d'objectifs, il convient de tenir compte, concernant la classe de seconde, qu'il s'agit d'une classe au cours de laquelle les élèves déterminent, sur la base de leurs intérêts et au vu des résultats qu'ils obtiennent dans les différentes disciplines, la filière qu'ils vont suivre jusqu'au baccalauréat. Or, la majorité des élèves de seconde n'optent pas pour la filière scientifique : leur pratique des sciences s'arrêtera donc là. Par conséquent, *le programme doit être conçu de façon à faire sens par lui-même, et non en fonction du développement de la discipline au cours des années suivantes, tout en fournissant des bases solides à ceux qui continueront dans la voie scientifique*. Ceci interdit de laisser l'aval piloter l'amont : ce ne sont pas les connaissances dont on estimerait que les élèves doivent disposer en terminale ou à l'université qui doivent déterminer le contenu du programme de seconde. Il convient plutôt de se demander, de façon schématique, ce qu'il faut enseigner d'une discipline à quelqu'un qui ne la pratiquera plus. La réponse découle naturellement de ce que l'on estime devoir être la culture scientifique minimale d'un citoyen de notre époque. Les choix du présent programme ont pour arrière-plan une conception de cette culture dont les cinq points suivants constituent une partie importante :

- le monde observable s'étend vers l'infiniment petit et l'infiniment grand ;
- le monde naturel a une histoire ;
- le monde est constitué de particules en interaction ;
- la diversité du monde macroscopique, depuis les structures les plus simples jusqu'aux organismes vivants, résulte de la diversité des formes d'organisation et des comportements des constituants microscopiques ;
- il est à la fois utile et intéressant de travailler ces questions.

Ces différents points peuvent se traiter à tout niveau, en une progression qui s'enrichit de connaissances nouvelles. Au niveau de la seconde, les deux premiers thèmes sont abordés par une étude des *échelles de distances et de temps* dans l'Univers observable (auxquelles on associera en première S une échelle d'énergie), les deux points suivants mettent en place deux niveaux d'appréhension du monde physique et posent le problème du *passage du niveau microscopique au niveau macroscopique* illustré, en seconde, par les *concepts de température et de pression* et par une approche de la *constitution et la transformation de la matière*. Enfin, le cinquième point signale que la culture scientifique ne se définit pas seulement en termes de contenus, mais également en termes d'*élaboration de ces contenus*.

Définir la culture scientifique uniquement en termes de contenus – quels qu'ils soient – serait évidemment réducteur : l'enseignement scientifique doit montrer *comment* ces contenus sont élaborés, quels sont les *protocoles expérimentaux et théoriques* mis en place par la science au cours de son développement historique pour construire des représentations du monde qui permettent de transformer notre propre environnement avec l'efficacité parfois redoutable que l'on connaît, et en quoi ces protocoles sont spécifiques à la science.

*Restituer la dimension historique du développement des sciences* peut jouer ici un rôle spécifique essentiel. En effet, contrairement au cas de l'art ou de la philosophie, il est toujours possible techniquement d'enseigner une discipline scientifique en faisant abstraction de son histoire : dans la mesure où les théories nouvelles sont construites par une démarche critique concernant les plus anciennes, les connaissances sont régulièrement réactualisées et la discipline peut se raconter au présent. Mais la curiosité pour les sciences et pour les mécanismes de la création en général se nourrit à l'évidence de connaître les controverses passées, les longues impasses comme les avancées brutales, les grandes synthèses qui surprennent le bon sens et bouleversent la perception immédiate et intuitive du monde. En seconde, la mise en perspective de la conception aristotélicienne du mouvement, dominante pendant 2000 ans et correspondant toujours au bon sens spontané (*la vitesse d'un objet est le signe d'une force agissante*), et la conception galiléenne/newtonienne (*c'est le changement de la vitesse d'un objet qui est le signe d'une force agissante*) doit permettre une première approche de ces questions.

Une conséquence notable de cette façon d'envisager l'enseignement de la discipline, à savoir replacer les sujets précis abordés en seconde dans le contexte général de la culture commune, implique d'inclure une certaine dose de vulgarisation scientifique *dans les cours*, au lieu de s'en remettre uniquement, pour cet aspect de la diffusion des connaissances, aux structures extra-scolaires (livres, revues, associations d'amateurs, programmes télévisuels). Un exemple concret permettra d'éviter tout malentendu à ce sujet : l'échelle des distances observables s'étend typiquement de l'échelle nucléaire à la distance parcourue par la lumière depuis l'époque estimée du Big-Bang. En seconde, les élèves peuvent, par exemple, mesurer expérimentalement la taille d'une grosse molécule (expérience de Franklin) et le rayon de la Terre (méthode d'Eratosthène). Il est clair que le *sens* donné à ces deux mesures, qui diffèrent par quinze ordres de grandeur, s'enrichit considérablement si on les replace dans l'échelle générale des distances, qui s'étend en gros sur quarante et un ordres de grandeur, et que l'on n'attendra pas de pouvoir enseigner la physique nucléaire ou l'astrophysique du Big-Bang en maîtrise de physique pour mettre en place l'échelle complète des distances dans toute sa gloire.

Le choix d'organiser le programme autour de concepts transversaux, au lieu d'aborder chaque discipline par ses subdivisions habituelles (électricité, mécanique, chimie organique, etc.) permet une grande liberté dans le choix des phénomènes

physiques ou chimiques propres à en illustrer la généralité. Il repose également sur une façon d'aborder le double mouvement de l'activité scientifique, à savoir : dégager de la diversité du monde un petit nombre de concepts généraux et de lois universelles, puis concevoir et réaliser des objets complexes (objets technologiques, molécules de médicament, etc.) à partir des lois simples connues. En seconde, expliciter le fonctionnement d'un objet complexe est difficile, car tout objet moderne est un concentré de trois siècles de science ; en revanche, montrer comment *tel ou tel aspect* d'un objet complexe fait appel à une notion fondamentale connue ou une loi déjà identifiée est non seulement possible mais évidemment souhaitable.

Enfin, signalons qu'une place privilégiée est accordée aux activités expérimentales, qu'il s'agisse d'expériences de cours ou de travaux pratiques. Ces activités permettent en effet d'établir le rapport particulier que les sciences expérimentales établissent avec le monde réel, d'où se dégagent une vision et une compréhension unifiées de phénomènes *a priori* très divers. Il faut cependant insister sur le fait que la pratique expérimentale dans l'enseignement ne favorise la formation de l'esprit scientifique que si elle est accompagnée d'une pratique du *questionnement et de la modélisation*. On entend par là le travail d'élaboration d'une *représentation abstraite* simplifiée d'un phénomène, nécessitant d'identifier les paramètres pertinents et ceux qui sont négligeables dans la situation donnée, activité qui peut fournir une compréhension qualitative du phénomène et déboucher éventuellement sur une mise en équation dont la résolution fournira des évaluations quantitatives. Contrairement aux mathématiques, où les objets sur lesquels on raisonne sont toujours simples et facilement identifiables par les élèves – droites, cercles, sphères, cylindres, nombres, etc. – cette activité de modélisation, difficile quel que soit le niveau considéré, est au cœur des sciences expérimentales. À titre d'exemples : le concept de « pendule simple » (une masse *ponctuelle* au bout d'un fil *inextensible* oscillant *sans frottement* sous l'effet de la *force de gravité*) et celui de la « réaction chimique » comme modèle de la transformation chimique d'un système reposent sur une analyse de cette sorte. À cette difficulté des sciences expérimentales s'en ajoute une autre, de nature différente. Un dispositif expérimental est, contrairement à un dispositif théorique aisément simplifiable, toujours complexe, puisque l'accès au phénomène auquel on s'intéresse se fait par l'intermédiaire d'une *instrumentation* qui, dans son fonctionnement, met en cause d'autres phénomènes. Sa maîtrise fait donc intervenir des compétences à des niveaux très divers. Il s'agit là d'une difficulté qu'il s'agit de traiter en tant que telle. Sinon, au lieu d'envisager les moyens pédagogiques d'une acquisition progressive de ces compétences, la tentation est grande de traiter la complexité intrinsèque de la situation expérimentale par la rédaction de feuilles de travaux pratiques où tous les gestes à faire sont prédéterminés, sans que la clef de leur raison d'être soit jamais accessible aux élèves : la pratique scientifique est alors transformée en pratique magique. Il faut au contraire veiller à bien définir les objectifs de contenus et à limiter les compétences mises en jeu dans une séance de travaux pratiques, afin de bien dégager les notions que l'on veut faire acquérir aux élèves, et *ne pas mobiliser trop de compétences à la fois* ; l'utilisation recommandée d'une *grille de compétences* peut permettre à l'enseignant de gérer le suivi de ces compétences au cours de l'année.

Une des innovations de ce programme est d'être constitué d'un *enseignement fondamental*, représentant environ 80 % des cours et travaux pratiques et d'un *enseignement thématique* (environ 6 semaines d'enseignement) permettant à l'enseignant d'approfondir telle ou telle partie de l'enseignement fondamental en fonction de ses goûts et de la nature de sa classe, *sans toutefois introduire de nouvelles compétences exigibles*.

Les compétences à mobiliser par les élèves ne se limitent pas à des connaissances et savoir-faire strictement disciplinaires. Des compétences liées à *la langue française, aux mathématiques, à l'expérimentation et aux technologies de l'information et de la communication* doivent être également acquises. Ces compétences, détaillées plus bas, sont mises en place tout au long du cycle secondaire.

## B - Présentation et mise en œuvre

À travers l'exploration de l'Univers des atomes aux galaxies, les notions de base de la chimie et de la physique mises en œuvre dans le programme sont : structure et transformation de la matière, repérages dans le temps et dans l'espace, mouvements et forces, température et pression.

Le programme se compose d'un enseignement thématique et d'un enseignement fondamental. Ce dernier comporte trois parties en chimie comme en physique. Le tableau ci-dessous résume la structure de l'ensemble.

### Enseignement thématique

<b>CHIMIE et PHYSIQUE</b> : 6 TP, 12 h en classe entière ou	
<b>CHIMIE</b> <i>environ 3 TP, 6 h en classe entière</i>	<b>PHYSIQUE</b> <i>environ 3 TP, 6 h en classe entière</i>

### Enseignement fondamental

<b>CHIMIE</b>	<b>PHYSIQUE</b>
I. « Chimique ou naturel ? » <i>4 TP, 8 h en classe entière</i>	I. Exploration de l'espace <i>5 TP, 10 h en classe entière</i>
II. Constitution de la matière <i>4 TP, 8 h en classe entière</i>	II. L'univers en mouvements et le temps <i>4 TP, 8 h en classe entière</i>
III. Transformations de la matière <i>4 TP, 8 h en classe entière</i>	III. L'air qui nous entoure <i>3 TP, 6 h en classe entière</i>

L'enseignement thématique peut accompagner les trois parties de l'enseignement fondamental. Il peut également constituer une partie séparée. Cet enseignement n'introduit aucune nouvelle compétence exigible mais fait l'objet d'une évaluation. Les thèmes choisis peuvent être communs à la chimie et à la physique, ou être propres à chaque discipline (en veillant dans tous les cas à respecter un certain équilibre entre les deux disciplines).

L'enseignement fondamental se présente sous la forme d'un tableau à trois colonnes :

- La colonne de gauche présente une liste non obligatoire et non exhaustive d'exemples de questions et d'activités qui peuvent être exploitées en expériences de cours, en travaux pratiques ou en travaux de documentation. Les activités expérimentales sont indiquées en italique. Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont repérées par un astérisque.
- La colonne centrale indique les contenus de base.
- La colonne de droite présente les connaissances et savoir-faire exigibles en fin d'année scolaire, ou en cours d'acquisition. Les connaissances et savoir-faire exigibles relatifs aux activités expérimentales sont indiqués en italique.

## C - Les technologies de l'information et de la communication (TIC)

La physique et la chimie fournissent naturellement l'occasion d'acquérir certaines compétences dans l'utilisation des TIC, dont certaines sont liées à la discipline et d'autres sont d'une valeur plus générale. Outre la recherche documentaire à l'aide de la « toile », la mise en relation par courrier électronique de classes effectuant une même recherche documentaire ou la comparaison de mesures effectuées simultanément dans des établissements différents sont possibles. L'automatisation de l'acquisition et du traitement des données expérimentales peut permettre de mieux ouvrir la réflexion des élèves aux aspects statistiques de la mesure et au dialogue entre théorie et expérience.

Outre les sites académiques, il faut signaler à l'attention des professeurs le site national <http://www.educnet.education.fr/phy>, qui recense des travaux de groupes nationaux, des ressources thématiques, des adresses utiles.

## D - Un enseignement expérimental

Les activités expérimentales jouent un rôle important dans l'enseignement. Celles-ci peuvent s'articuler autour de deux pôles distincts :

- l'expérience de cours ;
- la séance de travaux pratiques au cours de laquelle l'élève doit manipuler seul ou en binôme.

Pourquoi un enseignement expérimental ?

- Il offre la possibilité de répondre à une *situation-problème* par la mise au point d'un protocole, la réalisation pratique de ce protocole, la possibilité d'aller-retour entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats.
- Il permet à l'élève de confronter ses représentations avec la réalité.
- Il apprend à l'élève à observer en éveillant sa curiosité.
- Il développe l'esprit d'initiative, la ténacité et le sens critique.
- Il lui permet de réaliser des mesures, de réfléchir sur la précision de ces mesures, d'acquérir la connaissance de quelques ordres de grandeur.
- Il aide l'élève à s'approprier des lois, des techniques, des démarches et des modes de pensée.

Ainsi, les activités expérimentales établissent un rapport critique avec le monde réel et incontournable, où les observations sont parfois déroutantes, où des expériences peuvent échouer, où chaque geste demande à être maîtrisé, où les mesures – toujours entachées d'erreurs aléatoires quand ce ne sont pas des erreurs systématiques – ne permettent de déterminer des valeurs de grandeurs qu'avec une incertitude qu'il faut pouvoir évaluer au mieux. L'expérience de cours permet d'établir un premier rapport entre le réel et sa représentation. Les travaux pratiques sont le seul moyen d'appropriation de techniques et de méthodes.

Deux conditions sont nécessaires pour que cet enseignement expérimental remplisse pleinement son rôle :

- les élèves doivent savoir ce qu'ils cherchent, anticiper (quitte à faire des erreurs) un ou des résultats possibles, agir, expérimenter, conclure et ainsi élaborer leurs connaissances ;
- l'enseignant doit veiller à bien définir les objectifs de contenus et à *limiter le nombre des compétences* mises en jeu dans une séance de TP afin de bien dégager les notions qu'il veut faire acquérir. Avant toute entrée dans le processus de résolution et d'expérimentation, il doit vérifier, lors du débat, que les élèves ont bien compris la question et/ou les termes du problème à résoudre.

Une grille de compétences, dont le nombre est ici volontairement limité à onze dans un souci de simplification, est présentée ci-après. On a séparé les compétences à acquérir selon qu'elles concernent la mise en place d'une démarche scientifique ou plutôt les manipulations et les mesures.

Ces compétences *ne doivent pas être toutes mobilisées à la fois* lors d'une séance de TP.

La présentation sous forme de grille permet de gérer plus facilement les différentes compétences mises en œuvre lors de la conception de chaque séance de travaux pratiques. L'enseignant peut ainsi vérifier qu'il a introduit ces compétences plusieurs fois dans l'année et diversifier au mieux son enseignement. Cette grille a été conçue dans le but d'aider l'enseignant à construire les séances de TP et non dans celui de procéder à une évaluation des élèves.

Les compétences liées au comportement de l'élève n'apparaissent pas dans la grille car elles interviennent en permanence : précision, soin, organisation (rangement et anticipation), et plus largement rigueur.

<b>Grille de suivi des compétences mises en jeu lors des séances de travaux pratiques</b>											
Compétences expérimentales	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5	TP6	TP7	TP8	TP9	...	...
<b>I - Compétences liées à l'expérimentation</b>											
Formuler une hypothèse sur : - un événement susceptible de se produire ou de s'être produit ; - un paramètre pouvant jouer un rôle dans un phénomène.											
Proposer une expérience : - susceptible de valider ou d'infirmer une hypothèse ; - répondant à un objectif précis. Analyser des résultats expérimentaux, les confronter à des résultats théoriques.											
Déterminer le domaine de validité d'un modèle.											
<b>II - Compétences liées aux manipulations et aux mesures</b>											
Respecter les consignes : protection des personnes et de l'environnement.											
Agir en suivant un protocole fourni (texte ou schéma).											
Faire le schéma d'une expérience.											
Reconnaître, nommer, choisir et utiliser le matériel de laboratoire (verrerie, instruments de mesure, etc.).											
Exprimer un résultat avec un nombre de chiffres significatifs compatibles avec les conditions de l'expérience.											
Faire l'étude statistique d'une série de mesures indépendantes en utilisant une calculatrice ou un tableur.											
Utiliser les technologies de l'information et de la communication.											

## **E - Compétences transversales**

Les compétences à acquérir ne se résument pas à des connaissances et savoir-faire strictement disciplinaires. L'élève doit être également capable d'utiliser d'autres compétences qui, sauf indications contraires, sont à acquérir tout au long du cycle secondaire.

Compétences liées à la langue française :

- trier des informations ;
- décrire une expérience, un phénomène ;
- utiliser un vocabulaire scientifique ;
- rédiger une argumentation en utilisant à bon escient les conjonctions (car, donc, si... alors, etc.).

Ces compétences sont mises en œuvre tout au long du cycle secondaire et ne figurent donc pas explicitement dans le contenu de la colonne de droite. Les différentes activités proposées par l'enseignant (étude de documents, description d'une expérience, analyse critique d'un texte, etc.) lui permettront de former et d'évaluer ses élèves au cours de l'année.



Compétences liées aux mathématiques :

- comprendre l'intérêt du calcul littéral ;
- utiliser les puissances de 10 ;
- utiliser la relation de proportionnalité ;
- construire un graphique à la main et savoir l'utiliser ;
- utiliser quelques notions de géométrie simple ;
- utiliser les notions simples de statistiques du programme de mathématique (valeur moyenne et largeur).

Bien que les connaissances et savoir-faire liés à l'outil mathématique soient clairement explicités dans la colonne de droite au fur et à mesure de leur apparition dans le programme, ces compétences seront à mettre en œuvre tout au long de l'année.

Compétences liées aux technologies de l'information et de la communication :

Au cours du cycle secondaire, l'élève doit acquérir les compétences suivantes :

- utiliser l'ordinateur pour acquérir des données expérimentales ;
- utiliser un tableur ou un logiciel dédié au traitement des résultats expérimentaux et les présenter graphiquement ;
- utiliser l'ordinateur pour confronter des résultats expérimentaux à des valeurs théoriques ;
- savoir ce qu'est une simulation et la distinguer clairement de résultats expérimentaux ;
- être capable d'effectuer une recherche documentaire et critique sur un cédérom et sur internet (en ligne et hors ligne) ;
- produire des documents (avec éventuellement des liens entre eux) incorporant images et graphiques ;
- être capable, dans le cadre de travaux collectifs, d'échanger ces documents par courrier électronique.

Ces compétences doivent être mises en jeu plusieurs fois dans l'année lors des séances de travaux pratiques.

## **F - Relation avec les disciplines voisines**

Le thème « Exploration de l'espace » du programme de physique met en jeu certaines notions de géométrie du programme de mathématique et doit contribuer à les éclairer (notamment la vision dans l'espace). D'autres parties permettent d'établir des liens avec le programme de sciences de la vie et de la Terre. Citons, par exemple, le thème « Messages de la lumière » avec l'observation de la Terre par satellite à certaines longueurs d'onde, et l'analyse de la lumière nous parvenant du Soleil ; le thème « L'Univers en mouvements et le temps » avec la structure du système solaire ; le thème « L'air qui nous entoure » avec l'étude de l'atmosphère.

# E nseignement thématique

Le contenu détaillé de l'enseignement thématique ne relève pas, à proprement parler, d'un programme précis, puisque tout sujet prolongeant et illustrant les notions traitées dans l'enseignement fondamental, et n'introduisant pas de nouvelles connaissances exigibles, peut convenir. C'est à l'enseignant, en fonction de ses intérêts personnels, de la nature de sa classe et des objectifs pédagogiques qu'il se fixe, à déterminer le ou les thèmes qu'il entend traiter. Ce choix peut s'appuyer sur une réflexion au niveau de l'équipe de professeurs de la discipline dans l'établissement ou dans un groupe d'établissements voisins, sur une consultation de sites académiques ou du site national indiqué plus haut, qui serviront de « banque » de thèmes s'enrichissant des expériences les plus intéressantes. Il est à noter que cet enseignement peut être l'occasion d'envisager des méthodes de travail faisant particulièrement appel à l'initiative des élèves, en préfiguration des travaux personnels encadrés du cycle terminal (travail en petits groupes, répartition des tâches, etc.).

En physique, le thème des capteurs permet de réinvestir et d'affermir de façon pratique des connaissances antérieures en électricité dans une perspective d'instrumentation (mesure de grandeurs au programme).

Les quelques exemples qui suivent n'ont pour but que d'illustrer l'éventail des thèmes possibles, dont certains sont des compléments directs de l'enseignement fondamental, et d'autres constituent des ouvertures plus larges sur la discipline.

- *Thèmes communs à la chimie et la physique* : spectrophotométrie, chimie, physique et art, l'air, l'eau, etc.
- *Thèmes « chimie »* : le sucre, les sucres, autour d'un « produit » de la vie courante : un médicament, par exemple l'aspirine ; un désinfectant, par exemple l'eau de Javel ; une boisson aux fruits, pigments et colorants, etc.
- *Thèmes « physique »* : capteurs (optoélectroniques, de pression, de température, spectrophotomètre, etc.), phénomènes optiques (mirage, arc-en-ciel, paille dans l'eau, etc.), cadran solaire, système solaire (utilisation de la troisième loi de Kepler), poussée d'Archimède, recherche de documents liés à l'histoire des sciences avec une illustration expérimentale sur la mesure du temps, l'évolution des idées en mécanique, la réfraction de la lumière, etc.

# E nseignement fondamental

## ■ Programme de chimie

### I - « Chimique ou naturel ? »

(4 TP, 8 heures en classe entière)

#### Objectifs

Cette partie commence par un questionnement des élèves en vue de mettre en évidence la richesse chimique d'un « produit » quotidien ; pour cela, l'enseignant s'appuie sur ce que les élèves savent de la chimie et leur fait découvrir les activités et les outils du chimiste. Puis, grâce à des séances pratiques attrayantes, on montre que la chimie est une science expérimentale dont l'importance pour la société n'a cessé de croître au cours de l'histoire. L'ancrage sur des espèces chimiques naturelles a pour objectif de démythifier la chimie et de susciter une réflexion sur l'opposition médiatique fréquente entre chimie et nature. De nombreuses espèces chimiques présentes dans la nature sont importantes pour l'homme qui, au cours de son histoire, a cherché à les exploiter. C'est la raison d'être des approches expérimentale et historique de l'extraction. Les besoins et les impératifs économiques ont amené l'homme à ne pas se limiter aux ressources naturelles et à élaborer une chimie de synthèse. L'homme ne sait pas synthétiser toutes les espèces naturelles, qu'il n'a d'ailleurs pas toutes inventoriées, mais il sait néanmoins synthétiser des produits qui n'existent pas dans la nature.

Cette partie permet également de réinvestir les connaissances acquises dans des contextes variés : environnement quotidien, informations par les médias, connaissances antérieures de sciences physiques ou de sciences de la vie et de la Terre. Les espèces et les transformations chimiques rencontrées dans cette partie seront reprises, à titre d'exemples, pour illustrer les parties suivantes. Les savoir-faire expérimentaux et les comportements mis en place dans cette partie constituent le fondement d'un bon déroulement des activités ultérieures de la classe de seconde et sont mobilisables dans d'autres disciplines, mais aussi dans la vie quotidienne.

#### 1 - La chimie du monde : mise en évidence de l'ubiquité des espèces chimiques

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>« Les 5 sens du chimiste en éveil » : Quelles sont les « substances » chimiques présentes dans un « produit » de la nature (fruit...) ou dans un « produit » manufacturé (papier...) ?</p> <p>Quelles sont les substances naturelles dans le « produit » étudié et d'où viennent les autres ?</p> <p>Inventaire et classement des « substances » (naturelles ou de synthèse) en partant de notre environnement quotidien, ou de domaines d'importance économique.</p> <p>Analyse de documents sur l'industrie chimique.</p>	<p>1.1. Inventaire et classement de quelques espèces chimiques</p> <p>1.2. Espèces chimiques naturelles et espèces chimiques synthétiques</p>	<p>Savoir que certaines espèces chimiques proviennent de la nature et d'autres de la chimie de synthèse.</p>

## Commentaires

Cette partie n'est pas conçue pour être traitée en cours magistral, mais pour susciter des activités – le plus possible par groupes d'élèves – impliquant observation, lecture d'étiquettes, analyse de documents, classeme, etc. Ces activités peuvent amener l'élève à suggérer une expérimentation simple pour tester une hypothèse : par exemple, si le « produit » choisi est la pomme, l'élève peut dire que la pomme est acide ; il a utilisé, en classe de troisième le papier pH ; il est alors possible de tester l'acidité de la pomme. Il est également possible de tester la présence d'eau.

Cette partie permet également de préparer l'élève aux activités du chimiste : extraction, séparation, analyse et synthèse.

## 2 - Le monde de la chimie : approches expérimentale et historique de l'extraction, de la séparation et de l'identification d'espèces chimiques

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Activité documentaire (textes, iconographie, transparents, vidéo...) concernant les techniques d'extraction, par exemple enflourage, entraînement à la vapeur, distillation, extraction par solvant.</p> <p><i>Approche expérimentale qualitative du partage d'une espèce chimique entre l'eau et un solvant organique.</i></p> <p><i>À partir d'un « produit » de la nature :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- réaliser une décoction,</li> <li>- présenter (ou réaliser) une hydro-distillation,</li> <li>- réaliser une décantation,</li> <li>- présenter (ou réaliser) une filtration sous vide.</li> </ul> <p>Élaboration d'un protocole d'extraction à partir d'informations sur les propriétés physiques des espèces chimiques recherchées.</p> <p><i>Approche expérimentale de la chromatographie sur couche mince (papier ou plaque) à l'aide de mélanges colorés (encres, colorants alimentaires, extraits de végétaux...), puis application à l'identification des espèces précédemment extraites ; utiliser des techniques de révélation des espèces incolores (UV, révélateur chimique).</i></p> <p><i>Présenter (ou réaliser) une chromatographie sur colonne.</i></p>	<p>2.1. Techniques d'extraction d'espèces chimiques organiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Approche historique</li> <li>b) Principe de l'extraction par solvant</li> <li>c) Extraction d'espèces chimiques à partir d'un « produit » de la nature ; extraction par solvant ou par entraînement à la vapeur</li> </ul> <p>2.2. Séparation et identification d'espèces chimiques</p> <p>Caractérisation ou identification par comparaison d'une espèce chimique extraite.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Chromatographie</li> </ul> <p>Principe de la chromatographie : phase fixe, phase mobile, révélation, interprétation, application à la séparation des espèces d'un mélange et à l'analyse.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>b) Caractéristiques physiques</li> </ul> <p>Tf, Tcb, densité, indice de réfraction, « couleur », solubilités.</p>	<p>Interpréter les informations de l'étiquette d'un flacon (risques, sécurité, paramètres physiques) comme une carte d'identité de son contenu.</p> <p><i>S'informer sur les risques et les consignes de sécurité à respecter lors des manipulations, en particulier des solvants organiques.</i></p> <p><i>Reconnaître et nommer la verrerie de laboratoire employée.</i></p> <p><i>Utiliser :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une ampoule à décanter,</li> <li>- un dispositif de filtration,</li> <li>- un appareil de chauffage dans les conditions de sécurité.</li> </ul> <p><i>Mettre en œuvre une technique d'extraction.</i></p> <p>À l'aide d'un tableau de données (températures de changement d'état, solubilités, masses volumiques), à pression atmosphérique et pour une température connue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prévoir l'état physique d'une espèce chimique,</li> <li>- choisir un solvant approprié pour faire une extraction,</li> <li>- prévoir le liquide surnageant dans un système constitué de deux liquides non miscibles.</li> </ul> <p>Réaliser une chromatographie sur couche mince.</p>

## Commentaires

Concernant le monde de la chimie, l'accent est mis sur la chimie organique, à travers des extractions d'espèces prises dans le monde végétal ou animal, essentiellement autour des colorants et des parfums.

Le plus souvent, l'extraction conduit à un mélange d'espèces chimiques qui, en classe de seconde, ne sont pas isolées. La chromatographie permet de séparer les espèces et d'identifier l'espèce chimique recherchée par comparaison à une référence.

Dans cette partie, il s'agit d'observer et de manipuler et non d'expliquer. Les activités sont abordées sous un angle historique et expérimental. En effet, à ce niveau, les outils conceptuels dont dispose un élève sortant de troisième ne permettent pas d'expliquer les concepts chimiques sous-jacents.

### 3 - Le monde de la chimie : la synthèse des espèces chimiques au laboratoire et dans l'industrie

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p><i>Synthèse (ou hémisynthèse) d'une ou plusieurs espèces chimiques, mettant en jeu des techniques simples, telles que chauffage à reflux, filtration, séparation.</i></p> <p><i>Synthétiser une espèce existant dans la nature et, si possible, susceptible d'être extraite.</i></p> <p><i>Vérifier à l'aide des acquis expérimentaux antérieurs, qu'une espèce chimique de synthèse est identique à la même espèce chimique contenue dans un extrait naturel.</i></p>	<p>3.1. Nécessité de la chimie de synthèse.</p> <p>Quelques exemples de synthèse dans la chimie lourde et dans la chimie fine (à haute valeur ajoutée) à partir des matières premières de la nature et en fonction des besoins des consommateurs.</p> <p>3.2. Synthèse d'une espèce chimique.</p> <p>3.3. Caractérisation d'une espèce chimique synthétique et comparaison avec un extrait naturel comportant la même espèce chimique que l'espèce synthétisée.</p>	<p><i>Suivre un protocole de synthèse en respectant les consignes (sécurité, protection de l'environnement).</i></p> <p><i>Proposer une méthode expérimentale pour comparer deux espèces chimiques.</i></p> <p><i>Interpréter, discuter et présenter les résultats d'une analyse comparative.</i></p>

#### Commentaires

Les exemples de synthèse présentés ou réalisés sont pris en chimie organique, par exemple : synthèse d'un polymère, d'un médicament, d'un colorant, d'un arôme, d'un savon.

L'important dans cette partie est de montrer que l'on peut synthétiser une espèce chimique identique à une espèce naturelle. Toutefois, l'étude d'espèces tirées du monde minéral pourra être développée dans l'enseignement thématique.

L'ensemble de cette partie est fondé sur l'approche expérimentale permettant à l'élève de s'approprier les techniques de base d'un laboratoire de chimie. Dans le cas des synthèses impliquant un chauffage à reflux, l'enseignant présente la nécessité et le fonctionnement d'un montage à reflux (à eau comme à air).

L'enseignant adopte une écriture simplifiée des réactions chimiques pour les transformations décrites, en se limitant aux appellations ou aux formules brutes des espèces chimiques indiquées sur les étiquettes des emballages. Il ne fait pas appel à une écriture détaillée qui sera abordée ultérieurement dans la troisième partie du programme. Les connaissances et savoir-faire exigibles dans cette première partie sont à considérer comme des acquis en fin de classe de seconde ; ils seront donc travaillés toute l'année.

## II - Constitution de la matière

(4 TP, 8 heures en classe entière)

#### Objectifs

Cette deuxième partie donne une description microscopique de la matière à l'aide de modèles simples pour la constitution des atomes, des ions et des molécules et introduit le concept d'élément et de sa conservation au cours d'une transformation chimique.

L'enseignant sensibilise l'élève à la notion de modèle et à ses limites : modèle de l'atome, modèle du cortège électronique pour l'atome et modèle de Lewis de la liaison covalente pour les molécules. Les modèles mis en place permettent de rendre compte de la formule et de la géométrie des molécules (et éventuellement de les prévoir). Dans une molécule, la disposition relative des atomes est interprétée comme résultant de la minimisation des interactions répulsives entre paires d'électrons autour d'un atome central.

Par une démarche historique et l'utilisation de logiciels, l'enseignant explore avec les élèves la classification périodique des éléments, donnant ainsi l'occasion à l'élève de mener une démarche documentaire avec différents outils et différents objectifs.

La notion de famille chimique est introduite à partir de la classification périodique. La progression proposée place la classification périodique après les édifices chimiques, ce qui permet de réinvestir les connaissances acquises sur les molécules et de suggérer des analogies par familles.

## 1 - Des modèles simples de description de l'atome

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Qu'est-ce qui se conserve au cours d'une transformation ?  <i>Approche expérimentale de la conservation (par exemple, du cuivre, du carbone ou du soufre, sous forme atomique ou ionique) au cours d'une succession de transformations chimiques.</i>  <i>Cycle naturel du carbone, de l'azote...</i>                      Le nombre d'éléments chimiques contenus dans l'univers est-il illimité ?                      Activité documentaire sur les éléments chimiques : abondance relative, dans l'univers, dans le soleil, dans la terre, dans un homme, un végétal.</p>	<p>1.1. Un modèle de l'atome                      Noyau (protons et neutrons), électrons : Nombre de charge et numéro atomique <math>Z</math>.                      Nombre de nucléons <math>A</math>.                      Charge électrique élémentaire, charges des constituants de l'atome.                      Electroneutralité de l'atome.                      Masse : masses des constituants de l'atome ; masse approchée d'un atome et de son noyau, considérée comme la somme des masses de ses constituants.                      Dimension : ordre de grandeur du rapport des dimensions respectives de l'atome et de son noyau.</p> <p>1.2. L'élément chimique                      Définitions des isotopes.                      Définitions des ions monoatomiques.                      Caractérisation de l'élément par son numéro atomique et son symbole.                      Conservation de l'élément au cours des transformations chimiques.</p> <p>1.3. Un modèle du cortège électronique                      Répartition des électrons en différentes couches, appelées K, L, M.                      Répartition des électrons pour les éléments de <math>Z</math> compris entre 1 et 18.</p>	<p>Connaître la constitution d'un atome.                      Connaître et utiliser le symbole <math>{}^A_ZX</math>.</p> <p>Savoir que l'atome est électriquement neutre.</p> <p>Savoir que la masse de l'atome est essentiellement concentrée dans son noyau.                      Évaluer la masse d'un atome, en faisant la somme de celles de ses protons et de ses neutrons.</p> <p>Connaître le symbole de quelques éléments.                      Savoir que le numéro atomique caractérise l'élément.                      Interpréter une suite de transformations chimiques en terme de conservation d'un élément.                      Distinguer les électrons associés aux couches internes de ceux de la couche externe. Dénombrer les électrons de la couche externe.</p>

### Commentaires

L'enseignant porte une attention particulière au vocabulaire employé et à sa définition, en particulier espèce chimique dans le cadre d'une description macroscopique et entité chimique dans le cadre d'une description microscopique de la matière.

${}^A_ZX$  est le symbole d'un noyau de numéro atomique  $Z$  et de nombre de nucléons  $A$  (par souci de ne pas multiplier les termes, celui de nucléide, comme celui de nombre de masse, ne sont pas utilisés).

Il peut être intéressant de faire appel à l'expérience historique de Rutherford, en introduction ou en application du modèle de l'atome et de sa structure lacunaire.

En utilisant les puissances de dix et les proportions, il est judicieux de faire des changements d'échelle illustrant l'ordre de grandeur des rayons du noyau et de l'atome (mettant en évidence la structure lacunaire de la matière) et de comparer les masses volumiques des noyaux et des atomes (en lien avec le programme de physique : de l'atome aux galaxies).

Dans l'approche expérimentale de la conservation, l'objectif est de sensibiliser l'élève au fait que lors d'une transformation, il y a conservation de l'élément. Il paraît souhaitable que cette activité expérimentale ait lieu avant le cours et que l'élève découvre, à travers l'expérience, la conservation des différents éléments impliqués lors d'une succession de transformations chimiques. Les transformations au cours desquelles les éléments ne sont pas conservés (réactions nucléaires) peuvent être évoquées (par exemple : réactions nucléaires dans le Soleil et les étoiles, celles vues en SVT).

L'énergie est absente du programme de seconde. En conséquence, tout vocabulaire ayant une connotation énergétique est évité. Toutefois, l'enseignant peut signaler que dans l'atome les électrons ne sont pas tous également liés. Il insiste sur le nombre d'électrons de la couche externe de l'atome, qui détermine la construction des édifices chimiques. Le modèle des cases quantiques ou un modèle analogue n'est pas utilisé, de même que les représentations de Lewis des atomes avec les électrons associés en doublets. Ceci n'induit pas de représentations erronées de la répartition spatiale et de l'énergie des électrons autour d'un atome.

## 2 - De l'atome aux édifices chimiques

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Écriture des formules développées, semi-développées et brutes.</p> <p><i>Utilisation des modèles moléculaires ou des logiciels* de visualisation moléculaire, pour illustrer la structure atomique des petites molécules. Représentation de Cram des molécules modélisées.</i></p> <p>Illustration de la notion d'isomérisie sur des exemples simples.</p> <p><i>Utilisation de logiciels* pour visualiser quelques molécules vues en première partie et dans le programme de SVT.</i></p>	<p>2.1. Les règles du « duet » et de l'octet</p> <p>a) Énoncé des règles de stabilité des atomes de gaz nobles (ou « rares »), inertie chimique.</p> <p>b) Application aux ions mono-atomiques stables.</p> <p>c) Application aux molécules à l'aide du modèle de Lewis de la liaison covalente.</p> <p>Représentation de Lewis de quelques molécules.</p> <p>Dénombrement des doubles d'électrons liants et non liants.</p> <p>Notion d'isomérisie.</p> <p>2.2. La géométrie de quelques molécules simples.</p> <p>Disposition relative des doublets d'électrons en fonction de leur nombre.</p> <p>Application à des molécules ne présentant que des liaisons simples.</p> <p>Représentation de Cram.</p>	<p>Connaître les règles du « duet » et de l'octet et savoir les appliquer pour rendre compte des charges des ions monoatomiques existant dans la nature.</p> <p>Donner la représentation de Lewis de quelques molécules simples : H<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCl, CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>.</p> <p>Représenter des formules développées et semi-développées compatibles avec les règles du « duet » et de l'octet de quelques molécules simples, telles que C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>N.</p> <p>Rendre compte de la géométrie des molécules : CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, en se basant sur la répulsion électronique des doublets liants et non liants.</p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

### Commentaires

Mis à part les gaz nobles (ou gaz « rares »), les atomes ne restent pas isolés sur Terre ; ils s'assemblent pour donner des molécules. Ils peuvent aussi gagner ou perdre des électrons pour donner des ions. En l'absence de critères énergétiques, l'enseignant se limite à l'énoncé et à l'application de « règles », en l'occurrence, celles du « duet » et de l'octet. L'enseignant fait la distinction entre les électrons engagés dans les liaisons covalentes (doublets liants) et les électrons non engagés dans ces liaisons (doublets non liants). Les représentations de Lewis des molécules présentent les doublets liants et non liants sous forme de tirets.

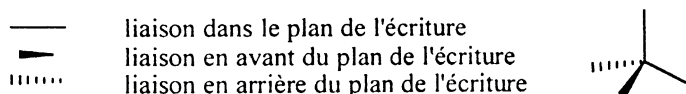
Les entités n'obéissant pas à la règle de l'octet, comme certains oxydes d'azote par exemple, ne sont pas traitées. Elles peuvent cependant être évoquées pour sensibiliser les élèves aux limites d'un modèle (modèle de Lewis en l'occurrence). Pour établir la représentation d'une molécule, on procède par exploration systématique : les électrons des couches externes des atomes présents dans la molécule sont dénombrés, puis associés en doublets ; les doublets sont ensuite répartis entre les atomes (doublets liants) ou autour des atomes (doublets non liants) de façon à satisfaire les règles du « duet » et de l'octet. Les élèves explorent donc plusieurs représentations de Lewis dont ils ne conservent que celles obéissant aux règles.

Les liaisons multiples et la notion d'isomérisie émergent alors naturellement (à une seule formule brute peuvent correspondre plusieurs formules développées).

L'enseignant veille à contextualiser les molécules étudiées, par exemple en spécifiant que le méthane est le gaz naturel. L'objectif est de rattacher les structures à des réalités chimiques.

La géométrie de molécules simples contenant des atomes de C, H, O, N est expliquée à l'aide de la répulsion des doublets liants et non liants qui entourent l'atome central. La méthode VSEPR n'est ni nommée, ni développée.

L'enseignant précise les conventions de la représentation de Cram :



### 3 - La classification périodique des éléments

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment Mendeleïev a-t-il procédé pour établir sa classification ?</p> <p>Activité documentaire et utilisation de multimédias* sur la classification périodique : histoire de la découverte de quelques éléments, étude de la démarche de Mendeleïev à partir de la réactivité chimique.</p> <p>Comment évoluent les rayons atomiques dans le tableau ?</p> <p>À l'aide de balles et ballons utilisés dans différents sports, comparer les volumes relatifs des atomes.</p>	<p>3.1. Classification périodique des éléments.</p> <p>La démarche de Mendeleïev pour établir sa classification ; son génie, ses erreurs.</p> <p>Les critères actuels de la classification : <math>Z</math> et les électrons de la couche externe.</p> <p>3.2. Utilisation de la classification périodique.</p> <p>Familles chimiques.</p> <p>Formules des molécules usuelles et charges des ions monoatomiques ; généralisation à des éléments de <math>Z</math> plus élevés.</p>	<p>En utilisant la classification périodique, retrouver la charge des ions monoatomiques et le nombre de liaisons que peuvent établir les éléments de chacune des familles de la colonne du carbone, de l'azote, de l'oxygène et du fluor.</p> <p>Localiser, dans la classification périodique, les familles des alcalins, des halogènes et des gaz nobles (ou « rares »).</p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

#### Commentaires

La classification actuelle des éléments les ordonne par numéro atomique croissant. Elle les place en lignes et en colonnes à partir des structures électroniques des atomes. Des analogies de propriétés chimiques dans une même colonne permettent d'introduire la notion de famille chimique. Mendeleïev avait proposé une classification des éléments en utilisant les propriétés connues à son époque. Celle-ci a joué un grand rôle dans l'organisation et l'évolution des connaissances et diffère peu de la classification actuelle.

L'enseignant présente, ou fait découvrir aux élèves, sous forme d'activités documentaires, quelques repères historiques dans la découverte des éléments : métaux de la préhistoire, éléments connus à l'époque de Lavoisier et de Mendeleïev, situation actuelle.

L'utilisation de différents multimédias, permet :

- d'éveiller la curiosité des élèves par une exploration libre ou thématique : historique des éléments, utilisations dans la vie courante, principales sources sur la Terre, par exemple ;
  - de servir de sources d'informations pour répondre à une question précise, comme par exemple l'abondance relative des éléments dans l'univers, les isotopes naturels (nombre et proportions) ;
  - d'illustrer l'évolution des rayons des atomes dans une ligne ou dans une colonne.
- L'enseignant peut choisir d'illustrer la notion de famille à l'aide d'expériences.

## III - Transformations de la matière

(4 TP, 8 heures en classe entière)

#### Objectifs

La troisième partie porte sur la transformation chimique d'un système. Un des objectifs spécifiques de la classe de seconde est d'établir un bilan de matière ; pour ce faire, à la transformation chimique d'un système est associée une réaction chimique qui rend compte macroscopiquement de l'évolution du système et qui donne lieu à une écriture symbolique appelée équation. Lorsqu'ultérieurement la cinétique d'évolution du système sera abordée, il sera nécessaire de mettre en place un modèle plus élaboré faisant intervenir des intermédiaires réactionnels et les équations correspondantes. Le modèle et ses limites restent donc au coeur de cette partie.

L'étude de la transformation chimique d'un système commence par la mise en place d'outils de description macroscopique du système impliquant la définition de la mole. L'enseignant fait bien la distinction entre la transformation subie par le système et la réaction chimique qui modélise cette transformation. Aussi souvent que possible, les manipulations servent de support introductif à cette approche pour essayer de remédier aux difficultés actuelles rencontrées par les élèves.



Il s'agit ensuite, en s'aidant d'un outil – un tableau descriptif du système au cours de la transformation – d'analyser cette transformation, en introduisant la notion d'avancement, et d'établir un bilan de matière. L'élève doit être capable d'écrire les nombres stœchiométriques de l'équation en respectant les lois de conservation des éléments et des charges et de comprendre qu'une transformation chimique ne nécessite pas que les réactifs soient dans des proportions particulières dans l'état initial. Les élèves seront formés à l'utilisation d'un vocabulaire précis et à l'appropriation d'outils commodes pour décrire et analyser une transformation, selon une progression en difficultés croissantes utilisant l'avancement. L'élaboration que l'enseignant fait avec l'élève de ce bilan de matière est essentielle pour la validation du modèle proposé.

Toutefois, aucune compétence n'est exigible sur ce bilan de matière. L'ensemble de cette présentation sera reprise au début de l'enseignement de la chimie en classe de première scientifique.

Des illustrations expérimentales sont utilisées pour s'approprier le concept de transformation chimique (état initial et état final) et permettent de vérifier la validité d'un modèle proposé de réaction chimique pour rendre compte de l'évolution d'un système subissant une transformation chimique.

*Tout particulièrement dans cette partie, l'enseignant veille à une utilisation rigoureuse du vocabulaire proposé en classe de seconde pour traiter de la transformation chimique. Il précise et justifie les points sur lesquels portent ces modifications.*

## 1 - Outils de description d'un système

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment peut-on mesurer une quantité de matière ? <i>Prélèvement d'une même quantité de matière (en mol) pour différentes espèces chimiques.</i></p> <p><i>Opérations expérimentales de dissolution d'espèces moléculaires (sucres, diode (en raison de sa couleur), alcool...) et opérations de dilution de solutions.</i> <i>Opérations expérimentales de dilution de solutions courantes (colorants, sulfate de cuivre...).</i> <i>Mise en œuvre ou élaboration d'un protocole de dissolution ou de dilution.</i> <i>Réalisation d'échelles de teintes et applications (par exemple avec le diode).</i></p>	<p>1.1. De l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique : la mole Unité de la quantité de matière : la mole. Constante d'Avogadro, <math>N_A</math>. Masse molaire « atomique » : <math>M</math> (<math>\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}</math>). Masse molaire moléculaire. Volume molaire <math>V_m</math> (<math>\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}</math>) à <math>T</math> et <math>P</math>.</p> <p>1.2. Concentration molaire des espèces moléculaires en solution. Notions de solvant, soluté, solution et solution aqueuse. Dissolution d'une espèce moléculaire. Concentration molaire d'une espèce dissoute en solution non saturée. Dilution d'une solution.</p>	<p>Calculer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques.</p> <p>Déterminer une quantité de matière (exprimée en mol) connaissant la masse d'un solide ou le volume d'un liquide ou d'un gaz.</p> <p><i>Prélever une quantité de matière d'une espèce chimique donnée en utilisant une burette graduée.</i> Savoir qu'une solution peut contenir des molécules ou des ions. <i>Réaliser la dissolution d'une espèce moléculaire</i> <i>Réaliser la dilution d'une solution.</i> <i>Utiliser une balance et la verrerie de base qui permet de préparer une solution de concentration donnée (pipette graduée ou jaugée, poire à pipeter, burette, fiole jaugée).</i> Connaître l'expression de la concentration molaire d'une espèce moléculaire dissoute et savoir l'utiliser.</p>

### Commentaires

Les paramètres nécessaires à la description du système sont : la pression  $P$ , la température  $T$  (en lien avec le programme de physique), la nature des espèces chimiques présentes, leur état (solide,  $s$ , liquide,  $l$ , gazeux,  $g$ , solution, le plus souvent aqueuse,  $aq$ ) et leurs quantités respectives. Pour cette description, on effectue le passage de l'échelle microscopique à l'échelle macroscopique en définissant l'unité de quantité de matière (la mole) et la concentration molaire en solution, en se limitant aux espèces moléculaires.

La constante d'Avogadro permet de faire un changement d'échelle : passage du niveau microscopique (atome, molécule ou ion :  $m \sim 10^{-26}$  kg) à un niveau macroscopique (la mole d'atomes, de molécules ou d'ions dont la masse avoisine quelques g ou dizaines de g). Une évaluation de la constante d'Avogadro permet de mieux s'approprier la définition de la mole.

À ce stade de l'enseignement de la chimie, il est précisé que le volume molaire ( $V_m$ ) est fonction des conditions de température  $T$  et de pression  $P$ . Dans le cas des gaz, il est introduit en physique dans le modèle du gaz parfait.

L'emploi des guillemets dans masse molaire « atomique » a pour objectif de mettre en évidence qu'il s'agit en réalité de la masse d'une mole d'atomes à l'état naturel (ce qui revient à considérer les abondances isotopiques naturelles).

Seules les espèces moléculaires sont utilisées pour illustrer l'opération de dissolution en vue de l'obtention d'une solution de concentration donnée. On considère que le diiode en solution est une espèce moléculaire, autrement dit la présence des ions  $I_3^-$  n'est pas mentionnée.

Attention ! Les cristaux de diiode sont toxiques. Il est donc conseillé de diluer une solution déjà préparée. Ce n'est qu'au début de la classe de première S que la réaction de dissolution des espèces ioniques sera écrite et qu'il pourra être exigé de calculer les concentrations molaires des ions. Néanmoins, en classe de seconde, on peut présenter des expériences dans lesquelles les solutions résultent de la dissolution de solides ioniques. On donne alors les concentrations (colorants ou sulfate de cuivre, par exemple) et ces solutions ne peuvent donner lieu qu'à des opérations de dilution.

## 2 - Transformation chimique d'un système

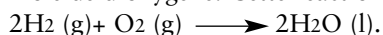
Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment décrire le système chimique et son évolution ?  <i>À l'aide d'expériences simples à analyser, et sur la base des hypothèses formulées par les élèves, caractérisation des espèces chimiques présentées dans l'état initial (avant transformation du système) et des espèces chimiques formées :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- lame de cuivre dans solution de nitrate d'argent,</li> <li>- poudre de fer dans solution de sulfate de cuivre,</li> <li>- combustions du carbone, d'alcane ou d'alcool dans l'air ou l'oxygène,</li> <li>- réaction du sodium et du dichlore,</li> <li>- réactions de synthèse vues dans la première partie,</li> <li>- précipitation de l'hydroxyde de cuivre ...</li> </ul> <p><i>Mise en évidence expérimentale de l'influence des quantités de matière des réactifs sur l'avancement maximal et vérification expérimentale de la validité d'un modèle proposé de réaction chimique pour décrire l'évolution d'un système chimique subissant une transformation : acide éthanoïque sur l'hydrogène-carbonate de sodium.</i></p>	<p>2.1. Modélisation de la transformation : réaction chimique            Exemples de transformations chimiques.            État initial et état final d'un système.            Réaction chimique.            Écriture symbolique de la réaction chimique : équation.            Réactifs et produits.            Ajustement des nombres stœchiométriques.</p> <p>2.2. Bilan de matière            Initiation à l'avancement.            Expression des quantités de matière (en mol) des réactifs et des produits au cours de la transformation.            Réactif limitant et avancement maximal.            Bilan matière.            Cette progression dans les contenus est accompagnée par la construction d'un tableau descriptif de l'évolution du système au cours de la transformation.</p>	<p>Décrire un système.</p> <p>Écrire l'équation de la réaction chimique avec les nombres stœchiométriques corrects.</p>

### Commentaires

La réaction chimique donne lieu à une écriture symbolique appelée équation. L'enseignant insiste sur le fait que la conservation des éléments et des charges au cours de la transformation chimique d'un système se traduit par l'ajustement des nombres stœchiométriques dans l'équation (il justifie que l'on dise conservation des éléments et non plus, comme en classe de quatrième, conservation des atomes).

Dans cette équation, les réactifs sont les espèces chimiques écrites dans le membre de gauche et les produits sont les espèces chimiques écrites dans le membre de droite.

Si on prend l'exemple de la synthèse de l'eau dans les conditions ambiantes (1 bar, 25°C), on peut réaliser le bilan de matière, en considérant que la formation de 2 moles d'eau s'accompagne de la consommation de 2 moles de dihydrogène et d'une mole de dioxygène. Cette réaction chimique s'écrit de façon symbolique :



La réaction chimique est écrite, en classe de seconde, avec pour symbolisme la simple flèche  $\longrightarrow$ . Outre sa cohérence avec le programme de troisième, ce symbolisme précise, de façon condensée, dans quelle direction le système évolue dans les conditions de l'expérience. La réaction ne préjuge en rien de ce qui se passe au niveau microscopique et qui est la cause de l'évolution du système. Pour définir la transformation chimique d'un système, l'enseignant choisit des exemples simples parmi ceux déjà rencontrés au collège et ceux proposés lors des synthèses développées dans la première partie.

Toujours dans le cadre du programme de seconde :

- Les quantités de matière des espèces chimiques présentes dans le système au cours de la transformation chimique s'expriment à l'aide d'une grandeur (en mol, notée  $x$  par exemple), identifiée à un avancement.
- Seules sont envisagées des transformations qui s'achèvent quand l'un des réactifs, appelé réactif limitant, a disparu. L'avancement final atteint se confond alors avec l'avancement maximal. Il existe des cas, qui seront rencontrés dans le cursus scientifique ultérieur, où l'avancement final n'est pas l'avancement maximal (estérification, dissociation des acides ou des bases faibles dans l'eau, par exemple).

Au-delà de l'utilisation de la simple flèche  $\longrightarrow$ , l'enseignant propose aux élèves d'utiliser un tableau, considéré comme un outil, pour décrire et analyser l'évolution d'un système ; il adopte une progression en difficultés croissantes : dans un premier temps, l'enseignant considère des réactions dont l'équation ne présente que des nombres stoechiométriques égaux à 1 ; dans un deuxième temps, il considère des réactions dont l'équation présente au moins un nombre stoechiométrique égal à 1 ; enfin, une généralisation pourra être établie avec des nombres quelconques. L'enseignant décide à quel niveau de difficultés il arrête sa progression et définit les connaissances et savoir-faire exigibles des élèves en conséquence.

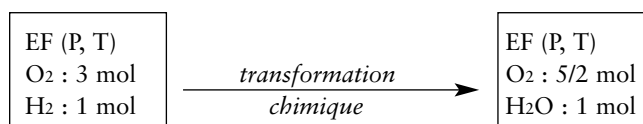
Exemple de tableau en reprenant le cas de la synthèse de l'eau :

Relation stoechiométrique		$\text{O}_2 (\text{g})$	+	$2\text{H}_2 (\text{g})$	=	$2\text{H}_2\text{O} (\text{l})$
État du système	Avancement	Moles de dioxygène		Moles de dihydrogène		Moles d'eau
État initial	0	3		1		0
Au cours de la transformation	$x$	$3 - x$		$1 - 2x$		$2x$
État final	$x_{\text{max}}$					

L'avancement maximal,  $x_{\text{max}}$  est obtenu en écrivant que les quantités de chaque espèce chimique sont nécessairement positives :  $2x \geq 0$  ;  $3 - x \geq 0$  ;  $1 - 2x \geq 0$ . Il est alors possible de déterminer  $x_{\text{max}}$  (en l'occurrence : 1/2). Le tableau peut alors être complété.

Remarque : l'IUPAC recommande d'utiliser le signe = pour exprimer la relation stoechiométrique (qui ne présuppose pas dans quelle direction le système évolue) et donc mener une activité de calcul sur la transformation chimique considérée. En classe de seconde, il est prématuré d'introduire un symbolisme supplémentaire.

Le bilan de matière peut aussi se présenter sous la forme :



Afin de traiter le bilan matière (2.2), on pourrait adopter la progression suivante (qui reviendrait à consacrer 2 TP et 2 h en classe entière) avec un exemple ayant fait l'objet d'une approche expérimentale (l'acide éthanóique sur l'hydrogénocarbonate de sodium convient parfaitement) :

1. Approche qualitative expérimentale et observations : système, état initial, état final, caractérisation des espèces, réactif limitant.

L'enseignant fait soigneusement la différence entre la transformation étudiée et les tests utilisés pour caractériser les réactifs ou les produits.

2. Approche quantitative : l'enseignant mène une discussion avec les élèves en vue de formaliser les observations qu'ils ont faites. Il introduit l'avancement et met en place l'outil (construction du tableau avec les élèves).

3. Vérification expérimentale de la validité d'un modèle proposé de la réaction chimique. En exploitant la même réaction chimique que lors des approches qualitative et quantitative (points 1 et 2), les élèves vont être à même d'exploiter les observations faites, de réaliser des mesures et de mener les calculs permettant de « compléter » le tableau.

L'utilisation d'un tableur peut permettre la simulation de l'évolution des quantités de matière au cours de la transformation et éventuellement le tracé de ces évolutions en fonction de l'avancement pour visualiser l'arrêt de la transformation lors de l'épuisement d'un réactif. Il serait cependant dommage qu'il détourne l'attention des élèves de l'objectif recherché : établir un bilan de matière.

# E nseignement fondamental

## ■ Programme de physique

### I - Exploration de l'espace

(5 TP, 10 heures en classe entière)

Cette partie présente l'Univers qui nous entoure, de l'atome aux galaxies. On apprend à s'y repérer par la mesure de distances, de l'échelle atomique à l'échelle astronomique, et à utiliser la lumière pour obtenir des renseignements sur les astres et la matière contenus dans l'espace.

#### 1 - De l'atome aux galaxies

##### Objectifs

À partir de la projection d'un film (puissance de 10, exploration de l'Univers, etc.) et des connaissances des élèves, le professeur présente de façon simple l'Univers en introduisant les ordres de grandeurs des distances et des tailles. L'idée est de compléter cette échelle des longueurs au fur et à mesure de cette première partie, voire au cours de l'année.

L'enseignant fait remarquer que les mesures de longueurs à l'échelle humaine sont relativement aisées. Quelques mesures simples faites en classe à l'aide d'un double décimètre permettent d'introduire la notion de précision d'une mesure liée à l'appareil de mesure, et le nombre de chiffres significatifs à conserver.

En revanche, lorsqu'il s'agit de mesurer des distances ou des tailles d'objets à l'échelle astronomique ou microscopique, des techniques particulières doivent être mises en œuvre. Quelques-unes de ces techniques sont présentées soit en travaux pratiques, soit en expérience de cours. Elles peuvent être choisies dans un large éventail touchant à de nombreux domaines de la physique : optique, électricité, mécanique, etc.

Il est souhaitable que plusieurs domaines de la physique soient illustrés dans le choix des travaux pratiques.

L'enseignant « pique » dans l'échelle des longueurs en plusieurs endroits afin d'illustrer la détermination expérimentale d'une longueur d'un ordre de grandeur déterminé. Le défi proposé peut être formulé ainsi :

- comment peut-on arriver à l'ordre de grandeur de la taille d'une molécule ?
- comment peut-on mesurer des longueurs dont l'ordre de grandeur est l'épaisseur d'un cheveu ?
- comment évaluer la distance de l'endroit où l'on se trouve au bâtiment d'en face ?
- comment peut-on mesurer des longueurs dont l'ordre de grandeur est le rayon de la Terre ?

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment déterminer l'ordre de grandeur de la taille d'une module ? <i>Expérience de Franklin</i></p> <p>Comment déterminer l'ordre de grandeur de l'épaisseur d'un cheveu ?</p> <p><i>Utilisation de la diffraction pour construire une courbe d'étalonnage et utilisation de cette courbe</i> <i>Utilisation d'un microscope ou d'une loupe</i></p> <p>Comment évaluer la distance et les dimensions d'un immeuble ? <i>Technique de la visée</i> <i>Utilisation du diamètre apparent</i></p> <p>Comment déterminer la profondeur d'un fond marin ? <i>Technique du sonar</i></p> <p>Comment mesurer le rayon de la Terre ? <i>Méthode d'Eratosthène*</i>.</p> <p>Comment mesurer la distance de la Terre à la Lune ? <i>Technique de l'écho laser</i></p> <p>Étude de documents textuels ou multimédias* donnant des informations sur les représentations du système solaire et sur les échelles de distances.</p>	<p>1.1. Présentation de l'Univers L'atome, la Terre, le système solaire, la Galaxie, les autres galaxies.</p> <p>1.2. Échelle des longueurs Échelle des distances dans l'univers de l'atome aux galaxies. Unités de longueur. Taille comparée des différents systèmes.</p> <p>1.3. L'année de lumière Propagation rectiligne de la lumière. Vitesse de la lumière dans le vide et dans l'air. Définition et intérêt de l'année de lumière.</p>	<p>Utiliser à bon escient les noms des objets remplissant l'espace aussi bien au niveau microscopique (noyau, atome, molécule, cellule, etc.) qu'au niveau cosmique (Terre, Lune, planète, étoile, galaxie). Savoir classer ces objets en fonction de leur taille. Savoir positionner ces objets les uns par rapport aux autres sur une échelle de distances. Savoir que le remplissage de l'espace par la matière est essentiellement lacunaire, aussi bien au niveau de l'atome qu'à l'échelle cosmique.</p> <p>Connaître la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide (ou dans l'air) et savoir qu'il s'agit d'une vitesse limite. Convertir en année de lumière une distance exprimée en mètres et réciproquement. Expliquer que « voir loin, c'est voir dans le passé ».</p> <p>Utiliser les puissances de 10 dans l'évaluation des ordres de grandeur, dans les calculs, et dans l'expression des données et des résultats. Repérer un angle.</p> <p><i>Mesurer une petite et une grande distance :</i> - mettre en œuvre une technique de mesure utilisée en TP - garder un nombre de chiffres significatifs en adéquation avec la précision de la mesure - exprimer le résultat avec une unité adaptée</p> <p>Compétence en cours d'acquisition : être capable d'effectuer une recherche documentaire et critique sur un cédérom ou sur internet.</p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

### Commentaires

Le travail sur cette grandeur fondamentale de la physique, la longueur, doit permettre à l'élève de faire une transition relativement aisée du collège au lycée. En effet, peu de notions nouvelles sont introduites. Ceci permet de travailler davantage en début d'année sur la méthodologie.

Ainsi, l'accent est mis sur diverses compétences liées à la *langue française*, à l'*outil mathématique* et à l'*expérimentation*. Le travail autour de l'expérience de cours ou de travaux pratiques est essentiel afin que l'élève, comme il l'a fait au collège, continue d'apprendre à observer, à décrire, à schématiser, à analyser, à rédiger, à utiliser un vocabulaire scientifique, à argumenter, etc.

Les compétences développées ici sont bien évidemment mises en jeu tout au long de l'année, mais c'est au cours de cette partie du programme que l'enseignant pourra cerner les difficultés de ses élèves et introduire, dès le début de l'année, quelques outils méthodologiques dans sa classe.

Il faut souligner que les activités expérimentales proposées pour la détermination des longueurs dans cette première partie font référence à des démarches historiques (Eratosthène, Franklin) ou à des techniques utilisées actuellement. Dans le cas de l'expérience d'Eratosthène, on remarque que la détermination du rayon de la Terre repose sur l'hypothèse de sa sphéricité qui, 250 ans avant notre ère, n'allait pas de soi et demandait à être justifiée.

L'utilisation de la diffraction ne doit pas conduire à un développement théorique. On constate qu'un obstacle de faible dimension provoque la diffraction de la lumière et on utilise ce phénomène pour déterminer des petites longueurs.

Il est bon d'avoir à l'esprit qu'à toutes les échelles, le remplissage de l'espace par la matière est lacunaire et discontinu.

Pour une meilleure compréhension des dimensions relatives du noyau et du nuage électronique de l'atome, on peut donner dans le cadre du cours de physique ou de chimie un exemple transposé à l'échelle humaine (si le cortège électronique avait la taille du Stade de France, le noyau de l'atome aurait approximativement la taille d'une tête d'épingle placée au centre). Le rapport entre la taille du Soleil et la taille du système solaire est du même ordre de grandeur.

Les connaissances à introduire concernant la structure de l'Univers doivent rester modestes.

## 2 - Messages de la lumière

### Objectifs

On montre dans cette partie que l'analyse de la lumière (direction, spectre) permet d'obtenir des renseignements sur la matière d'où elle est issue et qu'elle traverse. Cette technique est illustrée par quelques applications astrophysiques.

L'étude de la réfraction est dans un premier temps réalisée avec un filtre de couleur donnée. L'indice du milieu transparent est introduit.

Une approche historique permet d'introduire la notion de radiation monochromatique. En observant la décomposition de la lumière blanche à travers un prisme, Newton tire la conclusion que les couleurs obtenues sont présentes dans la lumière blanche, et que le prisme a pour effet de les séparer. L'indice du milieu transparent constituant le prisme n'est donc pas le même suivant la couleur de la lumière. Il montre ensuite que les couleurs du spectre ne peuvent se décomposer en de nouvelles couleurs : si l'on envoie de la lumière rouge (émise par un laser, par exemple) sur un prisme, on retrouve la même couleur rouge après la traversée du prisme. Cette couleur est appelée radiation monochromatique.

L'étude de nombreux spectres limitée au domaine du visible permet de formuler les deux lois suivantes :

- un corps chaud émet un rayonnement continu ; ce rayonnement s'enrichit vers le violet lorsque la température du corps augmente ;
- dans certaines conditions expérimentales (faible pression), un corps ne peut émettre que les radiations qu'il est capable d'absorber.

Une entité chimique est ainsi caractérisée par un spectre, qui constitue en quelque sorte la signature de cette entité.

L'analyse spectrale donne des renseignements sur la température et la composition chimique d'astres inaccessibles à l'expérimentation directe par comparaison avec les spectres d'atomes ou d'ions mesurés au laboratoire.

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment un prisme permet-il d'obtenir un spectre ?</p> <p><i>Décomposition de la lumière blanche par un prisme.</i></p> <p><i>Étude expérimentale des lois de la réfraction en lumière monochromatique, puis en lumière blanche.</i></p>	<p>2.1. Un système dispersif, le prisme</p> <p>Caractérisation d'une radiation.</p> <p>Lois de Descartes sur la réfraction pour une radiation (l'un des milieux étant l'air).</p> <p>Dispersion de la lumière blanche par un prisme.</p> <p>Variation de l'indice d'un milieu transparent selon la radiation qui le traverse ; interprétation qualitative de la dispersion de la lumière par un prisme.</p> <p>2.2. Les spectres d'émission et d'absorption.</p> <p>2.2.1. Spectres d'émission</p> <p>Spectres continus d'origine thermique.</p> <p>Spectres de raies.</p>	<p>Savoir que la longueur d'onde, qui s'exprime en mètres et sous-multiples, caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique.</p> <p>Connaître et appliquer les lois de Descartes sur la réfraction.</p> <p><i>Utiliser un prisme pour décomposer la lumière blanche.</i></p> <p><i>Étudier expérimentalement la loi de Descartes sur la réfraction :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Utiliser un dispositif permettant d'étudier les lois de la réfraction.</i></li> <li>- <i>Repérer un angle entre un rayon lumineux et une référence.</i></li> <li>- <i>Mesurer un angle.</i></li> </ul> <p>Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu qui s'enrichit vers le violet quand la température de ce corps augmente.</p>

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment le spectre d'une étoile nous renseigne-t-il sur sa température ?  <i>Réalisation du spectre continu d'une lampe à incandescence (avec prisme ou réseau) : observation de la variation de la couleur et du spectre de la lampe en fonction de sa température.</i></p>	<p>2.2.2. Spectres d'absorption            Bandes d'absorption de solutions colorées.            Raies d'absorption caractéristiques d'un atome ou d'un ion.</p>	<p>Savoir distinguer un spectre d'émission et un spectre d'absorption.            Savoir repérer, par sa longueur d'onde dans un spectre d'émission ou d'absorption, une radiation caractéristique d'une entité chimique.            Savoir qu'un atome ou un ion ne peut absorber que les radiations qu'il est capable d'émettre.  <i>Utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres d'émission et comparer ces spectres à celui de la lumière blanche.</i>  <i>Utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres d'absorption et comparer ces spectres à celui de la lumière blanche.</i></p>
<p>Comment déterminer la nature de la matière qui entoure une étoile ?  <i>Réalisation de spectres de raies de bandes : émission et absorption.</i>  <i>Étude expérimentale des couleurs de flamme.</i></p>	<p>2.3. Application à l'astrophysique</p>	<p>Savoir que l'étude des spectres permet de connaître la composition de l'enveloppe externe des étoiles.</p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

### Commentaires

La physique de cette partie n'utilise que le modèle de l'optique géométrique pour la loi de la réfraction de Descartes. Aucun modèle ne sera présenté concernant l'optique physique.

Cette partie du programme permet d'enrichir la notion d'entité chimique qui sera introduite dans le cours de chimie.

Il n'est pas utile de développer l'étude des phénomènes de réflexion et de réflexion totale pour introduire les notions indispensables à la compréhension des phénomènes.

On convient d'attacher un nombre servant de référence à cette radiation monochromatique dans l'air ou dans le vide. Ce nombre, dont on ne cherchera pas à donner la signification physique, est appelé longueur d'onde, noté  $\lambda$  et s'exprime en mètres (ou sous-multiples). Le parti pris est de pouvoir utiliser directement des documents provenant de sources variées (Internet, livres d'astrophysique, etc.) dans lesquels les radiations sont repérées par leur longueur d'onde dans le vide, et non par leur fréquence.

On peut mentionner l'existence de rayonnement invisible à l'oeil, ultraviolet ou infrarouge.

## II - L'Univers en mouvement et le temps

(4 TP, 8 heures en classe entière)

Le mouvement des planètes est interprété par l'existence des forces d'interaction gravitationnelle. Ces mouvements ont permis à l'Homme de se repérer dans le temps. Par la suite, la fabrication d'horloges, mécaniques ou électriques, ont permis un repérage beaucoup plus précis.

### 1 - Mouvements et forces

#### Objectifs

Cette partie est structurée autour de 3 notions qui s'articulent dans une progression logique :

- la *relativité* de tout mouvement : le mouvement d'un objet n'a de sens que *par rapport* à un autre objet pris comme corps de référence ;
- le *principe d'inertie* ;
- l'*utilisation heuristique* du principe d'inertie pour la mise en évidence de forces, et en particulier de la gravitation universelle.

La relativité du mouvement s'établit simplement par l'analyse de divers exemples où le mouvement d'un objet est décrit par deux observateurs en mouvement l'un par rapport à l'autre. On montre ensuite sur des exemples concrets que l'exercice d'une



force est susceptible de modifier le mouvement d'un corps, et l'on détaille les deux effets possibles : modification de la vitesse, modification de la trajectoire. Après avoir remarqué que l'absence de force ne signifie pas nécessairement absence de mouvement, on pose le principe d'inertie comme principe général.

Dans un deuxième temps, on se place dans un référentiel géocentrique pour étudier le mouvement de projectiles sur Terre (chute des corps) et le mouvement de la Lune. L'utilisation heuristique du principe d'inertie indique que, si un objet ne suit pas un mouvement rectiligne uniforme, il est soumis à une force. Cette force résulte de l'interaction gravitationnelle qui, à la surface de la Terre, s'identifie pratiquement au poids. L'enjeu de la démarche est important : un principe de physique est toujours posé comme généralisation vraisemblable de cas particuliers. Mais une fois posé, l'utilisation du principe dans des situations nouvelles permet de découvrir et d'interpréter des phénomènes, ici, l'existence de forces. On restituera cette démarche dans son contexte historique.

L'étude de l'influence de la vitesse initiale sur la trajectoire d'un objet permet de comprendre qualitativement comment l'on passe d'une trajectoire de type projectil retombant à la surface de la Terre à une trajectoire de type satellite. L'objectif est ici de comprendre l'universalité de l'interaction gravitationnelle, qui rend compte ainsi des mouvements à l'échelle cosmique comme des phénomènes de pesanteur.

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>La trajectoire d'un corps qui tombe est-elle la même pour tous les observateurs ? <i>Analyse d'un mouvement par rapport à différents corps de référence* (étude à partir d'images vidéo, chronophotographie)</i></p> <p><i>Expériences montrant l'influence d'une force sur le mouvement d'un corps (action d'un aimant sur une bille qui roule, modification de la trajectoire d'une balle lorsqu'on la touche, forces entre corps électrisés...)</i></p> <p>Peut-il y avoir mouvement sans force dans un référentiel terrestre ? <i>Étude d'exemples de la vie courante provenant de films ou de bandes dessinées illustrant le principe d'inertie</i></p> <p>Pourquoi la Lune « ne tombe-t-elle pas » sur la Terre ? <i>Influence de la vitesse initiale sur la chute d'un corps* (simulation, étude à partir d'images vidéo...)</i> <i>Observation du mouvement circulaire uniforme d'un corps soumis à une force centrale</i></p>	<p>1.1. Relativité du mouvement</p> <p>1.2. Principe d'inertie 1.2.a. Effets d'une force sur le mouvement d'un corps. Rôle de la masse du corps</p> <p>1.2.b. Énoncé du principe d'inertie pour un observateur terrestre : « tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent »</p> <p>1.3. La gravitation universelle 1.3.a. L'interaction gravitationnelle entre deux corps 1.3.b. La pesanteur résulte de l'attraction terrestre Comparaison du poids d'un même corps sur la Terre et sur la Lune.</p> <p>1.3.c. Trajectoire d'un projectile Interprétation du mouvement de la Lune (ou d'un satellite) par extrapolation du mouvement d'un projectile.</p>	<p>Décrire le mouvement d'un point dans deux référentiels différents.</p> <p>Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement et que cette modification dépend de la masse du corps.</p> <p>Énoncer le principe d'inertie. Savoir qu'il est équivalent de dire : « un corps est soumis à des forces qui se compensent » et « un corps n'est soumis à aucune force ».</p> <p>Utiliser le principe d'inertie pour interpréter en terme de force la chute des corps sur Terre. Calculer la force d'attraction gravitationnelle qui s'exerce entre deux corps à répartition sphérique de masse, et représenter cette force. Cas du poids en différents points de la surface de la Terre. Prévoir qualitativement comment est modifié le mouvement d'un projectile lorsqu'on modifie la direction du lancement ou la valeur de la vitesse initiale.</p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

### Commentaires

L'analyse de la relativité de tout mouvement fait apparaître la nécessité de préciser, à chaque fois que l'on étudie le mouvement d'un objet, le choix du corps de référence, appelé référentiel. *Mais il est inutile d'attacher un repère à ce référentiel.*

Dans la mesure où, poursuivant la démarche historique, on cherche à expliciter dans cette partie le caractère *universel* de la gravitation, deux types de corps de référence sont nécessaires :

- le référentiel terrestre qui permet l'étude de mouvements de courtes durées, réalisés sur Terre ; ce référentiel peut être assimilé à la salle de classe, par exemple ;
- le référentiel géocentrique qui permet l'étude du mouvement de la Lune autour de la Terre (ainsi que celui des satellites artificiels) ; ce référentiel est défini comme étant le globe terrestre privé de son mouvement de rotation autour de lui-même.

On affirme que le principe d'inertie est vérifié dans ces deux référentiels dans le cadre des mouvements décrits ci-dessus.

Tous les exemples de la vie courante montrés aux élèves devront présenter soit des corps de petites dimensions, soit des corps évoluant en translation.

On ne considère que le mouvement de translation de la Lune.

La notion de centre d'inertie et la possibilité de mouvements de rotation ne sont pas introduits.

L'énoncé du principe d'inertie proposé, très proche de la version historique, permet de s'affranchir de la définition d'un référentiel galiléen et de la notion de centre d'inertie.

Dans le cas de deux corps à répartition sphérique de masse, l'intensité de l'interaction gravitationnelle a pour expression  $F = G.m.m'/d^2$ , dans laquelle G est la constante de gravitation et d la distance entre les centres de ces corps. Cette force s'applique aux centres de chacun des corps.

L'introduction de la force gravitationnelle pose le problème de l'action et de la réaction, ou mieux, de l'action réciproque. L'étude détaillée de ce point sera faite en première S.

En suivant l'évolution d'un projectile dans un référentiel terrestre par projection suivant la direction de la force et suivant la direction perpendiculaire, on constate :

– que la vitesse n'est pas modifiée dans la direction perpendiculaire (ce qui est conforme au principe d'inertie) ;

– que la vitesse est modifiée dans la direction de la force.

Ce résultat peut être extrapolé au cas d'un satellite en mouvement circulaire uniforme autour de la Terre : la force d'attraction gravitationnelle, radiale, ramène continuellement vers le centre la direction de son mouvement tandis qu'elle ne modifie pas la valeur de la vitesse, puisqu'elle est toujours perpendiculaire à la direction de celle-ci. Cela peut être facilement montré sur des enregistrements vidéo. Des logiciels de simulations montrent comment le mouvement d'un projectile dans un référentiel terrestre ou celui d'un satellite dans un référentiel géocentrique dépendent de leur vitesse de lancement. On pourra observer que, sous l'effet de la seule gravité (c'est-à-dire lorsque les frottements sont négligeables), le mouvement des corps est indépendant de leur masse (chute libre, mouvement des objets dans un satellite artificiel).

L'enjeu théorique de cette constatation (identité entre la masse inerte et la masse pesante) ne peut être à l'évidence évoqué qu'en terminale S.

## 2 - Le temps

### Objectifs

L'homme a toujours recherché à se repérer dans le temps. Les phénomènes astronomiques lui ont permis un premier repérage. Puis l'élaboration de dispositifs ingénieux et performants lui a permis d'accéder à des mesures de durée de plus en plus précises.

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Sur quel principe repose la construction d'un calendrier ?</p> <p>Comment peut-on mesurer une durée ?  <i>Construction et étude d'un pendule simple*</i>  <i>Utilisation d'un oscilloscope, ou d'un ordinateur interfacé, pour la mesure d'une durée*</i>  <i>Étude d'une clepsydre</i>  <i>Production et/ou étude d'un signal d'horloge</i>            Comment une horloge fonctionne-t-elle ?  <i>Étude du signal quartz d'un réveil*</i>  <i>Étude d'une horloge avec dispositif à échappement</i>            Étude de documents textuels et multimédias sur l'histoire de la mesure du temps : cadran solaire, gnomon, clepsydre, sablier, ...</p>	<p>Utilisation d'un phénomène périodique.</p> <p>2.1. Phénomènes astronomiques : l'alternance des jours et des nuits, des phases de la Lune, des saisons permettent de régler le rythme de la vie (jour, heure, mois, année).</p> <p>2.2. Dispositifs construits par l'Homme.</p>	<p><i>Passer des années aux mois, aux jours, aux heures, aux secondes et réciproquement.</i>            Connaître les définitions de la période et de la fréquence d'un phénomène périodique.            Savoir calculer la fréquence d'un phénomène à partir de sa période et réciproquement, et exprimer ces calculs avec les unités convenables.</p> <p>Nommer et reconnaître quelques dispositifs mécaniques ou électriques permettant la mesure d'une durée : cadran solaire, clepsydre, horloge à balancier, ...</p> <p><i>Mesurer une durée :</i>            - <i>mettre en œuvre une technique de mesure utilisée en TP,</i>            - <i>garder un nombre de chiffres significatifs en adéquation avec la précision de la mesure,</i>            - <i>exprimer le résultat avec une unité adaptée.</i></p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

### Commentaires

On insiste sur le fait que la détermination d'un étalon de durée nécessite la recherche d'un phénomène périodique. L'enseignant peut s'appuyer sur des travaux de recherches documentaires effectués avec les élèves. Aborder les difficultés rencontrées par les hommes au cours de l'histoire pour inventer des dispositifs de mesure du temps peut illustrer l'aventure humaine que constitue l'élaboration des sciences et des techniques.

Concernant les exemples d'horloges, on se limite à des descriptions sommaires et variées d'horloges mécaniques, électriques ou à quartz en montrant à chaque fois la présence d'un oscillateur, sans toutefois entrer dans le détail de fonctionnement de ce dernier.

Peu de nouvelles notions sont introduites dans cette partie. Il est souhaitable de réinvestir les notions étudiées dans les parties précédentes en faisant intervenir temps, distances, mouvements et forces.

## III - L'air qui nous entoure

(3 TP, 6 heures en classe entière)

### Objectifs

Pour illustrer l'existence de plusieurs niveaux d'appréhension du monde naturel, le macroscopique et le microscopique, on étudie le comportement d'un fluide gazeux : l'air qui nous entoure.

On y apprend comment on peut modéliser le comportement de cette matière gazeuse dont la nature microscopique n'est pas aisément perceptible ; on met d'abord en évidence l'agitation moléculaire puis, comme il est impossible de connaître le mouvement précis des molécules, on introduit les grandeurs macroscopiques qui vont permettre de rendre compte de l'état d'un gaz. Les instruments de mesures qui permettent d'évaluer ces grandeurs sont introduits au cours des activités expérimentales.

La description de phénomènes physiques liés à l'état thermique d'un corps, dans l'intention de montrer le principe du repérage d'une température, permet d'introduire sans dogmatisme la notion de température absolue : c'est l'état thermique d'une quantité donnée de gaz à faible pression qui permet de définir l'échelle Kelvin. L'équation d'état du modèle du gaz parfait vient finaliser cette partie.

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Comment expliquer que deux gaz finissent toujours par se mélanger ? <i>Observation du mouvement brownien,</i></p> <p>De quels paramètres la pression d'un gaz dépend-elle ? <i>Mise en œuvre de situations expérimentales simples permettant l'identification et la mesure des grandeurs macroscopiques décrivant l'état d'un gaz : mise en évidence de l'influence des paramètres <math>V, n, T</math> sur la pression d'un gaz*.</i></p> <p>Quels phénomènes peuvent fournir des renseignements objectifs sur l'état thermique d'un corps ? <i>Mise en œuvre de situations expérimentales permettant de montrer des phénomènes physiques dépendant de l'état thermique d'un corps.</i></p>	<p>I. Du macroscopique au microscopique</p> <p>1.1 Description d'un gaz à l'échelle microscopique</p> <p>1.2 Nécessité de décrire l'état gazeux par des grandeurs physiques macroscopiques</p> <p>1.2.1 Notion de pression</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- force pressante exercée sur une surface, perpendiculairement à cette surface.</li> <li>- définition de la pression exercée sur une paroi par la relation <math>P=F/S</math>.</li> <li>- instrument de mesure de la pression : le manomètre.</li> <li>- unités de pression.</li> <li>- mise en évidence et origine de la pression dans un gaz ; interprétation microscopique.</li> </ul> <p>1.2.2. Notion d'état thermique</p> <p>De nombreux phénomènes physiques peuvent renseigner sur l'état thermique d'un corps comme la dilatation des liquides, la dilatation des gaz, la variation de la résistance électrique, l'émission de rayonnement (cf. Messages de la lumière).</p> <p>La mesure d'une température implique l'équilibre thermique de deux corps en contact.</p>	<p>Savoir que la matière est constituée de molécules en mouvement.</p> <p>Savoir que l'état d'un gaz peut être décrit par des grandeurs macroscopiques comme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sa température</li> <li>• son volume</li> <li>• la quantité de matière du gaz</li> <li>• sa pression</li> </ul> <p>Utiliser la relation <math>P=F/S</math>.</p> <p>Connaître l'unité légale de pression.</p> <p>Savoir interpréter la force pressante sur une paroi par un modèle microscopique de la matière.</p> <p>Donner quelques exemples de propriétés physiques qui dépendent de l'état thermique d'un corps.</p> <p><i>Savoir mesurer une pression et une température :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- utiliser un manomètre adapté à la mesure*</li> <li>- utiliser un thermomètre adapté à la mesure*</li> <li>- garder un nombre de chiffres significatifs en adéquation avec la précision de la mesure</li> <li>- exprimer le résultat avec une unité correcte</li> </ul>

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
<p>Utilisation de logiciels de simulation montrant l'agitation moléculaire*.  <i>Étude quantitative du comportement d'une quantité donnée de gaz à température constante* : loi de Mariotte.</i></p> <p>Comment interpréter les observations suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pourquoi un ballon de foot devient-il plus dur quand on le gonfle ?</li> <li>- pourquoi la soupape d'une cocotte-minute se met-elle à tourner ?</li> <li>- que se passe-t-il dans l'expérience du jet d'eau ? ...</li> </ul>	<p>2. Lien entre agitation thermique et température : équation d'état des gaz parfaits</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'agitation des molécules constituant un gaz à faible pression caractérise son état thermique et peut être utilisée pour définir sa température.</li> <li>- tous les gaz permettent de définir la même échelle de température, dite échelle Kelvin.</li> <li>- l'absence d'agitation thermique correspond au zéro absolu.</li> <li>- unité de température absolue : le Kelvin.</li> <li>- la température <math>\theta</math> en degré Celsius est déduite de la température absolue T.</li> </ul>	<p>Savoir que, à une pression donnée et dans un état thermique donné, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz.</p> <p>Savoir que l'équation d'état <math>PV=nRT</math> définit le modèle de comportement du gaz « parfait ».</p> <p>Savoir utiliser la relation :  <math>\theta (^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15</math>  et  <math>T(\text{K}) = \theta (^{\circ}\text{C}) + 273,15</math></p> <p>Savoir que dans les conditions habituelles de température et de pression, l'air de la salle de classe peut être assimilé à un gaz parfait. Savoir utiliser la relation  <math>PV = nRT</math></p>

\* Les activités pouvant mettre en jeu les technologies de l'information et de la communication sont repérées par un astérisque.

### Commentaires

Les logiciels de simulation sont d'une aide précieuse pour permettre aux élèves de se construire une représentation du modèle microscopique.

On peut signaler que la vitesse moyenne d'une molécule de dioxygène ou de diazote de la salle de classe est d'environ 500 m/s . Si l'enseignant souhaite faire observer le mouvement brownien (dans un gaz ou dans un liquide), l'idée que cette vitesse moyenne diminue lorsque la masse augmente peut être évoquée. En effet, les particules de poussières qui sont « géantes » et très lourdes comparées aux molécules de l'air se déplacent beaucoup moins vite. C'est ce qui permet l'observation du mouvement brownien dans le champ d'un microscope.

Dans un souci de familiarisation avec le matériel, on confronte tout d'abord l'élève à des situations expérimentales où sont mises en œuvre des mesures de volume, de température et de pression.

Le professeur choisit des situations où l'identification et, éventuellement, la mesure des grandeurs qui évoluent au cours de l'expérience peuvent se faire sans équivoque ; il s'agit de sensibiliser les élèves à l'interdépendance des quatre variables d'état.

On doit signaler que le calcul de la quantité de matière contenue dans un mélange gazeux (tel que l'air) n'est possible que si on en connaît l'exacte composition.

La description expérimentale de phénomènes physiques dépendant de l'état thermique d'un corps doit rester simple et ne déboucher sur aucun formalisme. On explique à cette occasion pourquoi les sensations thermiques humaines ne sont pas fiables pour mesurer une température.

*Il est important de faire comprendre aux élèves que l'échelle de température absolue est actuellement l'échelle de référence dont sont déduites d'autres échelles d'utilisation courante souvent bien plus commodes.*

*On signale, à l'attention du professeur, que depuis 1968, l'échelle Celsius est définie internationalement à partir de l'échelle de température absolue (ou thermodynamique) par la relation  $\theta (^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$  ; le degré Celsius est donc égal au Kelvin et les deux échelles ne diffèrent l'une de l'autre que par une simple translation. Il découle de sa « nouvelle » définition que l'échelle Celsius n'est pas a priori une échelle centésimale et, du reste, elle ne l'est pas exactement (à l'échelle d'une précision du centième de degré).*

La dernière partie, dont le contenu se résume à l'équation d'état des gaz parfaits, est entièrement enseignée à travers des activités expérimentales comme :

- des expériences quantitatives dont l'enjeu est de comparer le comportement d'un gaz du laboratoire avec le modèle du gaz dit « parfait » ;
- des « situations-problèmes » empruntées à la vie courante ou montrant des expériences de laboratoire, dont l'enjeu est l'exercice de la démarche scientifique. Les élèves doivent utiliser les outils de résolution comme le modèle du gaz parfait et l'origine de la force pressante pour parvenir à interpréter les situations observées.

