



## Annexe

# Programme de physique-chimie de seconde générale et technologique

---

## Préambule

### Objectifs de formation

Dans la continuité du collège, le programme de physique-chimie de la classe de seconde vise à faire pratiquer les méthodes et démarches de ces deux sciences en mettant particulièrement en avant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation**. L'objectif est de donner aux élèves une vision intéressante et authentique de la physique-chimie.

Le programme accorde une place importante aux **concepts** et en propose une approche concrète et **contextualisée**. Il porte l'ambition de permettre aux élèves d'accéder à une bonne compréhension des phénomènes étudiés et de leur faire percevoir la portée unificatrice et universelle des lois et concepts de la physique-chimie. La démarche de **modélisation** occupe une place centrale dans l'activité des physiciens et des chimistes pour établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences, des faits et le « monde » des modèles et des théories. Aussi, l'enseignement proposé s'attache-t-il à introduire les principaux éléments constitutifs de cette démarche, tels que : simplifier la situation initiale ; établir des relations entre grandeurs ; choisir un modèle adapté pour expliquer des faits ; effectuer des prévisions et les confronter aux faits ; recourir à une simulation pour expérimenter sur un modèle ; choisir, concevoir et mettre en œuvre un **dispositif expérimental** pour tester une loi.

Une telle approche, dans laquelle le **raisonnement** occupe une place centrale, permet de construire une image fidèle de ce que sera un enseignement de physique-chimie proposé en cycle terminal ou au-delà, dans une formation post-baccalauréat. Le programme de seconde permet ainsi à tous les élèves de formuler des choix éclairés en matière de parcours de formation en classe de première générale ou technologique et de suivre avec profit l'enseignement scientifique proposé dans le tronc commun de formation du cycle terminal de la voie générale.

### Organisation du programme

Une attention particulière est portée à la continuité avec les enseignements des quatre thèmes du collège. Ainsi, le programme de seconde est-il structuré autour de trois de ces thèmes : « Constitution et transformations de la matière », « Mouvement et interactions » et « Ondes et signaux ». Le quatrième, « L'énergie : conversions et transferts », est abordé dans le cadre de l'étude des transformations de la matière. Ces thèmes permettent de traiter de nombreuses situations de la vie quotidienne et de contribuer à un dialogue fructueux avec les autres disciplines scientifiques. Ils fournissent l'opportunité de faire émerger la cohérence d'ensemble du programme sur plusieurs plans :

- notions transversales (modèles, variations et bilans, réponse à une action, etc.) ;
- notions liées aux valeurs des grandeurs (ordres de grandeur, mesures et incertitudes, unités, etc.) ;
- dispositifs expérimentaux et numériques (capteurs, instruments de mesure, microcontrôleurs, etc.) ;
- notions mathématiques (situations de proportionnalité, grandeurs quotient, puissances de dix, fonctions, vecteurs, etc.) ;
- notions en lien avec les sciences numériques (programmation, simulation, etc.).

Dans l'écriture du programme, chaque thème comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs de formation, les domaines d'application et un rappel des notions abordées au collège. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes identifiant, d'une part, les notions et contenus à connaître, d'autre part, les capacités exigibles ainsi que les **activités expérimentales** supports de la formation. Par ailleurs, des capacités mathématiques et numériques sont mentionnées ; le langage de programmation conseillé est le langage Python. La présentation du programme n'impose pas l'ordre de sa mise en œuvre par le professeur, laquelle relève de sa liberté pédagogique.

## Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Les compétences retenues pour caractériser la démarche scientifique visent à structurer la formation et l'évaluation des élèves. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences seront mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence, l'ensemble n'ayant pas vocation à constituer un cadre rigide.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncer une problématique.</li> <li>- Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.</li> <li>- Représenter la situation par un schéma.</li> </ul>
<b>Analyser/ Raisonnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler des hypothèses.</li> <li>- Proposer une stratégie de résolution.</li> <li>- Planifier des tâches.</li> <li>- Évaluer des ordres de grandeur.</li> <li>- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.</li> <li>- Choisir, élaborer, justifier un protocole.</li> <li>- Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.</li> <li>- Procéder à des analogies.</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.</li> <li>- Utiliser un modèle.</li> <li>- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.).</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.</li> <li>- Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.</li> <li>- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.</li> <li>- Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ;</li> <li>- utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>- échanger entre pairs.</li> </ul>

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de **l'autonomie et de l'initiative** requises dans les activités proposées aux élèves sur les notions et capacités exigibles du programme. La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves la finalité et le fonctionnement de la physique-chimie, des questions civiques mettant en jeu la responsabilité individuelle et collective, la **sécurité** pour soi et pour autrui, l'éducation à **l'environnement** et au **développement durable**.

## Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

- privilégier la mise en activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- permettre et encadrer l'expression des conceptions initiales ;
- valoriser **l'approche expérimentale** ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des **synthèses** pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire et les appliquer dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements notamment les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre et l'enseignement « Sciences numériques et technologie » ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe, dans et hors la classe.

Dès qu'elle est possible, une mise en perspective des savoirs avec **l'histoire des sciences** et **l'actualité scientifique** est fortement recommandée.

## Mesure et incertitudes

En classe de seconde, l'objectif principal est de sensibiliser l'élève, à partir d'exemples simples et démonstratifs, à la variabilité des valeurs obtenues dans le cadre d'une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique. L'incertitude-type fournit alors une estimation de l'étendue des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à la grandeur physique.

Les activités expérimentales proposées visent aussi à sensibiliser l'élève à l'influence de l'instrument de mesure et du protocole choisi sur la valeur de l'incertitude-type.

Lorsque cela est pertinent, la valeur mesurée sera comparée avec une valeur de référence afin de conclure qualitativement à la compatibilité ou à la non-compatibilité entre ces deux valeurs.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.	Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole. Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes. <b>Capacité numérique</b> : Représenter l'histogramme associé à une série de mesures à l'aide d'un tableur.
Incertitude-type.	Expliquer qualitativement la signification d'une incertitude-type et l'évaluer par une approche statistique.
Écriture du résultat. Valeur de référence.	Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure. Comparer qualitativement un résultat à une valeur de référence.

## Contenus disciplinaires

### Constitution et transformations de la matière

#### 1. Constitution de la matière de l'échelle macroscopique à l'échelle microscopique

L'objectif de cette partie est d'aborder les deux échelles de description de la matière qui vont rendre compte de ses propriétés physiques et chimiques. Les concepts d'espèce et d'entité chimique introduits au collège sont ainsi enrichis.

L'espèce chimique est au centre de la description macroscopique de la matière et permet de définir et de caractériser les corps purs et les mélanges, dont les solutions aqueuses. Une approche quantitative est abordée avec la notion de composition d'un mélange et de concentration en masse (essentiellement exprimée en  $\text{g.L}^{-1}$ ) d'un soluté dans une solution aqueuse.

Au niveau atomique, la description des entités chimiques est complétée par les ordres de grandeur de taille et de masse de l'atome et du noyau et par le modèle du cortège électronique pour les trois premières lignes de la classification périodique. La stabilité des gaz nobles, associée à leur configuration électronique, permet de rendre compte de l'existence d'ions monoatomiques et de molécules. En seconde, les schémas de Lewis sont fournis et interprétés. Le changement d'échelle entre les niveaux macroscopique et microscopique conduit à une première approche de la quantité de matière (en moles) dans un échantillon de matière en utilisant la définition de la mole, une mole contenant exactement  $6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$  entités élémentaires.

Une place essentielle est accordée à la modélisation, que ce soit au niveau macroscopique ou au niveau microscopique, à partir de systèmes réels choisis dans les domaines de l'alimentation, de l'environnement, de la santé, des matériaux, etc.

#### Notions étudiées au collège (cycle 4)

Échelle macroscopique : espèce chimique, corps purs, mélanges, composition de l'air, masse volumique, propriétés des changements d'état, solutions : solubilité, miscibilité.

Échelle microscopique : molécules, atomes et ions, constituants de l'atome (noyau et électrons) et du noyau (neutrons et protons), formule chimique d'une molécule, formules  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ .

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
A) Description et caractérisation de la matière à l'échelle macroscopique	
<p><b>Corps purs et mélanges au quotidien.</b></p> <p>Espèce chimique, corps pur, mélanges d'espèces chimiques, mélanges homogènes et hétérogènes.</p> <p>Identification d'espèces chimiques dans un échantillon de matière par des mesures physiques ou des tests chimiques.</p>	<p>Citer des exemples courants de corps purs et de mélanges homogènes et hétérogènes.</p> <p>Identifier, à partir de valeurs de référence, une espèce chimique par ses températures de changement d'état, sa masse volumique ou par des tests chimiques.</p> <p>Citer des tests chimiques courants de présence d'eau, de dihydrogène, de dioxygène, de dioxyde de carbone.</p>

<p>Composition massique d'un mélange. Composition volumique de l'air.</p>	<p>Citer la valeur de la masse volumique de l'eau liquide et la comparer à celles d'autres corps purs et mélanges. Distinguer un mélange d'un corps pur à partir de données expérimentales. <i>Mesurer une température de changement d'état, déterminer la masse volumique d'un échantillon, réaliser une chromatographie sur couche mince, mettre en œuvre des tests chimiques, pour identifier une espèce chimique et, le cas échéant, qualifier l'échantillon de mélange.</i></p> <p>Citer la composition approchée de l'air et l'ordre de grandeur de la valeur de sa masse volumique. Établir la composition d'un échantillon à partir de données expérimentales. <i>Mesurer des volumes et des masses pour estimer la composition de mélanges.</i></p> <p><b>Capacité mathématique</b> : utiliser les pourcentages et les fractions.</p>
<p><b>Les solutions aqueuses, un exemple de mélange.</b> Solvant, soluté. Concentration en masse, concentration maximale d'un soluté.</p> <p>Dosage par étalonnage.</p>	<p>Identifier le soluté et le solvant à partir de la composition ou du mode opératoire de préparation d'une solution. Distinguer la masse volumique d'un échantillon et la concentration en masse d'un soluté au sein d'une solution. Déterminer la valeur de la concentration en masse d'un soluté à partir du mode opératoire de préparation d'une solution par dissolution ou par dilution. <i>Mesurer des masses pour étudier la variabilité du volume mesuré par une pièce de verrerie ; choisir et utiliser la verrerie adaptée pour préparer une solution par dissolution ou par dilution.</i></p> <p>Déterminer la valeur d'une concentration en masse et d'une concentration maximale à partir de résultats expérimentaux. <i>Déterminer la valeur d'une concentration en masse à l'aide d'une gamme d'étalonnage (échelle de teinte ou mesure de masse volumique).</i></p> <p><b>Capacité mathématique</b> : utiliser une grandeur quotient pour déterminer le numérateur ou le dénominateur.</p>
<p><b>B) Modélisation de la matière à l'échelle microscopique</b></p>	
<p><b>Du macroscopique au microscopique, de l'espèce chimique à l'entité.</b> Espèces moléculaires, espèces ioniques, électroneutralité de la matière au niveau macroscopique.</p>	<p>Définir une espèce chimique comme une collection d'un nombre très élevé d'entités identiques. Exploiter l'électroneutralité de la matière pour associer des espèces ioniques et citer des formules de composés ioniques.</p>

<p>Entités chimiques : molécules, atomes, ions.</p>	<p>Utiliser le terme adapté parmi <i>molécule</i>, <i>atome</i>, <i>anion</i> et <i>cation</i> pour qualifier une entité chimique à partir d'une formule chimique donnée.</p>
<p><b>Le noyau de l'atome, siège de sa masse et de son identité.</b>          Numéro atomique, nombre de masse, écriture conventionnelle : <math>{}^A_ZX</math> ou <math>{}^AX</math>.          Élément chimique.          Masse et charge électrique d'un électron, d'un proton et d'un neutron, charge électrique élémentaire, neutralité de l'atome.</p>	<p>Citer l'ordre de grandeur de la valeur de la taille d'un atome.          Comparer la taille et la masse d'un atome et de son noyau.          Établir l'écriture conventionnelle d'un noyau à partir de sa composition et inversement.  <b>Capacités mathématiques</b> : effectuer le quotient de deux grandeurs pour les comparer. Utiliser les opérations sur les puissances de 10. Exprimer les valeurs des grandeurs en écriture scientifique.</p>
<p><b>Le cortège électronique de l'atome définit ses propriétés chimiques.</b>          Configuration électronique (1s, 2s, 2p, 3s, 3p) d'un atome à l'état fondamental et position dans le tableau périodique (blocs s et p).          Électrons de valence.          Familles chimiques.</p>	<p>Déterminer la position de l'élément dans le tableau périodique à partir de la donnée de la configuration électronique de l'atome à l'état fondamental.          Déterminer les électrons de valence d'un atome (<math>Z \leq 18</math>) à partir de sa configuration électronique à l'état fondamental ou de sa position dans le tableau périodique.          Associer la notion de famille chimique à l'existence de propriétés communes et identifier la famille des gaz nobles.</p>
<p><b>Vers des entités plus stables chimiquement.</b>          Stabilité chimique des gaz nobles et configurations électroniques associées.          Ions monoatomiques.          Molécules.          Modèle de Lewis de la liaison de valence, schéma de Lewis, doublets liants et non-liants.          Approche de l'énergie de liaison.</p>	<p>Établir le lien entre stabilité chimique et configuration électronique de valence d'un gaz noble.          Déterminer la charge électrique d'ions monoatomiques courants à partir du tableau périodique.          Nommer les ions : <math>H^+</math>, <math>Na^+</math>, <math>K^+</math>, <math>Ca^{2+}</math>, <math>Mg^{2+}</math>, <math>Cl^-</math>, <math>F^-</math> ; écrire leur formule à partir de leur nom.          Décrire et exploiter le schéma de Lewis d'une molécule pour justifier la stabilisation de cette entité, en référence aux gaz nobles, par rapport aux atomes isolés (<math>Z \leq 18</math>).          Associer qualitativement l'énergie d'une liaison entre deux atomes à l'énergie nécessaire pour rompre cette liaison.</p>
<p><b>Compter les entités dans un échantillon de matière.</b>          Nombre d'entités dans un échantillon.          Définition de la mole.          Quantité de matière dans un échantillon.</p>	<p>Déterminer la masse d'une entité à partir de sa formule brute et de la masse des atomes qui la composent.          Déterminer le nombre d'entités et la quantité de matière (en mol) d'une espèce dans une masse d'échantillon.</p>

## 2. Modélisation des transformations de la matière et transfert d'énergie

L'objectif de cette partie est d'identifier et de distinguer les trois types de transformation de la matière, de les modéliser par des réactions et d'écrire les équations ajustées en utilisant les lois de conservation appropriées. Une première approche des énergies mises en jeu lors de ces trois types de transformations permet de montrer que l'énergie transférée lors d'une transformation dépend des quantités de matière des espèces mises en jeu.

L'étude des transformations chimiques, entamée au collège, est complétée par les notions de stœchiométrie, d'espèce spectatrice et de réactif limitant. L'analyse de l'évolution d'un système pour modéliser sa transformation chimique par une réaction illustre une démarche de modélisation au niveau macroscopique. Elle nécessite de mettre en place une démarche expérimentale rigoureuse pour passer :

- d'une description des modifications visibles ;
- aux espèces chimiques, présentes dans l'état initial et qui ont réagi ;
- à celles, présentes dans l'état final et qui ont été formées ;
- et enfin, à l'écriture d'une réaction rendant compte au mieux des changements observés au niveau macroscopique.

Pour que les transformations soient plus concrètes, des exemples provenant de la vie quotidienne sont proposés : combustions, corrosions, détartrage, synthèses d'arôme ou de parfum, etc.

### Notions abordées au collège (cycle 4)

Transformations physiques : changement d'état, conservation de la masse, variation du volume, température de changement d'état.

Transformations chimiques : conservation de la masse, redistribution d'atomes, notion d'équation chimique, réactions entre espèces acides et basiques en solution, réactions d'une espèce acide sur un métal, mesure de pH.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>A) Transformation physique</b>	
Écriture symbolique d'un changement d'état. Modélisation microscopique d'un changement d'état. Transformations physiques endothermiques et exothermiques. Énergie de changement d'état et applications.	Citer des exemples de changements d'état physique de la vie courante et dans l'environnement. Établir l'écriture d'une équation pour un changement d'état. Distinguer fusion et dissolution. Identifier le sens du transfert thermique lors d'un changement d'état et le relier au terme exothermique ou endothermique. Exploiter la relation entre l'énergie transférée lors d'un changement d'état et l'énergie massique de changement d'état de l'espèce. <i>Relier l'énergie échangée à la masse de l'espèce qui change d'état.</i>

B) Transformation chimique	
<p>Modélisation macroscopique d'une transformation par une réaction chimique.</p> <p>Écriture symbolique d'une réaction chimique.</p> <p>Notion d'espèce spectatrice.</p> <p>Stœchiométrie, réactif limitant.</p> <p>Transformations chimiques endothermiques et exothermiques.</p>	<p>Modéliser, à partir de données expérimentales, une transformation par une réaction, établir l'équation de réaction associée et l'ajuster.</p> <p>Identifier le réactif limitant à partir des quantités de matière des réactifs et de l'équation de réaction.</p> <p><i>Déterminer le réactif limitant lors d'une transformation chimique totale, à partir de l'identification des espèces chimiques présentes dans l'état final.</i></p> <p>Modéliser, par l'écriture d'une équation de réaction, la combustion du carbone et du méthane, la corrosion d'un métal par un acide, l'action d'un acide sur le calcaire, l'action de l'acide chlorhydrique sur l'hydroxyde de sodium en solution.</p> <p><i>Suivre l'évolution d'une température pour déterminer le caractère endothermique ou exothermique d'une transformation chimique et étudier l'influence de la masse du réactif limitant.</i></p> <p><b>Capacité mathématique</b> : utiliser la proportionnalité.</p>
<p>Synthèse d'une espèce chimique présente dans la nature.</p>	<p>Établir, à partir de données expérimentales, qu'une espèce chimique synthétisée au laboratoire peut être identique à une espèce chimique synthétisée dans la nature.</p> <p>Réaliser le schéma légendé d'un montage à reflux et d'une chromatographie sur couche mince.</p> <p><i>Mettre en œuvre un montage à reflux pour synthétiser une espèce chimique présente dans la nature.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre une chromatographie sur couche mince pour comparer une espèce synthétisée et une espèce extraite de la nature.</i></p>
C) Transformation nucléaire	
<p>Isotopes.</p> <p>Écriture symbolique d'une réaction nucléaire.</p> <p>Aspects énergétiques des transformations nucléaires : Soleil, centrales nucléaires.</p>	<p>Identifier des isotopes.</p> <p>Relier l'énergie convertie dans le Soleil et dans une centrale nucléaire à des réactions nucléaires.</p> <p>Identifier la nature physique, chimique ou nucléaire d'une transformation à partir de sa description ou d'une écriture symbolique modélisant la transformation.</p>

## Mouvement et interactions

La mécanique est un domaine très riche du point de vue de l'observation et de l'expérience, mais aussi du point de vue conceptuel et méthodologique. Elle permet d'illustrer de façon pertinente la démarche de modélisation. Deux caractéristiques inhérentes à l'apprentissage de la mécanique méritent d'être soulignées :

- d'une part l'omniprésence des situations de mouvement qui a permis d'ancrer chez les élèves des raisonnements spontanés, souvent opératoires mais erronés et donc à déconstruire ;
- d'autre part la nécessaire maîtrise de savoirs et savoir-faire d'ordre mathématique qui conditionne l'accès aux finalités et concepts propres à la mécanique.

Ce thème prépare la mise en place du principe fondamental de la dynamique ; il s'agit en effet de construire un lien précis entre force appliquée et variation de la vitesse. Si la rédaction du programme est volontairement centrée sur les notions et méthodes, les contextes d'étude ou d'application sont nombreux et variés : transports, aéronautique, exploration spatiale, biophysique, sport, géophysique, planétologie, astrophysique ou encore histoire des sciences.

Lors des activités expérimentales, il est possible d'utiliser les outils courants de captation et de traitement d'images mais également les capteurs présents dans les smartphones. L'activité de simulation peut également être mise à profit pour étudier un système en mouvement, ce qui fournit l'occasion de développer des capacités de programmation.

Au-delà des finalités propres à la mécanique, ce domaine permet d'aborder l'évolution temporelle des systèmes, quels qu'ils soient. Ainsi, la mise en place des bilans est-elle un objectif important d'une formation pour et par la physique-chimie, en ce qu'elle construit des compétences directement réutilisables dans d'autres disciplines (économie, écologie, etc.).

### Notions abordées au collège (cycle 4)

Vitesse (direction, sens, valeur), mouvements uniformes, rectilignes, circulaires, relativité des mouvements, interactions, forces, expression scalaire de la loi de gravitation universelle, force de pesanteur.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>1. Décrire un mouvement</b>	
Système. Échelles caractéristiques d'un système. Référentiel et relativité du mouvement.  Description du mouvement d'un système par celui d'un point. Position. Trajectoire d'un point.	Identifier les échelles temporelles et spatiales pertinentes de description d'un mouvement. Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système. Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système.  Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point et caractériser cette modélisation en termes de perte d'informations. Caractériser différentes trajectoires. <b>Capacité numérique</b> : représenter les positions successives d'un système modélisé par un point lors d'une évolution unidimensionnelle ou bidimensionnelle à l'aide d'un langage de programmation.

<p>Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point. Vecteur vitesse d'un point. Mouvement rectiligne.</p>	<p>Définir le vecteur vitesse moyenne d'un point. Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement <math>\overrightarrow{MM'}</math>, où M et M' sont les positions successives à des instants voisins séparés de <math>\Delta t</math> ; le représenter. Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme. <i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesse ; décrire la variation du vecteur vitesse.</i> <b>Capacité numérique</b> : représenter des vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation. <b>Capacités mathématiques</b> : représenter des vecteurs. Utiliser des grandeurs algébriques.</p>
<p><b>2. Modéliser une action sur un système</b></p>	
<p>Modélisation d'une action par une force.  Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton).  Caractéristiques d'une force. Exemples de forces : - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.</p>	<p>Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens.  Exploiter le principe des actions réciproques.  Distinguer actions à distance et actions de contact. Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues <i>a priori</i>. Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle. Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète. Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.</p>
<p><b>3. Principe d'inertie</b></p>	
<p>Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.</p>	<p>Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces.  Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).</p>

## Ondes et signaux

### 1. Émission et perception d'un son

La partie « Acoustique » vise à consolider les connaissances de collège : des schémas explicatifs de l'émission, de la propagation et de la réception sont maintenant proposés. L'étude de la perception d'un son est l'occasion d'initier les élèves à la lecture d'une échelle non linéaire et de les sensibiliser aux dangers liés à l'exposition sonore.

Les domaines d'application sont multiples : musique, médecine, sonar, audiométrie, design sonore, etc. Les outils d'investigation tels que capteurs (éventuellement ceux d'un smartphone), microcontrôleurs, logiciels d'analyse ou de simulation d'un signal sonore, sont également très variés et permettent d'illustrer le caractère opérationnel de la physique-chimie.

#### Notions abordées au collège (cycle 4)

Vitesse de propagation. Notion de fréquence : sons audibles, infrasons et ultrasons.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Émission et propagation d'un signal sonore.	<p>Décrire le principe de l'émission d'un signal sonore par la mise en vibration d'un objet et l'intérêt de la présence d'une caisse de résonance.</p> <p>Expliquer le rôle joué par le milieu matériel dans le phénomène de propagation d'un signal sonore.</p>
Vitesse de propagation d'un signal sonore.	<p>Citer une valeur approchée de la vitesse de propagation d'un signal sonore dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.</p> <p><i>Mesurer la vitesse d'un signal sonore.</i></p>
Signal sonore périodique, fréquence et période. Relation entre période et fréquence.	<p>Définir et déterminer la période et la fréquence d'un signal sonore notamment à partir de sa représentation temporelle.</p> <p><i>Utiliser une chaîne de mesure pour obtenir des informations sur les vibrations d'un objet émettant un signal sonore.</i></p> <p><i>Mesurer la période d'un signal sonore périodique.</i></p> <p><i>Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.</i></p> <p><b>Capacités mathématiques</b> : identifier une fonction périodique et déterminer sa période.</p>
Perception du son : lien entre fréquence et hauteur ; lien entre forme du signal et timbre ; lien qualitatif entre amplitude, intensité sonore et niveau d'intensité sonore. Échelle de niveaux d'intensité sonore.	<p>Citer les domaines de fréquences des sons audibles, des infrasons et des ultrasons.</p> <p>Relier qualitativement la fréquence à la hauteur d'un son audible.</p> <p>Relier qualitativement intensité sonore et niveau d'intensité sonore.</p> <p>Exploiter une échelle de niveau d'intensité sonore et citer les dangers inhérents à l'exposition sonore.</p> <p><i>Enregistrer et caractériser un son (hauteur, timbre, niveau d'intensité sonore, etc.) à l'aide d'un dispositif expérimental dédié, d'un smartphone, etc.</i></p>

## 2. Vision et image

La partie « Optique » vise à consolider le modèle du rayon lumineux, à introduire la notion de spectre et à montrer que les phénomènes de réflexion et de réfraction sont bien décrits par des relations mathématiques. Le programme propose également une première approche de la notion d'image d'un objet et de sa formation.

De nombreux domaines d'application sont concernés : vision humaine, photographie, astrophysique, imagerie scientifique, arts graphiques et du spectacle. Cette partie du programme est source de nombreuses expérimentations démonstratives et quantitatives.

### Notions abordées au collège (cycle 4)

Lumière : sources, propagation, vitesse de propagation. Modèle du rayon lumineux.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p>Propagation rectiligne de la lumière.</p> <p>Vitesse de propagation de la lumière dans le vide ou dans l'air.</p> <p>Lumière blanche, lumière colorée. Spectres d'émission : spectres continus d'origine thermique, spectres de raies.</p> <p>Longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.</p> <p>Lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction. Indice optique d'un milieu matériel.</p> <p>Dispersion de la lumière blanche par un prisme ou un réseau.</p> <p>Lentilles, modèle de la lentille mince convergente : foyers, distance focale.</p> <p>Image réelle d'un objet réel à travers une lentille mince convergente.</p> <p>Grandissement.</p> <p>L'œil, modèle de l'œil réduit.</p>	<p>Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.</p> <p>Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.</p> <p>Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.</p> <p>Exploiter un spectre de raies.</p> <p>Exploiter les lois de Snell-Descartes pour la réflexion et la réfraction.</p> <p><i>Tester les lois de Snell-Descartes à partir d'une série de mesures et déterminer l'indice de réfraction d'un milieu.</i></p> <p>Décrire et expliquer qualitativement le phénomène de dispersion de la lumière par un prisme.</p> <p><i>Produire et exploiter des spectres d'émission obtenus à l'aide d'un système dispersif et d'un analyseur de spectre.</i></p> <p>Caractériser les foyers d'une lentille mince convergente à l'aide du modèle du rayon lumineux.</p> <p>Utiliser le modèle du rayon lumineux pour déterminer graphiquement la position, la taille et le sens de l'image réelle d'un objet plan réel donnée par une lentille mince convergente.</p> <p>Définir et déterminer géométriquement un grandissement.</p> <p>Modéliser l'œil.</p> <p><i>Produire et caractériser l'image réelle d'un objet plan réel formée par une lentille mince convergente.</i></p> <p><b>Capacité mathématique</b> : utiliser le théorème de Thalès.</p>

### 3. Signaux et capteurs

Les signaux électriques sont très présents dans la vie quotidienne. L'électricité est un domaine riche tant sur le plan conceptuel qu'expérimental, mais délicat à appréhender par les élèves car les grandeurs électriques ne sont pas directement "perceptibles". Aussi doit-on particulièrement veiller à préciser leur signification physique et à leur donner du sens, dans la continuité des enseignements du collège. Outre les principales lois, le programme met l'accent sur l'utilisation et le comportement de dipôles couramment utilisés comme capteurs.

Les champs d'application peuvent relever des transports, de l'environnement, de la météorologie, de la santé, de la bioélectricité, etc., où de nombreux capteurs associés à des circuits électriques sont mis en œuvre pour mesurer des grandeurs physiques et chimiques. Le volet expérimental de cet enseignement fournira l'occasion de sensibiliser les élèves aux règles de sécurité et de les amener à utiliser des multimètres, des microcontrôleurs associés à des capteurs, des oscilloscopes, etc.

#### Notions abordées au collège (cycle 4)

Circuits électriques, dipôles en série, dipôles en dérivation, boucle, unicité de l'intensité dans un circuit série, loi d'additivité des tensions, loi d'additivité des intensités, loi d'Ohm, règles de sécurité, énergie et puissance électriques.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Loi des nœuds. Loi des mailles.	Exploiter la loi des mailles et la loi des nœuds dans un circuit électrique comportant au plus deux mailles. <i>Mesurer une tension et une intensité.</i>
Caractéristique tension-courant d'un dipôle. Résistance et systèmes à comportement de type ohmique. Loi d'Ohm.	Exploiter la caractéristique d'un dipôle électrique : point de fonctionnement, modélisation par une relation $U = f(I)$ ou $I = g(U)$ . Utiliser la loi d'Ohm. <i>Représenter et exploiter la caractéristique d'un dipôle.</i> <b>Capacités numériques</b> : représenter un nuage de points associé à la caractéristique d'un dipôle et modéliser la caractéristique de ce dipôle à l'aide d'un langage de programmation. <b>Capacité mathématique</b> : identifier une situation de proportionnalité.
Capteurs électriques.	Citer des exemples de capteurs présents dans les objets de la vie quotidienne. <i>Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif. Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, pression, intensité lumineuse, etc.).</i> <i>Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.</i>

Annexe

## **Programme d'enseignement optionnel de sciences et laboratoire de seconde générale et technologique**

---

Sommaire

### **Préambule**

Objectifs de l'enseignement

Repères pour l'enseignement

Thèmes

Évaluation

### **Thèmes proposés**

Atmosphère terrestre

Utilisations des ressources de la nature

Mélanges et formulation

Prévention des risques

Investigation policière

Arts

Systèmes automatisés

## Préambule

### Objectifs de l'enseignement

Les sciences expérimentales permettent aux laboratoires, à des institutions et à des entreprises de trouver des réponses aux questions scientifiques qui se posent dans une société moderne. Elles font percevoir aux élèves différents grands enjeux et leur donnent les moyens de les aborder de façon objective. Développer, dès le lycée, les aptitudes à analyser des situations complexes et les conséquences de choix de société impliquant les sciences constitue aujourd'hui une priorité de formation. Cela conduit à se poser des questions de sciences, à imaginer des réponses réalistes, à prendre des initiatives pour passer des idées aux réalisations concrètes et à contrôler que les résultats obtenus répondent bien aux questions posées.

L'enseignement optionnel sciences et laboratoire porte cette exigence à travers une pratique soutenue d'une démarche scientifique dans le cadre d'activités de laboratoire. Il vise à susciter chez l'élève le goût de la recherche, à développer son esprit critique, son esprit d'innovation et, dans le cadre d'un travail collaboratif, à lui faire découvrir ses capacités à construire un projet qui répond à une problématique en insistant particulièrement sur l'observation et la mesure. Cela passe par le choix et la maîtrise des instruments et des techniques de laboratoire, puis par l'exploitation des résultats. La pratique expérimentale est privilégiée dans cet enseignement ; elle favorise la formation de l'esprit scientifique si elle est guidée par un objectif précis et si la réponse est analysée avec un regard critique.

Des rencontres avec des scientifiques (chercheurs, techniciens, ingénieurs), des visites de laboratoires ou d'entreprises et des partenariats complètent utilement cet enseignement. Ils donnent aux élèves la possibilité de découvrir des métiers et des formations dans le champ des sciences et les aident à construire leur projet de poursuite d'études en leur faisant mieux connaître la nature des enseignements scientifiques et technologiques.

Dans la continuité de l'enseignement des sciences au collège et en cohérence avec les programmes du lycée, cet enseignement fait appel, en les renforçant, aux compétences des différents domaines du socle commun de connaissances, de compétences et de culture et à celles travaillées au collège, notamment en physique-chimie ; il s'appuie aussi sur les compétences de la démarche scientifique telles qu'elles sont définies dans le programme de physique-chimie de seconde générale et technologique.

### Repères pour l'enseignement

Cet enseignement optionnel propose des thèmes stimulants et innovants et favorise la dynamique de projet. Cette démarche permet notamment le développement progressif de l'autonomie et l'expression de l'imagination et de la créativité. L'utilisation de capteurs et de microcontrôleurs, l'exploitation des outils numériques comme le tableur-grapheur, l'acquisition et le traitement de données, la simulation et le codage sont privilégiés.

La démarche de projet passe dans un premier temps par l'identification d'une problématique précise dont la résolution constitue pour les élèves un objectif à atteindre. Dans ce cadre, les élèves sont conduits :

- à réinvestir des connaissances et savoir-faire acquis mais aussi à en identifier et acquérir de nouveaux ;
- à identifier et mettre en œuvre l'ensemble des tâches à accomplir dans lesquelles tous les élèves peuvent s'impliquer et jouer un rôle actif au sein d'une équipe ;
- à communiquer sur leurs travaux.

Cet enseignement contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

Cette forme d'apprentissage renforce les compétences liées à la démarche scientifique et celles liées au travail en équipe.

## Thèmes

Le professeur choisit deux ou trois thèmes parmi ceux proposés dans le programme afin d'explorer des domaines variés. Pour des raisons locales (partenariats, spécificités de l'établissement), il est possible de choisir un thème libre à condition que celui-ci vise les objectifs de l'enseignement précisés plus haut. Des pistes d'exploration sont proposées pour chacun des thèmes du programme.

Les connaissances et capacités mobilisées s'appuient sur celles acquises au collège et dans les enseignements communs de la classe de seconde. Au besoin, des connaissances peuvent être introduites dans le cadre de cet enseignement optionnel, mais elles ne seront pas exigibles pour une orientation en classe de première, quelle que soit la voie ou la série envisagée par l'élève.

## Évaluation

L'élève doit prendre conscience de ses aptitudes à résoudre des problèmes en évoluant dans un contexte expérimental grâce à une évaluation qui soutient ses apprentissages et l'aide à préciser son projet d'orientation. Cette évaluation prend appui sur le tableau des compétences de la démarche scientifique telles qu'elles sont identifiées dans le programme de physique-chimie de seconde générale et technologique. Le professeur fournit par ailleurs aux élèves les éléments nécessaires pour qu'ils puissent apprécier leur progression.

## Thèmes proposés

### Atmosphère terrestre

<b>Air</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Qualité de l'air, pollution.</li><li>- Mirages.</li></ul>
<b>Rayonnement solaire</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Arcs-en-ciel, halos.</li><li>- Effet de serre.</li><li>- Protection solaire.</li></ul>
<b>Météorologie</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Phénomènes atmosphériques, pluie, neige, cyclones.</li><li>- Prévisions météorologiques.</li></ul>
<b>Couplage atmosphère / géosphère</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Cycle de l'eau.</li><li>- Échanges gazeux océan / atmosphère.</li><li>- Échanges énergétiques océan / atmosphère.</li></ul>

## Utilisations des ressources de la nature

<b>Eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualité de l'eau, traitements de l'eau.</li> <li>- Désalinisation.</li> </ul>
<b>Ressources énergétiques renouvelables</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énergie solaire, photopiles, four et chauffe-eau solaires.</li> <li>- Énergie éolienne et hydraulique.</li> <li>- Biomasse.</li> </ul>
<b>Agro-ressources, production et utilisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extraction de substances naturelles.</li> <li>- Sucres, huiles, protéines végétales.</li> <li>- Principes actifs, héli-synthèse, médicaments.</li> <li>- Parfums et huiles essentielles.</li> <li>- Produits phytosanitaires, colorants.</li> <li>- Agro-carburants, biopolymères.</li> </ul>

## Mélanges et formulation

<b>Parfums et cosmétiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dissolvants.</li> <li>- Textures.</li> <li>- Émulsions et poudres.</li> <li>- Huiles essentielles.</li> <li>- Chromatographie.</li> </ul>
<b>Médicaments</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Principe actif, excipient.</li> <li>- Encapsulation.</li> <li>- Nanoparticules.</li> </ul>
<b>Additifs alimentaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Édulcorants.</li> <li>- Conservateurs et antioxydants.</li> <li>- Colorants.</li> <li>- Arômes.</li> <li>- Acidifiants.</li> </ul>

## Prévention des risques

<b>Déchets domestiques et industriels</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tri, techniques de séparation.</li> <li>- Traitement des effluents.</li> <li>- Stockage.</li> </ul>
<b>Prévention du risque chimique et biologique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Techniques d'asepsie.</li> <li>- Filtres, charbon actif, dépoussiéreur.</li> <li>- Produits domestiques et risques.</li> </ul>
<b>Chimie et environnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composés organiques volatils.</li> <li>- Solvants verts.</li> <li>- Biomolécules.</li> </ul>
<b>Sécurité et ondes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Radiographie.</li> <li>- Radioactivité.</li> <li>- Acoustique, niveau sonore.</li> <li>- Téléphone mobile.</li> </ul>

## Investigation policière

<b>Prévention et contrôle</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Photodétection.</li> <li>- Alarmes.</li> <li>- Contrôleurs d'accès.</li> <li>- Matériaux de protection.</li> </ul>
<b>Étude d'indices</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identification de substances.</li> <li>- Micro-analyse.</li> <li>- Balistique.</li> </ul>
<b>Identification</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaissance vocale.</li> <li>- Identification humaine.</li> <li>- Traitement des images.</li> </ul>

## Arts

<b>Arts visuels</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matériaux, pigments, colorants.</li> <li>- Datation, dégradation, restauration.</li> <li>- Synthèse des couleurs et techniques picturales.</li> </ul>
<b>Musique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instruments de musique, voix.</li> <li>- Acoustique active, réverbération.</li> <li>- Enregistrements sonores (encodage, échantillonnage).</li> <li>- Analyse et traitement des sons.</li> </ul>
<b>Photographie et cinéma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Image fixe, image animée.</li> <li>- Image en noir et blanc, image en couleur.</li> <li>- Développement argentique, tirages monochromes.</li> <li>- Traitement des images numériques, images de synthèse.</li> </ul>

## Systèmes automatisés

<b>Transports</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aides à la conduite : capteurs, microcontrôleurs, régulation.</li> <li>- Véhicule autonome, pilotage automatique.</li> <li>- Trafic et régulation de trafic.</li> </ul>
<b>Habitat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitat passif, habitat bioclimatique, habitat actif.</li> <li>- Éclairage.</li> <li>- Systèmes automatisés domestiques, domotique.</li> <li>- Systèmes de prévention et de surveillance.</li> <li>- Robots d'assistance à la vie quotidienne.</li> </ul>

## Annexe

# Programme d'enseignement scientifique de première générale

---

## PRÉAMBULE

L'ensemble des disciplines scientifiques concourt à la compréhension du monde, de son organisation, de son fonctionnement et des lois qui le régissent. Elles permettent aussi de maîtriser les outils et technologies proprement humains. L'histoire des sciences raconte une aventure de l'esprit humain, lancé dans une exploration du monde (la science pour savoir) et dans une action sur le monde (la science pour faire).

Le développement des sciences et des technologies a profondément modifié les conditions de vie des êtres humains et les sociétés dans lesquelles ils vivent. Cela s'est traduit par d'importants progrès, dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de la communication, des transports, etc. Grâce à ses inventions, l'être humain a désormais les moyens d'agir sur son environnement immédiat. Par son impact, l'espèce humaine modifie également les équilibres à l'échelle globale de la planète. La présence humaine modifie le climat ; ses déchets s'accumulent et son utilisation des ressources naturelles est massive. Si l'espèce humaine n'est pas la première forme de vie à transformer la planète, c'est sans aucun doute la première qui s'en préoccupe.

Grâce, notamment, à l'approche scientifique, l'être humain dispose des outils intellectuels nécessaires pour devenir un acteur conscient et responsable de la relation au monde et de la transformation des sociétés. L'approche scientifique nourrit le jugement critique et rencontre des préoccupations d'ordre éthique. Ainsi, c'est de façon rationnellement éclairée que chacun doit être en mesure de participer à la prise de décisions, individuelles et collectives, locales ou globales.

La science construit peu à peu un corpus de connaissances grâce à des méthodes spécifiques : elle élabore un ensemble de théories, établit des lois, invente des concepts, découvre des mécanismes ; cet ensemble se perfectionne par la confrontation à des faits nouvellement connus, souvent en lien avec l'évolution des techniques. Le savoir scientifique est une construction collective qui a une histoire. Il est fondé sur le raisonnement rationnel et la recherche de causes matérielles ; il se développe parfois en réfutation des intuitions premières au-delà desquelles le scientifique doit s'aventurer.

La compréhension de l'histoire des savoirs scientifiques et de leur mode de construction, la pratique véritable d'une démarche scientifique (y compris dans sa dimension concrète) développent des qualités de l'esprit utiles à tous. Ainsi, en fréquentant la science, chacun développe-t-il son intelligence, sa curiosité, sa raison, son humilité devant les faits et les idées pour enrichir son savoir.

Le but essentiel de l'enseignement scientifique est de dispenser une formation scientifique générale pour tous les élèves, tout en offrant un point d'appui pour ceux qui poursuivent et veulent poursuivre des études scientifiques. Il ne vise pas à construire un savoir encyclopédique mais cherche plutôt à atteindre trois buts intimement liés :

- contribuer à faire de chaque élève une personne lucide, consciente de ce qu'elle est, de ce qu'est le monde et de ce qu'est sa relation au monde ;
- contribuer à faire de chaque élève un citoyen ou une citoyenne responsable, qui connaît les conséquences de ses actions sur le monde et dispose des outils nécessaires pour les contrôler ;

- contribuer au développement en chaque élève d'un esprit rationnel, autonome et éclairé, capable d'exercer une analyse critique face aux fausses informations et aux rumeurs.

## PROGRAMME

Pour atteindre les objectifs définis en préambule, ce programme précise d'une part des objectifs généraux de formation et présente d'autre part un ensemble d'objectifs thématiques dont les contenus sont largement interdisciplinaires.

Les premiers ont pour but d'aider les élèves à cerner ce que la connaissance scientifique a de spécifique, dans ses pratiques, dans ses méthodes d'élaboration et dans ses enjeux de société. Les objectifs thématiques visent à consolider la culture scientifique des élèves tout en leur fournissant les éléments d'une pratique autonome du raisonnement scientifique dans des contextes variés.

Ces deux aspects sont complémentaires. Les professeurs décident comment satisfaire aux objectifs de formation générale en traitant les contenus de chaque thème. Ils doivent veiller à respecter un juste équilibre entre ces deux composantes de l'enseignement.

Les objectifs généraux de formation et les suggestions pédagogiques qui suivent concernent les deux années du cycle terminal dont les programmes constituent un ensemble cohérent. Certaines thématiques aux enjeux particulièrement importants (climat, énergie, biodiversité) sont abordées dans les programmes des deux années du cycle terminal.

### Objectifs généraux de formation

L'enseignement scientifique cherche à développer des compétences générales par la pratique de la réflexion scientifique. **Les objectifs ci-dessous énoncés constituent une dimension essentielle de l'enseignement scientifique et ne doivent pas être négligés au profit du seul descriptif thématique.** Ils sont regroupés autour de trois idées, d'ailleurs liées entre elles.

- **Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration**

Le savoir scientifique résulte d'une construction rationnelle. Il se distingue d'une croyance ou d'une opinion. Il s'appuie sur l'analyse de faits extraits de la réalité complexe ou produits au cours d'expériences. Il cherche à expliquer la réalité par des causes matérielles.

Le savoir scientifique résulte d'une longue construction collective jalonnée d'échanges d'arguments, de controverses parfois vives. C'est lentement qu'une certitude raisonnable s'installe et se précise, au gré de la prise en compte de faits nouveaux, souvent en lien avec les progrès techniques. Ce long travail intellectuel met en jeu l'énoncé d'hypothèses dont on tire des conséquences selon un processus logique. Ces modalités sont d'ailleurs en partie variables selon les disciplines concernées.

**Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit donc, en permanence, d'associer l'acquisition de quelques savoirs et savoir-faire exigibles à la compréhension de leur nature et de leur construction.**

- **Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques**

Au cours de son activité de production du savoir, le scientifique met en œuvre un certain nombre de pratiques qui, si elles ne sont pas spécifiques de son travail, en sont néanmoins des aspects incontournables.

Quelques mots-clés permettent de les présenter : observer, décrire, mesurer, quantifier, calculer, imaginer, modéliser, simuler, raisonner, prévoir le futur ou remonter dans le passé.

Cet enseignement contribue au développement des compétences langagières orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

**Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit, chaque fois que l'on met en œuvre une authentique pratique scientifique, de l'explicitier et de prendre conscience de sa nature.**

- **Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement**

Les sociétés modernes sont profondément transformées par la science et ses applications technologiques. Leurs effets touchent l'alimentation (agriculture et agroalimentaire), la santé (médecine), les communications (transports, échange d'information), l'apprentissage et la réflexion (intelligence artificielle), la maîtrise des risques naturels et technologiques, la protection de l'environnement, etc.

La compréhension de ces transformations est indispensable à la prise de décision ; elle distingue l'approche purement scientifique d'autres approches (économiques, éthiques, etc.). De même, les activités humaines exercent sur l'environnement des effets que la science permet de comprendre et de contrôler. Les conséquences de l'activité humaine sur l'environnement et leur contrôle seront particulièrement développées dans le programme de terminale.

**Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit de faire comprendre à chacun en quoi la culture scientifique est aujourd'hui indispensable pour saisir l'évolution des sociétés comme celle de l'environnement et de contrôler cette évolution.**

Cet enseignement peut être également mis en relation avec le programme d'enseignement moral et civique de la classe de première qui propose des objets d'étude sur la bioéthique et sur la responsabilité environnementale.

## Suggestions pédagogiques

Si les objectifs généraux ou thématiques sont clairement identifiés dans le programme, la manière de les atteindre relève de la liberté pédagogique du professeur ou de l'équipe de professeurs. Ce paragraphe ne limite nullement cette liberté pédagogique ni n'en canalise l'expression. Cependant, quelques principes pédagogiques généraux méritent d'être pris en compte pour atteindre les objectifs fixés.

- **Un enseignement en prise avec le réel complexe**

Le scientifique rend intelligible le monde en déchiffrant la réalité complexe, dont il extrait des éléments qu'il analyse et dont il élucide les interactions. Il est néanmoins opportun de saisir une ou des occasion(s) de montrer la complexité du réel lui-même. Une manière privilégiée de le faire consiste à travailler hors des murs de la classe ou de l'établissement (terrain naturel, laboratoire, entreprise, musée, etc.).

La prise en compte de la complexité impose aussi le croisement des approches de plusieurs disciplines ce qui se traduit par le caractère interdisciplinaire de cet enseignement (y compris en dehors du champ scientifique). La rubrique *Histoire, enjeux, débats* offre des occasions de collaborations variées.

- **Une place particulière pour les mathématiques**

Selon Galilée, le grand livre de la Nature est écrit en langage mathématique. C'est dans cet esprit que les mathématiques trouvent leur place dans ce programme d'enseignement scientifique. De surcroît, l'omniprésence (quoique souvent invisible) des mathématiques dans la vie quotidienne impose aujourd'hui à tout individu de disposer de savoirs et de

savoir-faire mathématiques pour réussir pleinement sa vie personnelle, professionnelle et sociale. Le traitement des thèmes figurant au programme permet de présenter des méthodes, modèles et outils mathématiques utilisés pour décrire et expliquer la réalité complexe du monde, mais aussi pour prédire ses évolutions. Parallèlement, le programme offre de nombreuses occasions de confronter les élèves à une pratique effective des mathématiques dans des contextes issus d'autres disciplines. Cette pratique leur permet à la fois de consolider, dans des contextes nouveaux, des compétences de calcul, de raisonnement logique et de représentation et d'exercer leur esprit critique en interrogeant les résultats d'un modèle mathématique.

- **Une place réservée à l'observation et l'expérience en laboratoire**

Si des études documentaires ou la résolution d'exercices permettent la mise en œuvre d'une démarche scientifique, la pratique expérimentale des élèves est essentielle. En particulier, il est bienvenu, chaque fois que possible, de créer les conditions permettant un travail de laboratoire fondé sur diverses formes de manipulations et d'observations. Ainsi, l'élève se livre lui-même à la confrontation entre faits et idées et comprend, en la pratiquant, la construction du savoir scientifique.

- **Une place importante pour l'histoire raisonnée des sciences**

L'une des manières de comprendre comment se construit le savoir scientifique est de retracer le cheminement effectif de sa construction au cours de l'histoire des sciences. Il ne s'agit pas de donner à l'élève l'illusion qu'il trouve en quelques minutes ce qui a demandé le travail de nombreuses générations de chercheurs, mais plutôt, en se focalisant sur un petit nombre d'étapes bien choisies de l'histoire des sciences, de faire comprendre le rôle clé joué par certaines découvertes. Le rôle prépondérant joué parfois par tel ou tel chercheur sera souligné. Ce sera aussi l'occasion de montrer que l'histoire du savoir scientifique est une aventure humaine. Des controverses, parfois dramatiques, agitent la communauté scientifique. Ainsi, peu à peu, le savoir progresse et se précise.

- **Un usage explicite des outils numériques**

Des outils numériques variés trouvent des applications dans le cadre de l'enseignement scientifique : logiciels de calcul ou de simulation, environnements de programmation, logiciels tableurs, etc. Il convient d'associer leur utilisation par les élèves à la compréhension au moins élémentaire de leur nature et de leur fonctionnement.

## Objectifs thématiques

La suite du programme se présente comme une succession de thèmes. Ces thèmes sont au service des trois grands objectifs de formation (comprendre la nature du savoir scientifique et ses modes d'élaboration, identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques, identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et l'environnement). Sa structure est explicitée ci-dessous.

La rubrique *Histoire, enjeux, débats* établit d'une part quelques éléments historiques en rapport avec la thématique et identifie d'autre part des liens entre le thème et quelques questions socialement vives (économiques, éthiques, etc.). Il est demandé que dans chaque thème, la manière d'aborder les attendus fasse une place à au moins l'un des items de cette liste. Par exemple, on peut choisir de traiter un point selon une démarche historique, mettre l'accent sur ses implications éthiques, etc.

Une disposition en colonnes indique des savoirs et savoir-faire exigibles. Ce sont des objectifs précisément identifiés (notamment en vue de l'évaluation). Ils laissent au professeur ou à l'équipe de professeurs toute latitude pour construire la démarche. Cette double colonne indique les attendus spécifiques des thèmes. L'objectif de l'enseignement est à la

fois de construire ces attendus, de former l'esprit et d'atteindre les objectifs généraux listés plus haut.

La rubrique *Prérequis et limites* montre comment sont mobilisés des acquis des classes antérieures et explicite des limites pour préciser les exigences du programme.

## 1 - Une longue histoire de la matière

L'immense diversité de la matière dans l'Univers se décrit à partir d'un petit nombre de particules élémentaires qui se sont organisées de façon hiérarchisée, en unités de plus en plus complexes, depuis le *Big Bang* jusqu'au développement de la vie.

### Histoire, enjeux et débats

De Fraunhofer à Bethe : les éléments dans les étoiles.

Hooke, Schleiden et Schwann : de la découverte de la cellule à la théorie cellulaire.

Becquerel, Marie Curie : la découverte de la radioactivité, du radium.

Industrie des métaux et du verre.

### 1.1 - Un niveau d'organisation : les éléments chimiques

Comment, à partir du seul élément hydrogène, la diversité des éléments chimiques est-elle apparue ? Aborder cette question nécessite de s'intéresser aux noyaux atomiques et à leurs transformations. Cela fournit l'occasion d'introduire un modèle mathématique d'évolution discrète.

Savoirs	Savoir-faire
Les noyaux des atomes de la centaine d'éléments chimiques stables résultent de réactions nucléaires qui se produisent au sein des étoiles à partir de l'hydrogène initial. La matière connue de l'Univers est formée principalement d'hydrogène et d'hélium alors que la Terre est surtout constituée d'oxygène, d'hydrogène, de fer, de silicium, de magnésium et les êtres vivants de carbone, hydrogène, oxygène et azote.	Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques (proportions) dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants. L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.
Certains noyaux sont instables et se désintègrent (radioactivité). L'instant de désintégration d'un noyau radioactif individuel est aléatoire. La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon macroscopique se soit désintégrée. Cette demi-vie est caractéristique du noyau radioactif.	Calculer le nombre de noyaux restants au bout de $n$ demi-vies Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants. Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie. Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).

### Prérequis et limites

Les notions, déjà connues, de noyaux, d'atome, d'élément chimique et de réaction nucléaire sont remobilisées. Aucune connaissance n'est exigible sur les différents types de radioactivité.

L'évolution du nombre moyen de noyaux restants au cours d'une désintégration radioactive se limite au cas de durées discrètes, multiples entiers de la demi-vie. Aucun formalisme sur la notion de suite n'est exigible.

Les fonctions exponentielle et logarithme ne font pas partie des connaissances attendues.

### 1.2 - Des édifices ordonnés : les cristaux

L'organisation moléculaire étant déjà connue, ce thème aborde une autre forme d'organisation de la matière : l'état cristallin (qui revêt une importance majeure, tant pour la connaissance de la nature - minéraux et roches, squelettes, etc. - que pour ses applications techniques). La compréhension de cette organisation au travers des exemples choisis mobilise des connaissances sur la géométrie du cube. Elle fournit l'occasion de développer des compétences de représentation dans l'espace et de calculs de volumes.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l'évaporation de l'eau de mer) est constitué d'un empilement régulier d'ions : c'est l'état cristallin.</p>	<p>Utiliser une représentation 3D informatisée du cristal de chlorure de sodium. Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique.</p>
<p>Plus généralement, une structure cristalline est définie par une maille élémentaire répétée périodiquement. Un type cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent. Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une maille cubique que la géométrie du cube permet de caractériser. La position des entités dans cette maille distingue les réseaux cubique simple et cubique à faces centrées. La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.</p>	<p>Pour chacun des deux réseaux (cubique simple et cubique à faces centrées) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- représenter la maille en perspective cavalière ;</li> <li>- calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes ;</li> <li>- dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal.</li> </ul>
<p>Un composé de formule chimique donnée peut cristalliser sous différents types de structures qui ont des propriétés macroscopiques différentes. Ainsi les minéraux se caractérisent par leur composition chimique et leur organisation cristalline. Une roche est formée de l'association de cristaux d'un même minéral ou de plusieurs minéraux. Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques (coquille, squelette, calcul rénal, etc.).</p>	<p>Distinguer, en termes d'échelle et d'organisation spatiale, maille, cristal, minéral, roche. Les identifier sur un échantillon ou une image.</p>
<p>Dans le cas des solides amorphes, l'empilement d'entités se fait sans ordre géométrique. C'est le cas du verre. Certaines roches volcaniques contiennent du verre, issu de la solidification très rapide d'une lave.</p>	<p>Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d'une roche et les conditions de son refroidissement.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b> Les notions, déjà connues, d'entité chimique, de roche et de minéral sont remobilisées. L'objectif est de présenter l'organisation de la matière propre à l'état cristallin à partir d'exemples. La diversité des systèmes cristallins et des minéraux est seulement évoquée. La description de l'état cristallin est l'occasion d'utiliser les mathématiques (géométrie du cube et de la sphère, calculs de volumes, proportions) pour décrire la nature et quantifier ses propriétés.</p>	

### 1.3 - Une structure complexe : la cellule vivante

Dans le monde, la matière s'organise en structure d'ordre supérieur à l'échelle moléculaire. Un exemple est ici proposé : la structure cellulaire.

Savoirs	Savoir-faire
<p>La découverte de l'unité cellulaire est liée à l'invention du microscope.</p> <p>L'observation de structures semblables dans de très nombreux organismes a conduit à énoncer le concept général de cellule et à construire la théorie cellulaire.</p> <p>Plus récemment, l'invention du microscope électronique a permis l'exploration de l'intérieur de la cellule et la compréhension du lien entre échelle moléculaire et cellulaire.</p>	<p>Analyser et interpréter des documents historiques relatifs à la théorie cellulaire.</p> <p>Situer les ordres de grandeur : atome, molécule, organite, cellule, organisme.</p>
<p>La cellule est un espace séparé de l'extérieur par une membrane plasmique. Cette membrane est constituée d'une bicouche lipidique et de protéines. La structure membranaire est stabilisée par le caractère hydrophile ou lipophile de certaines parties des molécules constitutives.</p>	<p>Relier l'échelle de la cellule et celle de la molécule (exemple de la membrane plasmique).</p> <p>Schématiser la membrane plasmique à partir de molécules dont les parties hydrophile/lipophile sont identifiées.</p>

## 2 - Le Soleil, notre source d'énergie

La Terre reçoit l'essentiel de son énergie du Soleil. Cette énergie conditionne la température de surface de la Terre et détermine climats et saisons. Elle permet la photosynthèse des végétaux et se transmet par la nutrition à d'autres êtres vivants.

### Histoire, enjeux, débats

Repères historiques sur l'étude du rayonnement thermique (Stefan, Boltzmann, Planck, Einstein).

Le discours sur l'énergie dans la société : analyse critique du vocabulaire d'usage courant (énergie fossile, énergie renouvelable, etc.).

L'albédo terrestre : un paramètre climatique majeur.

Distinction météorologie/climatologie.

### 2.1 - Le rayonnement solaire

Le soleil transmet à la Terre de l'énergie par rayonnement.

Savoirs	Savoir-faire
<p>L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée.</p> <p>Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps.</p> <p>Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement.</p> <p>Le spectre du rayonnement émis par la surface (modélisé par un spectre de <i>corps noir</i>) dépend seulement de la température de surface de l'étoile.</p> <p>La longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température absolue de la surface de l'étoile (loi de Wien).</p>	<p>Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil.</p> <p>À partir d'une représentation graphique du spectre d'émission du corps noir à une température donnée, déterminer la longueur d'onde d'émission maximale.</p> <p>Appliquer la loi de Wien pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de la longueur d'onde d'émission maximale.</p>
<p>La puissance radiative reçue du Soleil par une surface plane est proportionnelle à l'aire de la surface et dépend de l'angle entre la normale à la surface et la direction du Soleil.</p> <p>De ce fait, la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de l'heure (variation diurne) ;</li> <li>- du moment de l'année (variation saisonnière) ;</li> <li>- de la latitude (zonation climatique).</li> </ul>	<p>Sur un schéma, identifier les configurations pour lesquelles la puissance reçue par une surface est maximale ou minimale.</p> <p>Analyser, interpréter et représenter graphiquement des données de températures. Calculer des moyennes temporelles de températures. Comparer des distributions temporelles de températures</p>
<h3>Prérequis et limites</h3> <p>Les notions de base concernant l'énergie et la puissance, déjà connues, sont remobilisées.</p> <p>La loi de Planck n'est pas explicitée : toutes les analyses spectrales sont réalisées à partir de représentations graphiques.</p> <p>La relation entre la température absolue, exprimée en kelvin, et la température en degrés Celsius est fournie, ainsi que la loi de Wien.</p>	

## 2.2 - Le bilan radiatif terrestre

La Terre reçoit le rayonnement solaire et émet elle-même un rayonnement. Le bilan conditionne le milieu de vie. La compréhension de cet équilibre en classe de première permettra d'aborder sa perturbation par l'humanité en terminale.

Savoirs	Savoir-faire
<p>La proportion de la puissance totale, émise par le Soleil et atteignant la Terre, est déterminée par son rayon et sa distance au Soleil.</p> <p>Une fraction de cette puissance, quantifiée par l'albédo terrestre moyen, est diffusée par la Terre vers l'espace, le reste est absorbé par l'atmosphère, les continents et les océans.</p>	<p>En s'appuyant sur un schéma, calculer la proportion de la puissance émise par le Soleil qui atteint la Terre.</p> <p>L'albédo terrestre étant donné, déterminer la puissance totale reçue par le sol de la part du Soleil.</p>
<p>Le sol émet un rayonnement électromagnétique dans le domaine infra-rouge (longueur d'onde voisine de <math>10 \mu\text{m}</math>) dont la puissance par unité de surface augmente avec la température.</p> <p>Une partie de cette puissance est absorbée par l'atmosphère, qui elle-même émet un rayonnement infrarouge vers le sol et vers l'espace (effet de serre).</p> <p>La puissance reçue par le sol en un lieu donné est égale à la somme de la puissance reçue du Soleil et de celle reçue de l'atmosphère. Ces deux dernières sont du même ordre de grandeur.</p> <p>Un équilibre, qualifié de <i>dynamique</i>, est atteint lorsque le sol reçoit au total une puissance moyenne égale à celle qu'il émet. La température moyenne du sol est alors constante.</p>	<p>Commenter la courbe d'absorption de l'atmosphère terrestre en fonction de la longueur d'onde</p> <p>Représenter sur un schéma les différents rayonnements reçus et émis par le sol. Expliquer qualitativement l'influence des différents facteurs (albedo, effet de serre) sur la température terrestre moyenne.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>Les notions de longueur d'onde du rayonnement et de spectre visible, déjà connues, sont remobilisées.</p> <p>L'objectif de ce paragraphe est de comprendre qualitativement comment le bilan énergétique de la Terre conditionne sa température.</p> <p>La théorie de l'effet de serre et la connaissance de la loi de Stefan-Boltzmann ne sont pas exigibles.</p> <p>Le réchauffement climatique global associé au renforcement de l'effet de serre sera étudié en détail en terminale, mais il peut être utilement mentionné.</p>	

### 2.3 - Une conversion biologique de l'énergie solaire : la photosynthèse

L'utilisation par la photosynthèse d'une infime partie de l'énergie solaire reçue par la planète fournit l'énergie nécessaire à l'ensemble des êtres vivants (à l'exception de certains milieux très spécifiques non évoqués dans ce programme).

Savoirs	Savoir-faire
<p>Une partie du rayonnement solaire absorbé par les organismes chlorophylliens permet la synthèse de matière organique à partir d'eau, de sels minéraux et de dioxyde de carbone (photosynthèse). À l'échelle de la planète, les organismes chlorophylliens utilisent pour la photosynthèse environ 0,1% de la puissance solaire totale disponible. À l'échelle de la feuille (pour les plantes), la photosynthèse utilise une très faible fraction de la puissance radiative reçue, le reste est soit diffusé, soit transmis, soit absorbé (échauffement et évapo-transpiration). La photosynthèse permet l'entrée dans la biosphère de matière minérale stockant de l'énergie sous forme chimique. Ces molécules peuvent être transformées par respiration ou fermentation pour libérer l'énergie nécessaire au fonctionnement des êtres vivants.</p>	<p>Recenser, extraire et organiser des informations pour prendre conscience de l'importance planétaire de la photosynthèse. Comparer les spectres d'absorption et d'action photosynthétique d'un végétal. Représenter sur un schéma les différents échanges d'énergie au niveau d'une feuille.</p>
<p>À l'échelle des temps géologiques, une partie de la matière organique s'accumule dans les sédiments puis se transforme en donnant des combustibles fossiles : gaz, charbon, pétrole.</p>	<p>À partir de l'étude d'un combustible fossile ou d'une roche de son environnement, discuter son origine biologique.</p>

#### Prérequis et limites

Les notions de biologie et géologie utiles à ce paragraphe, déjà connues, sont remobilisées (photosynthèse, respiration, fermentation, sédimentation, combustible fossile). Sans les approfondir, il s'agit de montrer comment elles sont utiles pour comprendre les flux d'énergie à différentes échelles.  
Aucun développement sur les mécanismes cellulaires et moléculaires n'est exigible.

### 2.4 - Le bilan thermique du corps humain

La température du corps est stable. Cette stabilité résulte d'un ensemble de flux présentés ici.

Savoirs	Savoir-faire
<p>La température du corps reste stable parce que l'énergie qu'il libère est compensée par l'énergie dégagée par la respiration cellulaire ou les fermentations. Globalement, la puissance thermique libérée par un corps humain dans les conditions de vie courante, au repos, est de l'ordre de 100 W.</p>	<p>Représenter sur un schéma qualitatif les différents échanges d'énergie entre l'organisme et le milieu extérieur. Utiliser des données quantitatives sur l'apport énergétique d'aliments dans un bilan d'énergie correspondant à des activités variées.</p>
<h4>Prérequis et limites</h4> <p>Les notions de conservation et de conversion d'énergie, déjà connues, sont remobilisées. La respiration et le rôle énergétique des aliments, déjà connus, sont remobilisés. Aucun développement n'est attendu concernant les mécanismes cellulaires et moléculaires.</p>	

### 3 - La Terre, un astre singulier

La Terre, singulière parmi un nombre gigantesque de planètes, est un objet d'étude ancien. Les évidences apparentes et les récits non scientifiques ont d'abord conduit à de premières représentations. La compréhension scientifique de sa forme, son âge et son mouvement résulte d'un long cheminement, émaillé de controverses.

#### Histoire, enjeux et débats

L'histoire de la mesure du méridien terrestre par Ératosthène (et les hypothèses d'Anaxagore).  
L'histoire de la mesure du méridien terrestre par Delambre et Méchain (détermination de la longueur du méridien reliant Dunkerque à Barcelone).

Histoire de la définition du mètre.

Quelques grandes étapes de l'étude de l'âge de la Terre : Buffon, Darwin, Kelvin, Rutherford.  
Modalités de la construction d'une approche scientifique d'une question controversée pour aboutir à un résultat stabilisé.

Grandes étapes de la controverse sur l'organisation du système solaire : Ptolémée, Copernic, Galilée, Kepler, Tycho Brahe, Newton.

#### 3.1 - La forme de la Terre

L'environnement « plat » à notre échelle de perception cache la forme réelle de la Terre, dont la compréhension résulte d'une longue réflexion. Au-delà de la dimension historique et culturelle, la mise en œuvre de différentes méthodes de calcul de longueurs à la surface de la Terre permet de développer des compétences mathématiques de calcul et de représentation et invite à exercer un esprit critique sur les différents résultats obtenus, les approximations réalisées et les limites d'un modèle.

Savoirs	Savoir-faire
Dès l'Antiquité, des observations de différentes natures ont permis de conclure que la Terre était sphérique, alors même que, localement, elle apparaît plane dans la plupart des expériences quotidiennes. Historiquement, des méthodes géométriques ont permis de calculer la longueur d'un méridien (environ 40 000 km) à partir de mesures d'angles ou de longueurs : méthodes d'Ératosthène et de triangulation plane.	Calculer la longueur du méridien terrestre par la méthode d'Ératosthène. Calculer une longueur par la méthode de triangulation utilisée par Delambre et Méchain. Calculer le rayon de la Terre à partir de la longueur du méridien.
On repère un point à la surface de la Terre par deux coordonnées angulaires, sa latitude et sa longitude. Le plus court chemin entre deux points à la surface de la Terre est l'arc du grand cercle qui les relie.	Calculer la longueur d'un arc de méridien et d'un arc de parallèle. Comparer, à l'aide d'un système d'information géographique, les longueurs de différents chemins reliant deux points à la surface de la Terre.

#### Prérequis et limites

La connaissance de la loi des sinus ( $\frac{a}{\sin\hat{A}} = \frac{b}{\sin\hat{B}} = \frac{c}{\sin\hat{C}}$ ) n'est pas exigible. Elle est fournie pour mettre en œuvre le principe de triangulation plane (calcul d'une longueur à partir de la mesure d'une autre longueur et de deux angles).

On admet que la longueur d'un arc de cercle est proportionnelle à l'angle qui l'intercepte.

Le repérage sur une sphère, déjà connu des élèves, est remobilisé.

Le calcul de la longueur entre deux points le long d'un grand cercle n'est pas exigible.

### 3.2 - L'histoire de l'âge de la Terre

L'âge de la Terre est d'un ordre de grandeur sans rapport avec la vie humaine. Sa compréhension progressive met en œuvre des arguments variés.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Au cours de l'histoire des sciences, plusieurs arguments ont été utilisés pour aboutir à la connaissance actuelle de l'âge de la Terre : temps de refroidissement, empilements sédimentaires, évolution biologique, radioactivité.</p> <p>L'âge de la Terre aujourd'hui précisément déterminé est de <math>4,57 \cdot 10^9</math> ans.</p>	<p>Interpréter des documents présentant des arguments historiques utilisés pour comprendre l'âge de la Terre.</p> <p>Identifier diverses théories impliquées dans la controverse scientifique de l'âge de la Terre.</p>

#### Prérequis et limites

L'objectif n'est pas de connaître dans le détail les arguments utilisés au cours de l'histoire des sciences, mais de savoir interpréter des données relatives à ces arguments. Il s'agit de prendre appui sur cet exemple pour montrer comment la science construit et perfectionne peu à peu sa compréhension de la nature, en exploitant des faits nouveaux apparus successivement. Il s'agit aussi de montrer qu'une question scientifique complexe est résolue grâce à la participation de plusieurs domaines de spécialité.

### 3.3 - La Terre dans l'Univers

Le mouvement de la Terre dans l'Univers a été l'objet de célèbres et violentes controverses. L'étude de quelques aspects de ces débats permet de comprendre la difficulté de la construction du savoir scientifique.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Observée dans un référentiel fixe par rapport aux étoiles, la Terre parcourt une trajectoire quasi circulaire autour du Soleil.</p> <p>Le passage d'une conception géocentrique à une conception héliocentrique constitue l'une des controverses majeures de l'histoire des sciences.</p>	<p>Interpréter des documents présentant des arguments historiques pour discuter la théorie héliocentrique.</p>
<p>Observée dans un référentiel géocentrique, la Lune tourne autour de la Terre sur une trajectoire quasi-circulaire. Elle présente un aspect qui varie au cours de cette rotation (phases).</p> <p>La Lune tourne également sur elle-même et présente toujours la même face à la Terre.</p>	<p>Interpréter l'aspect de la Lune dans le ciel en fonction de sa position par rapport à la Terre et au Soleil.</p>

#### Prérequis et limites

L'organisation du système solaire est déjà connue. L'accent est mis ici sur la compréhension de cette organisation au cours de l'histoire des sciences et sur l'importance des controverses scientifiques concernées.

#### 4 - Son et musique, porteurs d'information

L'être humain perçoit le monde à l'aide de signaux dont certains sont de nature sonore. De l'Antiquité jusqu'à nos jours, il a combiné les sons de manière harmonieuse pour en faire un art, la musique, qui entretient des liens privilégiés avec les mathématiques. L'informatique permet aujourd'hui de numériser les sons et la musique.  
La compréhension des mécanismes auditifs s'inscrit dans une perspective d'éducation à la santé.

##### Histoire, enjeux, débats

L'histoire de l'analyse temps-fréquence depuis Fourier.  
La controverse entre d'Alembert, Euler et Daniel Bernoulli sur le problème des cordes vibrantes.  
L'histoire des gammes, de Pythagore à Bach.  
Des algorithmes au cœur de la composition musicale : de l'Offrande musicale de Bach à la musique contemporaine.  
Les enjeux culturels et économiques de la numérisation et de la compression des sons.  
La santé auditive.

##### 4.1 - Le son, phénomène vibratoire

La banalité du son dans l'environnement cache une réalité physique précise.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Un son pur est associé à un signal dépendant du temps de façon sinusoïdale.</p> <p>Un signal périodique de fréquence <math>f</math> se décompose en une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de <math>f</math>. Le son associé à ce signal est un son composé.</p> <p><math>f</math> est appelée fréquence fondamentale, les autres fréquences sont appelées harmoniques.</p> <p>La puissance par unité de surface transportée par une onde sonore est quantifiée par son intensité. Son niveau d'intensité sonore est exprimé en décibels selon une échelle logarithmique.</p>	<p>Utiliser un logiciel permettant de visualiser le spectre d'un son.</p> <p>Utiliser un logiciel pour produire des sons purs et composés.</p> <p>Relier puissance sonore par unité de surface et niveau d'intensité sonore exprimé en décibels.</p>
<p>Une corde tendue émet en vibrant un son composé dont la fréquence fondamentale ne dépend que de ses caractéristiques (longueur, tension, masse linéique).</p> <p>Dans les instruments à vent, un phénomène analogue se produit par vibration de l'air dans un tuyau.</p>	<p>Relier qualitativement la fréquence fondamentale du signal émis et la longueur d'une corde vibrante.</p>

##### Prérequis et limites

Les notions de son et de fréquence, déjà connues des élèves, sont remobilisées.  
La sinusoïde est définie à partir de sa représentation graphique. Aucune construction mathématique de la fonction n'est attendue.  
La formule donnant la fréquence fondamentale d'une corde vibrante en fonction de ses caractéristiques n'est pas exigible.

#### 4.2 - La musique ou l'art de faire entendre les nombres

Comment l'analyse mathématique du phénomène vibratoire du son aboutit-elle à une production artistique ?

La musique et les mathématiques sont deux langages universels. Les Grecs anciens les ont dotés d'une origine commune puisque la théorie pythagoricienne des proportions avait pour but de percer les secrets de l'harmonie musicale. Depuis, les évolutions de la musique et des mathématiques se sont enrichies mutuellement.

Savoirs	Savoir-faire
<p>En musique, un intervalle entre deux sons est défini par le rapport (et non la différence) de leurs fréquences fondamentales. Deux sons dont les fréquences sont dans le rapport 2/1 correspondent à une même note, à deux hauteurs différentes. L'intervalle qui les sépare s'appelle une octave.</p>	
<p>Une gamme est une suite finie de notes réparties sur une octave. Dans l'Antiquité, la construction des gammes était basée sur des fractions simples, (2/1, 3/2, 4/3, etc.). En effet, des sons dont les fréquences sont dans ces rapports simples étaient alors considérés comme les seuls à être consonants. Une quinte est un intervalle entre deux fréquences de rapport 3/2. Les gammes dites de Pythagore sont basées sur le cycle des quintes. Pour des raisons mathématiques, ce cycle des quintes ne « reboucle » jamais sur la note de départ. Cependant, les cycles de 5, 7 ou 12 quintes « rebouclent » presque. Pour les gammes associées, l'identification de la dernière note avec la première impose que l'une des quintes du cycle ne corresponde pas exactement à la fréquence 3/2.</p>	<p>Calculer des puissances et des quotients en lien avec le cycle des quintes.</p> <p>Mettre en place un raisonnement mathématique pour prouver que le cycle des quintes est infini.</p>
<p>Les intervalles entre deux notes consécutives des gammes dites de Pythagore ne sont pas égaux, ce qui entrave la transposition. La connaissance des nombres irrationnels a permis, au XVII<sup>e</sup> siècle, de construire des gammes à intervalles égaux.</p>	<p>Utiliser la racine douzième de 2 pour partager l'octave en douze intervalles égaux.</p>

#### Prérequis et limites

La construction des gammes dites de Pythagore s'appuie sur des connaissances mathématiques acquises au collège sur les fractions et les puissances et permet de les mobiliser dans un contexte artistique. L'introduction des gammes « au tempérament égal » permet de comprendre en quoi la découverte des nombres irrationnels a des applications en dehors du champ mathématique.

La racine douzième de 2 est introduite par analogie avec la racine carrée, en lien avec l'utilisation de la calculatrice.

#### 4.3 - Le son, une information à coder

Le son, vibration de l'air, peut être enregistré sur un support informatique. Les techniques numériques ont mis en évidence un nouveau type de relations entre les sciences et les sons, le processus de numérisation dérivant lui-même de théories mathématiques et informatiques.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Pour numériser un son, on procède à la discrétisation du signal analogique sonore (échantillonnage et quantification). Plus la fréquence d'échantillonnage est élevée et la quantification est fine, plus la numérisation est fidèle, mais plus la taille du fichier audio est grande. La reproduction fidèle du signal analogique nécessite une fréquence d'échantillonnage au moins double de celle du son.</p>	<p>Justifier le choix des paramètres de numérisation d'un son. Estimer la taille d'un fichier audio.</p>
<p>La compression consiste à diminuer la taille d'un fichier afin de faciliter son stockage et sa transmission. Les techniques de compression spécifiques au son, dites « avec perte d'information », éliminent les informations sonores auxquelles l'oreille est peu sensible.</p>	<p>Calculer un taux de compression. Comparer des caractéristiques et des qualités de fichiers audio compressés.</p>

#### Prérequis et limites

L'étude de la numérisation du son s'appuie sur les connaissances acquises dans l'enseignement « Sciences numériques et technologie » de seconde en matière de numérisation d'images.

#### 4.4 - Entendre la musique

L'air qui vibre n'est musique que parce que notre oreille l'entend et que notre cerveau la perçoit comme telle. Mais l'excès de sons, même s'il est musical, est une forme de perturbation de l'environnement.

Savoirs	Savoir-faire
<p>L'oreille externe canalise les sons du milieu extérieur vers le tympan. Cette membrane vibrante transmet ces vibrations jusqu'à l'oreille interne par l'intermédiaire de l'oreille moyenne.</p>	<p>Relier l'organisation de l'oreille externe et de l'oreille moyenne à la réception et la transmission de la vibration sonore.</p>
<p>L'être humain peut percevoir des sons de niveaux d'intensité approximativement compris entre 0 et 120 dB. Les sons audibles par les humains ont des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz. Dans l'oreille interne, des structures cellulaires (cils vibratiles) entrent en résonance avec les vibrations reçues et les traduisent en un message nerveux qui se dirige vers le cerveau. Les cils vibratiles sont fragiles et facilement endommagés par des sons trop intenses. Les dégâts sont alors irréversibles et peuvent causer une surdité.</p>	<p>Relier la structure des cellules ciliées à la perception du son et à la fragilité du système auditif. Relier l'intensité du son au risque encouru par l'oreille interne.</p>

Des aires cérébrales spécialisées reçoivent les messages nerveux auditifs. Certaines permettent, après apprentissage, l'interprétation de l'univers sonore (parole, voix, musique, etc.).	Interpréter des données d'imagerie cérébrale relatives au traitement de l'information sonore.
<b>Prérequis et limites</b> La connaissance approfondie de la physiologie de l'audition n'est pas l'objectif du programme. En particulier, les modalités de transduction de la vibration auditive en message nerveux ne sont pas exigibles. Il s'agit simplement de présenter dans ses grandes lignes le passage du phénomène physique du son à la sensibilité auditive consciente, en faisant apparaître les rôles respectifs de l'oreille et du cerveau.	

## 5 - Projet expérimental et numérique

Le projet s'articule autour de la mesure et des données qu'elle produit, qui sont au cœur des sciences expérimentales. L'objectif est de confronter les élèves à la pratique d'une démarche scientifique expérimentale, de l'utilisation de matériels (capteurs et logiciels) à l'analyse critique des résultats.

Le projet expérimental et numérique comporte trois dimensions :

- utilisation d'un capteur éventuellement réalisé en classe ;
- acquisition numérique de données ;
- traitement mathématique, représentation et interprétation de ces données.

Selon les projets, l'une ou l'autre de ces dimensions peut être plus ou moins développée.

L'objet d'étude peut être choisi librement, en lien avec le programme ou non. Il s'inscrit éventuellement dans le cadre d'un projet de classe ou d'établissement. Ce travail se déroule sur une douzaine d'heures, contiguës ou réparties au long de l'année. Il s'organise dans des conditions matérielles qui permettent un travail pratique effectif en petits groupes d'élèves.

La dimension numérique repose sur l'utilisation de matériels (capteur éventuellement associé à un microcontrôleur) et de logiciels (tableur, environnement de programmation).

### Prérequis et limites

Ce projet remobilise certains acquis des classes antérieures : mesure et incertitudes, manipulation de capteurs et microcontrôleurs, données structurées et leur traitement, information chiffrée et statistique descriptive, utilisation d'un tableur et d'un environnement de programmation. L'objectif n'est pas d'introduire des notions nouvelles.

## Annexe

# Programme de physique-chimie de première générale

---

## Préambule

### Objectifs de formation

En classe de première de la voie générale, les élèves qui suivent l'enseignement de spécialité de physique-chimie expriment leur goût des sciences et font le choix d'acquérir les modes de raisonnement inhérents à une formation par les sciences expérimentales. Ils se projettent ainsi dans un parcours qui leur ouvre la voie des études supérieures relevant des domaines des sciences expérimentales, de la médecine, de la technologie, de l'ingénierie, de l'informatique, des mathématiques, etc. La physique-chimie, science à la fois fondamentale et appliquée, contribue de manière essentielle à l'acquisition d'un corpus de savoirs et de savoir-faire indispensables, notamment dans le cadre de l'apprentissage des sciences de l'ingénieur et des sciences de la vie et de la Terre et, en même temps, constitue un terrain privilégié de contextualisation pour les mathématiques ou l'informatique.

Le programme de physique-chimie de la classe de première s'inscrit dans la continuité de celui de la classe de seconde, en promouvant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation** et en proposant une approche concrète et **contextualisée** des concepts et phénomènes étudiés. La démarche de **modélisation** y occupe donc une place centrale pour former les élèves à établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences, des faits et celui des modèles et des théories. Aussi, l'enseignement proposé s'attache-t-il à poursuivre l'acquisition des principaux éléments constitutifs de cette démarche.

En physique comme en chimie, les thèmes de seconde sont prolongés. Leur étude sera poursuivie dans le cadre de l'enseignement de spécialité de la classe de terminale, permettant ainsi à l'élève d'étudier progressivement, dans la continuité et de manière approfondie, un nombre volontairement restreint de sujets dont les vertus formatrices sont avérées pour une préparation efficace à l'enseignement supérieur. Les savoirs et savoir-faire travaillés complètent, par ailleurs, ceux mobilisés dans le cadre du programme de l'enseignement scientifique.

### Organisation du programme

En cohérence avec les programmes des classes du collège et de seconde, celui de la classe de première est structuré autour des quatre thèmes : « Constitution et transformations de la matière », « Mouvement et interactions », « L'énergie : conversions et transferts », « Ondes et signaux ». Ces thèmes permettent de prendre appui sur de nombreuses situations de la vie quotidienne et de contribuer à un dialogue fructueux avec les autres disciplines scientifiques. Ils fournissent l'opportunité de faire émerger la cohérence d'ensemble du programme sur :

- des notions transversales (modèles, variations et bilans, réponse à une action, etc.) ;
- des notions liées aux valeurs des grandeurs (ordres de grandeur, mesures et incertitudes, unités, etc.) ;
- des dispositifs expérimentaux et numériques (capteurs, instruments de mesure, microcontrôleurs, etc.) ;

- des notions mathématiques (situations de proportionnalité, grandeurs quotient, puissances de dix, fonctions, vecteurs, etc.) ;
- des notions en lien avec les sciences numériques (programmation, simulation, etc.).

**Chaque thème comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs** de formation, les domaines d'application et un rappel des notions abordées dans les classes de seconde ou au collège. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes identifiant, d'une part, les notions et contenus à connaître, d'autre part, les capacités exigibles ainsi que les **activités expérimentales** supports de la formation. Par ailleurs, des capacités mathématiques et numériques sont mentionnées ; le langage de programmation conseillé est le langage Python.

La présentation du programme n'impose pas l'ordre de sa mise en œuvre par le professeur, laquelle relève de sa liberté pédagogique. En classe de première, une identification des capacités expérimentales à faire acquérir aux élèves dans le cadre des activités expérimentales est établie.

### Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Les compétences retenues pour caractériser la démarche scientifique visent à structurer la formation et l'évaluation des élèves. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences sont mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence, l'ensemble n'ayant pas vocation à constituer un cadre rigide.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncer une problématique.</li> <li>- Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.</li> <li>- Représenter la situation par un schéma.</li> </ul>
<b>Analyser/ Raisonner</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler des hypothèses.</li> <li>- Proposer une stratégie de résolution.</li> <li>- Planifier des tâches.</li> <li>- Évaluer des ordres de grandeur.</li> <li>- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.</li> <li>- Choisir, élaborer, justifier un protocole.</li> <li>- Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.</li> <li>- Procéder à des analogies.</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.</li> <li>- Utiliser un modèle.</li> <li>- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.)</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.</li> <li>- Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.</li> <li>- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.</li> <li>- Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.</li> </ul>

<b>Communiquer</b>	<p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ;</li> <li>- utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>- échanger entre pairs.</li> </ul>
--------------------	---

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de **l'autonomie et de l'initiative** requises dans les activités proposées aux élèves sur les notions et capacités exigibles du programme. La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves la finalité et le fonctionnement de la physique-chimie, des questions citoyennes mettant en jeu la responsabilité individuelle et collective, la **sécurité** pour soi et pour autrui, l'éducation à **l'environnement** et au **développement durable**.

Comme tous les enseignements, cette spécialité contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Si ces considérations sont valables pour tous les élèves, elles prennent un relief particulier pour ceux qui choisiront de poursuivre cet enseignement de spécialité en terminale et qui ont à préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat. Il convient que les travaux proposés aux élèves y contribuent dès la classe de première.

## Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

- privilégier la mise en activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- permettre et encadrer l'expression par les élèves de leurs conceptions initiales ;
- valoriser **l'approche expérimentale** ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des **synthèses** pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire et les appliquer dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements, notamment les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre, les sciences de l'ingénieur et l'enseignement scientifique, commun à tous les élèves de la voie générale ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe, dans et hors la classe.

Dès qu'elle est possible, une mise en perspective des savoirs avec **l'histoire des sciences** et **l'actualité scientifique** est fortement recommandée. Le recours ponctuel à des « **résolutions de problèmes** » est encouragé, ces activités contribuant efficacement à l'acquisition des compétences de la démarche scientifique.

## Mesure et incertitudes

En complément du programme de la classe de seconde, celui de la classe de première introduit l'évaluation de type B d'une incertitude-type, par exemple dans le cas d'une mesure unique effectuée avec un instrument de mesure dont les caractéristiques sont données. Lorsqu'elle est pertinente, la comparaison d'un résultat avec une valeur de référence est

conduite de manière qualitative ; un critère quantitatif est introduit dans le programme de spécialité physique-chimie de la classe de terminale.

De même, les incertitudes composées sont abordées en classe de terminale.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.</p> <p>Incertitude-type.</p> <p>Écriture du résultat. Valeur de référence.</p>	<p>Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type.</p> <p>Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.</p> <p>Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes.</p> <p><b>Capacité numérique</b> : Représenter l'histogramme associé à une série de mesures à l'aide d'un tableur.</p> <p>Définir qualitativement une incertitude-type.</p> <p>Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).</p> <p>Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).</p> <p>Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure.</p> <p>Comparer qualitativement un résultat à une valeur de référence.</p>

## Contenus disciplinaires

### Constitution et transformations de la matière

#### 1. Suivi de l'évolution d'un système, siège d'une transformation

Cette partie poursuit l'étude de la modélisation macroscopique de la transformation chimique d'un système.

Les notions de masse molaire, volume molaire et concentration en quantité de matière (en mol.L<sup>-1</sup>) sont introduites pour déterminer la composition d'un système chimique. Pour décrire l'évolution d'un système, siège d'une transformation chimique, des bilans de matière complets sont effectués en s'appuyant sur la notion d'avancement (en mol). La notion de transformation totale et non totale est introduite en comparant la valeur de l'avancement final à celle de l'avancement maximal, sans référence à la notion d'équilibre chimique.

Les réactions d'oxydo-réduction, modélisant les transformations impliquant un transfert d'électron(s) entre espèces chimiques, sont introduites puis réinvesties pour suivre l'évolution d'un système. Certaines de ces réactions font intervenir des réactifs ou des produits colorés et permettent d'appréhender plus aisément l'évolution d'un système au cours d'un titrage et de repérer l'équivalence.

Pour rendre plus concrète l'introduction de l'ensemble des nouveaux concepts, des exemples dans des domaines variés seront proposés pour les transformations et les titrages : combustion, corrosion, détartrage, contrôle qualité, analyse de produits d'usages courants, surveillance environnementale, analyses biologiques, etc.

<b>Notions abordées en seconde</b>	
Quantité de matière (mol), définition de la mole, solution, soluté, concentration en masse, dosage par étalonnage, modélisation d'une transformation par une réaction chimique, équation de réaction, notion de réactif limitant.	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>A) Détermination de la composition du système initial à l'aide de grandeurs physiques</b>	
<p>Relation entre masse molaire d'une espèce, masse des entités et constante d'Avogadro.</p> <p>Masse molaire atomique d'un élément.</p> <p>Volume molaire d'un gaz.</p> <p>Concentration en quantité de matière.</p> <p>Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert.</p>	<p>Déterminer la masse molaire d'une espèce à partir des masses molaires atomiques des éléments qui la composent.</p> <p>Déterminer la quantité de matière contenue dans un échantillon de corps pur à partir de sa masse et du tableau périodique.</p> <p>Utiliser le volume molaire d'un gaz pour déterminer une quantité de matière.</p> <p>Déterminer la quantité de matière de chaque espèce dans un mélange (liquide ou solide) à partir de sa composition.</p> <p>Déterminer la quantité de matière d'un soluté à partir de sa concentration en masse ou en quantité de matière et du volume de solution.</p> <p>Expliquer ou prévoir la couleur d'une espèce en solution à partir de son spectre UV-visible.</p> <p>Déterminer la concentration d'un soluté à partir de données expérimentales relatives à l'absorbance de solutions de concentrations connues.</p> <p><i>Proposer et mettre en œuvre un protocole pour réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'une espèce colorée en solution par des mesures d'absorbance. Tester les limites d'utilisation du protocole.</i></p>
<b>B) Suivi et modélisation de l'évolution d'un système chimique</b>	
<p>Transformation modélisée par une réaction d'oxydo-réduction : oxydant, réducteur, couple oxydant-réducteur, demi-équation électronique.</p> <p>Évolution des quantités de matière lors d'une transformation.</p> <p>État initial, notion d'avancement (mol), tableau d'avancement, état final.</p>	<p>À partir de données expérimentales, identifier le transfert d'électrons entre deux réactifs et le modéliser par des demi-équations électroniques et par une réaction d'oxydo-réduction.</p> <p>Établir une équation de la réaction entre un oxydant et un réducteur, les couples oxydant-réducteur étant donnés.</p> <p><i>Mettre en œuvre des transformations modélisées par des réactions d'oxydo-réduction.</i></p> <p>Décrire qualitativement l'évolution des quantités de matière des espèces chimiques lors d'une transformation.</p> <p>Établir le tableau d'avancement d'une transformation chimique à partir de l'équation de la réaction et des quantités de matière initiales des espèces chimiques.</p>

<p>Avancement final, avancement maximal. Transformations totale et non totale. Mélanges stœchiométriques.</p>	<p>Déterminer la composition du système dans l'état final en fonction de sa composition initiale pour une transformation considérée comme totale. Déterminer l'avancement final d'une réaction à partir de la description de l'état final et comparer à l'avancement maximal. <i>Déterminer la composition de l'état final d'un système et l'avancement final d'une réaction.</i> <b>Capacité numérique</b> : Déterminer la composition de l'état final d'un système siège d'une transformation chimique totale à l'aide d'un langage de programmation. <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser une équation linéaire du premier degré.</p>
<p>C) Détermination d'une quantité de matière grâce à une transformation chimique</p>	
<p>Titration avec suivi colorimétrique. Réaction d'oxydo-réduction support du titrage ; changement de réactif limitant au cours du titrage. Définition et repérage de l'équivalence.</p>	<p>Relier qualitativement l'évolution des quantités de matière de réactifs et de produits à l'état final au volume de solution titrante ajoutée. Relier l'équivalence au changement de réactif limitant et à l'introduction des réactifs en proportions stœchiométriques. Établir la relation entre les quantités de matière de réactifs introduites pour atteindre l'équivalence. Expliquer ou prévoir le changement de couleur observé à l'équivalence d'un titrage mettant en jeu une espèce colorée. <i>Réaliser un titrage direct avec repérage colorimétrique de l'équivalence pour déterminer la quantité de matière d'une espèce dans un échantillon.</i></p>

## 2. De la structure des entités aux propriétés physiques de la matière

Cette partie poursuit la modélisation microscopique de la matière et illustre la démarche de modélisation consistant à rendre compte de certaines propriétés macroscopiques des espèces chimiques grâce à la structure et aux propriétés des entités à l'échelle microscopique. L'écriture des schémas de Lewis est désormais exigible et conduit à prévoir la géométrie des entités qui, associée au concept d'électronégativité, permet de déterminer leur caractère polaire ou non polaire.

Le constat d'une cohésion à l'échelle macroscopique des liquides et des solides est l'occasion d'introduire, au niveau microscopique, le concept d'interaction entre entités, notamment l'interaction par pont hydrogène. Les différents types d'interaction sont ensuite réinvestis pour rendre compte d'opérations courantes au laboratoire de chimie : dissolution d'un composé solide ionique ou moléculaire dans un solvant et extraction liquide-liquide d'une espèce chimique.

### **Notions abordées en seconde**

Tableau périodique, analyse de configuration électronique, électrons de valence, stabilité des gaz nobles, ions monoatomiques, modèle de la liaison covalente, lecture de schémas de Lewis de molécules, solution, soluté, solvant, concentration maximale d'un soluté (solubilité).

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
A) De la structure à la polarité d'une entité	
<p>Schéma de Lewis d'une molécule, d'un ion mono ou polyatomique. Lacune électronique.</p> <p>Géométrie des entités.</p> <p>Électronégativité des atomes, évolution dans le tableau périodique. Polarisation d'une liaison covalente, polarité d'une entité moléculaire.</p>	<p>Établir le schéma de Lewis de molécules et d'ions mono ou polyatomiques, à partir du tableau périodique : <math>O_2</math>, <math>H_2</math>, <math>N_2</math>, <math>H_2O</math>, <math>CO_2</math>, <math>NH_3</math>, <math>CH_4</math>, <math>HCl</math>, <math>H^+</math>, <math>H_3O^+</math>, <math>Na^+</math>, <math>NH_4^+</math>, <math>Cl^-</math>, <math>OH^-</math>, <math>O^{2-}</math>.</p> <p>Interpréter la géométrie d'une entité à partir de son schéma de Lewis. <i>Utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels de représentation moléculaire pour visualiser la géométrie d'une entité.</i></p> <p>Déterminer le caractère polaire d'une liaison à partir de la donnée de l'électronégativité des atomes. Déterminer le caractère polaire ou apolaire d'une entité moléculaire à partir de sa géométrie et de la polarité de ses liaisons.</p>
B) De la structure des entités à la cohésion et à la solubilité/miscibilité d'espèces chimiques	
<p>Cohésion dans un solide. Modélisation par des interactions entre ions, entre entités polaires, entre entités apolaires et/ou par pont hydrogène.</p> <p>Dissolution des solides ioniques dans l'eau. Équation de réaction de dissolution.</p> <p>Extraction par un solvant. Solubilité dans un solvant. Miscibilité de deux liquides.</p>	<p>Expliquer la cohésion au sein de composés solides ioniques et moléculaires par l'analyse des interactions entre entités.</p> <p>Expliquer la capacité de l'eau à dissocier une espèce ionique et à solvater les ions. Modéliser, au niveau macroscopique, la dissolution d'un composé ionique dans l'eau par une équation de réaction, en utilisant les notations (s) et (aq). Calculer la concentration des ions dans la solution obtenue.</p> <p>Expliquer ou prévoir la solubilité d'une espèce chimique dans un solvant par l'analyse des interactions entre les entités. <i>Comparer la solubilité d'une espèce solide dans différents solvants (purs ou en mélange).</i> Interpréter un protocole d'extraction liquide-liquide à partir des valeurs de solubilités de l'espèce chimique dans les deux solvants. <i>Choisir un solvant et mettre en œuvre un protocole d'extraction liquide-liquide d'un soluté moléculaire.</i></p>

Hydrophilie/lipophilie/amphiphilie d'une espèce chimique organique.	Expliquer le caractère amphiphile et les propriétés lavantes d'un savon à partir de la formule semi-développée de ses entités. Citer des applications usuelles de tensioactifs. <i>Illustrer les propriétés des savons.</i>
---	--

### 3. Propriétés physico-chimiques, synthèses et combustions d'espèces chimiques organiques

Cette partie vise à fournir une première approche de la chimie organique en réinvestissant les notions précédemment acquises – schéma de Lewis, géométrie et polarité des entités, interactions entre entités et énergie de liaison – pour interpréter certaines étapes d'un protocole de synthèse et rendre compte de l'exothermicité des combustions.

Les notions de chaînes carbonées, de groupes caractéristiques, et de familles de composés sont introduites. Au niveau de la nomenclature, il est uniquement attendu en classe de première que les élèves justifient la relation entre nom et formule semi-développée de molécules comportant un seul groupe caractéristique.

La synthèse d'une espèce chimique organique permet de réinvestir les bilans de matière pour parvenir à la notion de rendement. Il est recommandé de proposer la synthèse d'un composé solide et celle d'un composé liquide pour diversifier les techniques d'isolement, de purification et d'analyse (ester et savon, par exemple).

La matière organique est transformée dans le vivant, au laboratoire ou dans l'industrie pour produire de très nombreuses espèces chimiques organiques. Elle est aussi exploitée, en tant que combustibles, dans divers dispositifs de chauffage ou de production d'énergie électrique. L'énergie dégagée par les transformations chimiques exothermiques, introduite en classe de seconde, est associée, en classe de première, aux énergies mises en jeu lors des ruptures et formations de liaisons.

Cette partie permet, en prenant appui sur des applications concrètes, d'illustrer le caractère opérationnel de la chimie, de faire prendre conscience des évolutions qu'elle a permises dans l'histoire de l'humanité et des défis scientifiques auxquels elle doit faire face en termes d'efficacité ou d'empreinte environnementale : synthèses de médicaments, utilisation de l'eau comme solvant, combustibles fossiles *versus* carburants agro-sourcés, méthanisation, etc. Ces problématiques peuvent constituer une source supplémentaire d'intérêt et de motivation pour les élèves.

#### Notions abordées en seconde

Synthèse d'une espèce chimique existant dans la nature, montage à reflux, chromatographie sur couche mince, réactions de combustion, transformations chimiques exothermiques et endothermiques.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
A) Structure des entités organiques	
Formules brutes et semi-développées. Squelettes carbonés saturés, groupes caractéristiques et familles fonctionnelles.	Identifier, à partir d'une formule semi-développée, les groupes caractéristiques associés aux familles de composés : alcool, aldéhyde, cétone et acide carboxylique.

Lien entre le nom et la formule semi-développée.	Justifier le nom associé à la formule semi-développée de molécules simples possédant un seul groupe caractéristique et inversement.
Identification des groupes caractéristiques par spectroscopie infrarouge.	Exploiter, à partir de valeurs de référence, un spectre d'absorption infrarouge. <i>Utiliser des modèles moléculaires ou des logiciels pour visualiser la géométrie de molécules organiques.</i>
<b>B) Synthèses d'espèces chimiques organiques</b>	
Étapes d'un protocole.	Identifier, dans un protocole, les étapes de transformation des réactifs, d'isolement, de purification et d'analyse (identification, pureté) du produit synthétisé. Justifier, à partir des propriétés physico-chimiques des réactifs et produits, le choix de méthodes d'isolement, de purification ou d'analyse.
Rendement d'une synthèse.	Déterminer, à partir d'un protocole et de données expérimentales, le rendement d'une synthèse. Schématiser des dispositifs expérimentaux des étapes d'une synthèse et les légènder. <i>Mettre en œuvre un montage à reflux pour synthétiser une espèce chimique organique.</i> <i>Isoler, purifier et analyser un produit formé.</i>
<b>C) Conversion de l'énergie stockée dans la matière organique</b>	
Combustibles organiques usuels.	Citer des exemples de combustibles usuels.
Modélisation d'une combustion par une réaction d'oxydo-réduction.	Écrire l'équation de réaction de combustion complète d'un alcane et d'un alcool.
Énergie molaire de réaction, pouvoir calorifique massique, énergie libérée lors d'une combustion.	Estimer l'énergie molaire de réaction pour une transformation en phase gazeuse à partir de la donnée des énergies des liaisons. <i>Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.</i>
Interprétation microscopique en phase gazeuse : modification des structures moléculaires, énergie de liaison.	
Combustions et enjeux de société.	Citer des applications usuelles qui mettent en œuvre des combustions et les risques associés. Citer des axes d'étude actuels d'applications s'inscrivant dans une perspective de développement durable.

## Mouvement et interactions

La mécanique est un domaine très riche du point de vue de l'observation et de l'expérience, mais aussi du point de vue conceptuel et méthodologique. Elle permet d'illustrer de façon pertinente la démarche de modélisation. Deux caractéristiques inhérentes à l'apprentissage de la mécanique méritent d'être soulignées :

- l'immédiateté et la familiarité des situations de mouvement et d'interactions qui ont permis d'ancrer chez les élèves des raisonnements spontanés souvent opératoires et donc à déconstruire ;
- la nécessaire mise en place de savoirs et savoir-faire d'ordre mathématique dont la maîtrise conditionne l'accès aux finalités et concepts propres à la mécanique.

Le programme de l'enseignement de spécialité de la classe de première complète les connaissances des élèves en lien avec des modèles d'interaction ; les interactions gravitationnelles et électrostatiques permettent aussi une première introduction à la notion de champ. La description d'un fluide au repos fournit l'occasion de décrire les actions exercées par un fluide. Enfin, dans la continuité du programme de la classe de seconde, un lien quantitatif entre la force appliquée à un système et la variation de sa vitesse est construit, d'abord à travers une formulation approchée de la deuxième loi de Newton, puis, dans la partie du programme dédiée au thème « Énergie : conversions et transferts », en adoptant un point de vue énergétique.

Il ne s'agit nullement de proposer aux élèves une présentation décontextualisée de la mécanique. Au contraire, les situations d'étude ou d'application sont nombreuses dans des domaines aussi variés que les transports, l'aéronautique, l'exploration spatiale, la biophysique, le sport, la géophysique, la planétologie, l'astrophysique. Par ailleurs, l'étude de la mécanique fournit d'excellentes opportunités de faire référence à l'histoire des sciences. Le fait de montrer qu'un même ensemble de notions permet de traiter des situations et des phénomènes d'échelles très diverses constitue un objectif de formation à part entière.

Lors des activités expérimentales, il est possible d'utiliser les outils courants de captation et de traitement d'images, ainsi que les nombreux capteurs présents dans les smartphones. L'activité de simulation peut également être mise à profit pour exploiter des modèles à des échelles d'espace ou de temps difficilement accessibles à l'expérimentation. Ce thème est l'occasion de développer des capacités de programmation, par exemple pour simuler et analyser le mouvement d'un système.

Au-delà des problématiques liées à la mise en place d'un modèle – s'appuyant ici sur la deuxième loi de Newton – la mécanique permet d'illustrer la physique comme science de la description des systèmes matériels en évolution.

### Notions abordées en seconde

Référentiel, vecteur position, vecteur vitesse, variation du vecteur vitesse, exemples de forces, principe d'inertie. Charge électrique élémentaire.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>1. Interactions fondamentales et introduction à la notion de champ</b>	
Charge électrique, interaction électrostatique, influence électrostatique. Loi de Coulomb.	Interpréter des expériences mettant en jeu l'interaction électrostatique. Utiliser la loi de Coulomb. Citer les analogies entre la loi de Coulomb et la loi d'interaction gravitationnelle.

<p>Force de gravitation et champ de gravitation. Force électrostatique et champ électrostatique.</p>	<p>Utiliser les expressions vectorielles :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la force de gravitation et du champ de gravitation ;</li> <li>- de la force électrostatique et du champ électrostatique.</li> </ul> <p>Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de champ de gravitation. <i>Illustrer l'interaction électrostatique. Cartographier un champ électrostatique.</i></p>
<p><b>2. Description d'un fluide au repos</b></p>	
<p>Échelles de description. Grandeurs macroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression, température. Modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte. Actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes. Loi fondamentale de la statique des fluides.</p>	<p>Expliquer qualitativement le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique des entités qui le constituent.</p> <p>Utiliser la loi de Mariotte. <i>Tester la loi de Mariotte, par exemple en utilisant un dispositif comportant un microcontrôleur.</i></p> <p>Exploiter la relation <math>F = P.S</math> pour déterminer la force pressante exercée par un fluide sur une surface plane <math>S</math> soumise à la pression <math>P</math>.</p> <p>Dans le cas d'un fluide incompressible au repos, utiliser la relation fournie exprimant la loi fondamentale de la statique des fluides : <math>P_2 - P_1 = \rho g(z_1 - z_2)</math>. <i>Tester la loi fondamentale de la statique des fluides.</i></p>
<p><b>3. Mouvement d'un système</b></p>	
<p>Vecteur variation de vitesse. Lien entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci. Rôle de la masse.</p>	<p>Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues ;</li> <li>- pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu.</li> </ul> <p><i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.</i></p> <p><b>Capacité numérique :</b> Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci.</p> <p><b>Capacité mathématique :</b> Sommer et soustraire des vecteurs.</p>

## L'énergie : conversions et transferts

### 1. Aspects énergétiques des phénomènes électriques

L'électricité est un domaine très présent au travers de ses multiples applications et riche, tant d'un point de vue conceptuel, que méthodologique et expérimental.

Dans la continuité du programme de seconde, cette partie met l'accent sur l'utilisation de dipôles électriques simples pour modéliser le comportement de systèmes électriques utilisés dans la vie quotidienne ou en laboratoire : générateurs, dont les piles, et capteurs. En évitant soigneusement toute confusion entre les concepts d'électricité et d'énergie, l'enjeu est d'analyser quelques situations typiques à l'aide de concepts énergétiques préalablement construits, notamment au collège. L'électricité est en effet un thème propice à l'étude de bilans énergétiques. La problématique de l'efficacité d'une conversion énergétique, fondamentale pour les enjeux environnementaux, est également abordée.

L'application de ces notions renvoie à de nombreux secteurs d'activités : télécommunications, transports, environnement, météorologie, santé, bioélectricité, etc. Dans tous ces domaines, des capteurs très divers, associés à des circuits électriques, sont utilisés pour mesurer des grandeurs physiques. Le programme permet d'aborder toutes ces applications avec un point de vue énergétique. La mise en œuvre de cette partie du programme est l'occasion d'utiliser des multimètres, des microcontrôleurs associés à des capteurs, des smartphones, des cartes d'acquisitions, des oscilloscopes, etc.

#### Notions abordées au collège (cycle 4) et en seconde

Énergie, puissance, relation entre puissance et énergie, identification des sources, transferts et conversions d'énergie, bilan énergétique pour un système simple, conversion d'un type d'énergie en un autre.

Tension, intensité, caractéristique tension-courant, loi d'Ohm, capteurs.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Porteur de charge électrique. Lien entre intensité d'un courant continu et débit de charges.  Modèle d'une source réelle de tension continue comme association en série d'une source idéale de tension continue et d'une résistance.	Relier intensité d'un courant continu et débit de charges.  Expliquer quelques conséquences pratiques de la présence d'une résistance dans le modèle d'une source réelle de tension continue. <i>Déterminer la caractéristique d'une source réelle de tension et l'utiliser pour proposer une modélisation par une source idéale associée à une résistance.</i>
Puissance et énergie. Bilan de puissance dans un circuit. Effet Joule. Cas des dipôles ohmiques. Rendement d'un convertisseur.	Citer quelques ordres de grandeur de puissances fournies ou consommées par des dispositifs courants. Définir le rendement d'un convertisseur. <i>Évaluer le rendement d'un dispositif.</i>

## 2. Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

Cette partie prolonge le thème « Mouvement et interactions » dont les situations d'étude peuvent être analysées du point de vue de l'énergie. Le travail des forces est introduit comme moyen d'évaluer les transferts d'énergie en jeu et le théorème de l'énergie cinétique comme bilan d'énergie, fournissant un autre lien entre forces et variation de la vitesse. Les concepts d'énergie potentielle et d'énergie mécanique permettent ensuite de discuter de l'éventuelle conservation de l'énergie mécanique, en particulier pour identifier des phénomènes dissipatifs.

### Notions abordées au collège (cycle 4)

Énergie cinétique, énergie potentielle (dépendant de la position), bilan énergétique pour un système simple, conversion d'un type d'énergie en un autre.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p>Énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel. Travail d'une force. Expression du travail dans le cas d'une force constante. Théorème de l'énergie cinétique. Forces conservatives. Énergie potentielle. Cas du champ de pesanteur terrestre. Forces non-conservatives : exemple des frottements. Énergie mécanique. Conservation et non conservation de l'énergie mécanique. Gain ou dissipation d'énergie.</p>	<p>Utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un système modélisé par un point matériel.</p> <p>Utiliser l'expression du travail <math>W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB}</math> dans le cas de forces constantes. Énoncer et exploiter le théorème de l'énergie cinétique.</p> <p>Établir et utiliser l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur pour un système au voisinage de la surface de la Terre.</p> <p>Calculer le travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.</p> <p>Identifier des situations de conservation et de non conservation de l'énergie mécanique. Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans des cas simples : chute libre en l'absence de frottement, oscillations d'un pendule en l'absence de frottement, etc. Utiliser la variation de l'énergie mécanique pour déterminer le travail des forces non conservatives. <i>Utiliser un dispositif (smartphone, logiciel de traitement d'images, etc.) pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un système dans différentes situations : chute d'un corps, rebond sur un support, oscillations d'un pendule, etc.</i> <b>Capacité numérique</b> : Utiliser un langage de programmation pour effectuer le bilan énergétique d'un système en mouvement. <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser le produit scalaire de deux vecteurs.</p>

## Ondes et signaux

### 1. Ondes mécaniques

Cette partie s'appuie sur les connaissances acquises en classe de seconde à propos des signaux sonores pour décrire des ondes dans des domaines variés. Le rôle particulier joué par le modèle des ondes périodiques permet d'introduire la double périodicité et la notion de longueur d'onde, comme grandeur dépendant à la fois de la source et du milieu.

Les domaines d'application sont nombreux : musique, médecine, investigation par ondes ultrasonores, géophysique, audiométrie, etc. Les activités expérimentales associées à cette partie du programme fournissent aux élèves l'occasion d'utiliser des outils variés comme des capteurs, des microcontrôleurs, des logiciels d'analyse ou de simulation d'un signal sonore, etc. L'emploi d'un smartphone comme outil d'acquisition et de caractérisation d'un son peut être envisagé.

#### Notions abordées en seconde

Signal sonore, propagation, vitesse de propagation, fréquence, période.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p>Onde mécanique progressive. Grandeurs physiques associées.</p>	<p>Décrire, dans le cas d'une onde mécanique progressive, la propagation d'une perturbation mécanique d'un milieu dans l'espace et au cours du temps : houle, ondes sismiques, ondes sonores, etc. Expliquer, à l'aide d'un modèle qualitatif, la propagation d'une perturbation mécanique dans un milieu matériel. <i>Produire une perturbation et visualiser sa propagation dans des situations variées, par exemple : onde sonore, onde le long d'une corde ou d'un ressort, onde à la surface de l'eau.</i></p>
<p>Célérité d'une onde. Retard.</p>	<p>Exploiter la relation entre la durée de propagation, la distance parcourue par une perturbation et la célérité, notamment pour localiser une source d'onde. <i>Déterminer, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur ou d'un smartphone, une distance ou la célérité d'une onde. Illustrer l'influence du milieu sur la célérité d'une onde.</i></p>
<p>Ondes mécaniques périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.</p>	<p>Distinguer périodicité spatiale et périodicité temporelle. Justifier et exploiter la relation entre période, longueur d'onde et célérité. Déterminer les caractéristiques d'une onde mécanique périodique à partir de représentations spatiales ou temporelles. <i>Déterminer la période, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale à l'aide d'une chaîne de mesure.</i> <b>Capacités numériques</b> : Représenter un signal périodique et illustrer l'influence de ses caractéristiques (période, amplitude) sur sa représentation. Simuler à l'aide d'un langage de programmation, la propagation d'une onde périodique. <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser les représentations graphiques des fonctions sinus et cosinus.</p>

## 2. La lumière : images et couleurs, modèles ondulatoire et particulaire

Dans la continuité du programme de seconde, cette partie vise à expliciter les relations algébriques relatives à la formation d'une image par une lentille mince convergente et à permettre d'utiliser cette description quantitative dans le cadre de technologies actuelles, recourant par exemple à des lentilles à focale variable. En complément de ce modèle géométrique, deux modèles de la lumière – ondulatoire et particulaire – sont ensuite abordés ; ils seront approfondis dans le cadre de l'enseignement de spécialité physique-chimie de la classe terminale.

Les domaines d'application de cette partie sont très variés : vision humaine, photographie, vidéo, astrophysique, imagerie scientifique, art, spectacle, etc. La mise en œuvre de cette partie du programme est source de nombreuses expériences démonstratives et d'activités expérimentales quantitatives.

### Notions abordées en seconde

Lentille mince convergente, image réelle d'un objet réel, distance focale, grandissement, dispersion, spectres, longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
A) Images et couleurs	
<p>Relation de conjugaison d'une lentille mince convergente. Grandissement. Image réelle, image virtuelle, image droite, image renversée.</p> <p>Couleur blanche, couleurs complémentaires. Couleur des objets. Synthèse additive, synthèse soustractive. Absorption, diffusion, transmission. Vision des couleurs et trichromie.</p>	<p>Exploiter les relations de conjugaison et de grandissement fournies pour déterminer la position et la taille de l'image d'un objet-plan réel. Déterminer les caractéristiques de l'image d'un objet-plan réel formée par une lentille mince convergente. <i>Estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.</i> <i>Tester la relation de conjugaison d'une lentille mince convergente.</i> <i>Réaliser une mise au point en modifiant soit la distance focale de la lentille convergente soit la géométrie du montage optique.</i></p> <p><b>Capacités mathématiques :</b> Utiliser le théorème de Thalès. Utiliser des grandeurs algébriques.</p> <p>Choisir le modèle de la synthèse additive ou celui de la synthèse soustractive selon la situation à interpréter. Interpréter la couleur perçue d'un objet à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission. Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées et l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente. <i>Illustrer les notions de synthèse additive, de synthèse soustractive et de couleur des objets.</i></p>

## B) Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

<p>Domaines des ondes électromagnétiques. Relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence.</p> <p>Le photon. Énergie d'un photon. Description qualitative de l'interaction lumière-matière : absorption et émission. Quantification des niveaux d'énergie des atomes.</p>	<p>Utiliser une échelle de fréquences ou de longueurs d'onde pour identifier un domaine spectral. Citer l'ordre de grandeur des fréquences ou des longueurs d'onde des ondes électromagnétiques utilisées dans divers domaines d'application (imagerie médicale, optique visible, signaux wifi, micro-ondes, etc.). Utiliser l'expression donnant l'énergie d'un photon. Exploiter un diagramme de niveaux d'énergie en utilisant les relations <math>\lambda = c / \nu</math> et <math>\Delta E = h\nu</math>. <i>Obtenir le spectre d'une source spectrale et l'interpréter à partir du diagramme de niveaux d'énergie des entités qui la constituent.</i></p>
---	--

## Capacités expérimentales

Cette partie présente l'ensemble des capacités expérimentales que les élèves doivent acquérir dans le cadre de l'enseignement de spécialité physique-chimie de la classe de première. La liste qui suit indique ce que les élèves doivent savoir réaliser à l'issue de leur formation conduite dans le cadre des « activités expérimentales support de la formation ». Ces capacités peuvent être mobilisées lors de l'étude de différentes parties du programme et certaines d'entre elles peuvent être mises en œuvre plusieurs fois au cours de l'année. Elles se veulent au service, d'une part, de l'apprentissage des méthodes et concepts et, d'autre part, de l'acquisition des compétences de la démarche scientifique. Partie intégrante de l'activité de modélisation, cette maîtrise des capacités expérimentales relève principalement de la compétence « Réaliser » mais ne s'y limite pas.

La liste des capacités est organisée selon les thèmes du programme. Deux d'entre elles sont communes à l'ensemble des thèmes :

- respecter les règles de sécurité liées au travail en laboratoire ;
- mettre en œuvre un logiciel de simulation et de traitement des données.

## Constitution et transformations de la matière

- Préparer une solution par dissolution ou par dilution en choisissant le matériel adapté.
- Réaliser le spectre d'absorption UV-visible d'une espèce chimique.
- Réaliser des mesures d'absorbance en s'aidant d'une notice.
- Mettre en œuvre un test de reconnaissance pour identifier une espèce chimique.
- Mettre en œuvre le protocole expérimental d'un titrage direct avec repérage colorimétrique de l'équivalence.
- Utiliser un logiciel de simulation et des modèles moléculaires pour visualiser la géométrie d'entités chimiques.
- Proposer et mettre en œuvre un protocole d'extraction liquide-liquide d'une espèce chimique à partir de données de solubilité et de miscibilité.
- Mettre en œuvre des dispositifs de chauffage à reflux et de distillation fractionnée.
- Réaliser une filtration, un lavage pour isoler et purifier une espèce chimique.
- Réaliser une chromatographie sur couche mince.
- Mettre en œuvre un dispositif pour estimer une température de changement d'état.

- Respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation de produits chimiques et de verrerie.
- Respecter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange pour minimiser l'impact sur l'environnement.

## Mouvement et interactions

- Mettre en œuvre un dispositif permettant d'illustrer l'interaction électrostatique.
- Utiliser un dispositif permettant de repérer la direction du champ électrique.
- Mesurer une pression dans un gaz et dans un liquide.
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant de collecter des données sur un mouvement (vidéo, chronophotographie, etc.).

## L'énergie : conversions et transferts

- Utiliser un multimètre, adapter le calibre si nécessaire.
- Réaliser un montage électrique conformément à un schéma électrique normalisé.
- Mesurer et traiter un signal au moyen d'une interface de mesure ou d'un microcontrôleur.
- Commander la production d'un signal grâce à un microcontrôleur.
- Mettre en œuvre un protocole permettant d'estimer une énergie transférée électriquement ou mécaniquement.
- Respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation d'appareils électriques.

## Ondes et signaux

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'illustrer la propagation d'une perturbation mécanique.
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant de collecter des données sur la propagation d'une perturbation mécanique (vidéo, chronophotographie, etc.).
- Mettre en œuvre un dispositif permettant de mesurer la période, la longueur d'onde, la célérité d'une onde périodique.
- Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.
- Réaliser un montage optique comportant une lentille mince pour visualiser l'image d'un objet plan réel.
- Mettre en œuvre un dispositif pour illustrer la synthèse additive ou la synthèse soustractive.
- Mettre en œuvre un dispositif pour illustrer que la couleur apparente d'un objet dépend de la source de lumière.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'obtenir un spectre d'émission.
- Respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation de sources lumineuses.

## Annexe

# Programme d'enseignement scientifique de terminale générale

---

## Préambule

L'ensemble des disciplines scientifiques concourt à la compréhension du monde, de son organisation, de son fonctionnement et des lois qui le régissent, ainsi qu'à la maîtrise des outils et des technologies. L'histoire des sciences raconte une aventure de l'esprit humain, lancé dans une exploration du monde (la science pour savoir) et dans une action sur le monde (la science pour faire).

Le développement des sciences et des technologies a profondément modifié les conditions de vie des êtres humains et les sociétés dans lesquelles ils vivent. Cela s'est traduit par d'importants progrès, dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de la communication, des transports, etc. Grâce à ses inventions, l'être humain a désormais les moyens d'agir sur son environnement immédiat. Par son impact, l'espèce humaine modifie également les équilibres à l'échelle globale de la planète. La présence humaine modifie le climat ; ses déchets s'accumulent et son utilisation des ressources naturelles est massive. Si l'espèce humaine n'est pas la première forme de vie à transformer la planète, c'est sans aucun doute la première qui s'en préoccupe.

Grâce, notamment, à l'approche scientifique, l'être humain dispose des outils intellectuels nécessaires pour devenir un acteur conscient et responsable de la relation au monde et de la transformation des sociétés. L'approche scientifique nourrit le jugement critique et rencontre des préoccupations d'ordre éthique. Ainsi, c'est de façon rationnellement éclairée que chacun doit être en mesure de participer à la prise de décisions, individuelles et collectives, locales ou globales.

La science construit peu à peu un corpus de connaissances grâce à des méthodes spécifiques : elle élabore un ensemble de théories, établit des lois, invente des concepts, découvre des mécanismes ; cet ensemble se perfectionne par la confrontation à des faits nouvellement connus, souvent en lien avec l'évolution des techniques. Le savoir scientifique est une construction collective qui a une histoire. Il est fondé sur le raisonnement rationnel et la recherche de causes matérielles ; il se développe parfois en réfutation des intuitions premières au-delà desquelles le scientifique doit s'aventurer.

La compréhension de l'histoire des savoirs scientifiques et de leur mode de construction, la pratique véritable d'une démarche scientifique (y compris dans sa dimension concrète) développent des qualités de l'esprit utiles à tous. En fréquentant la science, chacun développe son intelligence, sa curiosité sa raison, son humilité devant les faits et les idées pour enrichir son savoir.

Le but essentiel de l'enseignement scientifique est de dispenser une formation scientifique générale pour tous les élèves, tout en offrant un point d'appui pour ceux qui poursuivent et veulent poursuivre des études scientifiques. Il ne vise pas à construire un savoir encyclopédique mais cherche plutôt à atteindre trois buts intimement liés :

- contribuer à faire de chaque élève une personne lucide, consciente de ce qu'elle est, de ce qu'est le monde et de ce qu'est sa relation au monde ;
- contribuer à faire de chaque élève un citoyen ou une citoyenne responsable, qui connaît les conséquences de ses actions sur le monde et dispose des outils nécessaires pour les contrôler ;
- contribuer au développement en chaque élève d'un esprit rationnel, autonome et éclairé, capable d'exercer une analyse critique face aux fausses informations et aux rumeurs.

## Programme

Pour atteindre les objectifs définis en préambule, ce programme précise d'une part des objectifs généraux de formation et présente d'autre part un ensemble d'objectifs thématiques dont les contenus sont largement interdisciplinaires.

Les premiers ont pour but d'aider les élèves à cerner ce que la connaissance scientifique a de spécifique, dans ses pratiques, dans ses méthodes d'élaboration et dans ses enjeux de société. Les objectifs thématiques visent à consolider la culture scientifique des élèves tout en leur fournissant les éléments d'une pratique autonome du raisonnement scientifique dans des contextes variés.

Ces deux aspects sont complémentaires. Les professeurs décident comment satisfaire aux objectifs de formation générale en traitant les contenus de chaque thème. Ils doivent veiller à respecter un juste équilibre entre ces deux composantes de l'enseignement.

Les objectifs généraux de formation et les suggestions pédagogiques qui suivent concernent les deux années du cycle terminal dont les programmes constituent un ensemble cohérent.

## Objectifs généraux de formation

L'enseignement scientifique cherche à développer des compétences générales par la pratique de la réflexion scientifique. **Les objectifs ci-dessous énoncés constituent une dimension essentielle de l'enseignement scientifique et ne doivent pas être négligés au profit du seul descriptif thématique.** Ils sont regroupés autour de trois idées, d'ailleurs liées entre elles.

- **Comprendre la nature du savoir scientifique et ses méthodes d'élaboration**

Le savoir scientifique résulte d'une construction rationnelle. Il se distingue d'une croyance ou d'une opinion. Il s'appuie sur l'analyse de faits extraits de la réalité complexe ou produits au cours d'expériences. Il cherche à expliquer la réalité par des causes matérielles.

Le savoir scientifique résulte d'une longue construction collective jalonnée d'échanges d'arguments, de controverses parfois vives. C'est lentement qu'une certitude raisonnable s'installe et se précise, au gré de la prise en compte de faits nouveaux, souvent en lien avec les progrès techniques. Ce long travail intellectuel met en jeu l'énoncé d'hypothèses dont on tire des conséquences selon un processus logique. Ces modalités sont d'ailleurs en partie variables selon les disciplines concernées.

**Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit donc, en permanence, d'associer l'acquisition de quelques savoirs et savoir-faire exigibles à la compréhension de leur nature et de leur construction.**

- **Identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques**

Au cours de son activité de production du savoir, le scientifique met en œuvre un certain nombre de pratiques qui, si elles ne sont pas spécifiques de son travail, en sont néanmoins des aspects incontournables.

Quelques mots-clés permettent de les présenter : observer, décrire, mesurer, quantifier, calculer, imaginer, modéliser, simuler, raisonner, prévoir le futur ou remonter dans le passé.

Cet enseignement contribue au développement des compétences langagières orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre.

**Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit, chaque fois que l'on met en œuvre une authentique pratique scientifique, de l'explicitier et de prendre conscience de sa nature.**

- **Identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et sur l'environnement**

Les sociétés modernes sont profondément transformées par la science et ses applications technologiques. Leurs effets touchent l'alimentation (agriculture et agroalimentaire), la santé (médecine), les communications (transports, échange d'information), l'apprentissage et la réflexion (intelligence artificielle), la maîtrise des risques naturels et technologiques, la protection de l'environnement, etc.

La compréhension de ces transformations est indispensable à la prise de décision ; elle distingue l'approche purement scientifique d'autres approches (économiques, éthiques, etc.).

De même, les activités humaines exercent sur l'environnement des effets que la science permet de comprendre et de contrôler.

Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit de faire comprendre à chacun en quoi la culture scientifique est aujourd'hui indispensable pour saisir l'évolution des sociétés comme celle de l'environnement et de contrôler cette évolution.

**En classe terminale, l'enseignement scientifique peut être mis en relation avec le programme de philosophie concernant les questions d'épistémologie et d'éthique, éclairées de façon complémentaire par ces deux enseignements.**

## Suggestions pédagogiques

Si les objectifs généraux ou thématiques sont clairement identifiés dans le programme, la manière de les atteindre relève de la liberté pédagogique du professeur ou de l'équipe de professeurs. Ce paragraphe ne limite nullement cette liberté pédagogique ni n'en canalise l'expression. Cependant, quelques principes pédagogiques généraux méritent d'être pris en compte pour atteindre les objectifs fixés.

- **Un enseignement en prise avec le réel complexe**

Le scientifique rend intelligible le monde en déchiffrant la réalité complexe, dont il extrait des éléments qu'il analyse et dont il élucide les interactions. Il est néanmoins opportun de saisir une ou des occasion(s) de montrer la complexité du réel lui-même. Une manière privilégiée de le faire consiste à travailler hors des murs de la classe ou de l'établissement (terrain naturel, laboratoire, entreprise, musée, etc.).

La prise en compte de la complexité impose aussi le croisement des approches de plusieurs disciplines, ce qui se traduit par le caractère interdisciplinaire de cet enseignement (y compris en dehors du champ scientifique). La rubrique *Histoire, enjeux, débats* offre des occasions de collaborations variées.

- **Une place particulière pour les mathématiques**

Selon Galilée, le grand livre de la Nature est écrit en langage mathématique. C'est dans cet esprit que les mathématiques trouvent leur place dans ce programme d'enseignement scientifique. De surcroît, l'omniprésence (quoique souvent invisible) des mathématiques dans la vie quotidienne impose aujourd'hui à tout individu de disposer de savoirs et de savoir-faire mathématiques pour réussir pleinement sa vie personnelle, professionnelle et sociale. Le traitement des thèmes figurant au programme permet de présenter des méthodes, modèles et outils mathématiques utilisés pour décrire et expliquer la réalité complexe du monde, mais aussi pour prédire ses évolutions. Parallèlement, le programme offre de nombreuses occasions de confronter les élèves à une pratique effective des mathématiques dans des contextes issus d'autres disciplines. Cette pratique leur permet à la fois de consolider, dans des contextes nouveaux, des compétences de calcul, de raisonnement logique et de représentation et d'exercer leur esprit critique en interrogeant les résultats d'un modèle mathématique.

- **Une place réservée à l'observation et l'expérience en laboratoire**

Si des études documentaires ou la résolution d'exercices permettent la mise en œuvre d'une démarche scientifique, la pratique expérimentale des élèves est essentielle. En particulier, il est bienvenu, chaque fois que possible, de créer les conditions permettant un travail de laboratoire fondé sur diverses formes de manipulations et d'observations. Ainsi, l'élève se livre lui-même à la confrontation entre faits et idées et comprend, en la pratiquant, la construction du savoir scientifique.

- **Une place importante pour l'histoire raisonnée des sciences**

L'une des manières de comprendre comment se construit le savoir scientifique est de retracer le cheminement effectif de sa construction au cours de l'histoire des sciences. Il ne s'agit pas de donner à l'élève l'illusion qu'il trouve en quelques minutes ce qui a demandé le travail de nombreuses générations de chercheurs, mais plutôt, en se focalisant sur un petit nombre d'étapes bien choisies de l'histoire des sciences, de faire comprendre le rôle clé joué par certaines découvertes. Le rôle prépondérant joué parfois par tel ou tel chercheur sera souligné. Ce sera aussi l'occasion de montrer que l'histoire du savoir scientifique est une aventure humaine. Cela permettra d'interroger la dimension sociale et culturelle de la construction du savoir scientifique, en particulier la place des femmes dans l'histoire des sciences. Des controverses, parfois dramatiques, agitent la communauté scientifique. Ainsi, peu à peu, le savoir progresse et se précise.

- **Un usage explicite des outils numériques**

Des outils numériques variés trouvent des applications dans le cadre de l'enseignement scientifique : logiciels de calcul ou de simulation, environnements de programmation, logiciels tableurs, etc. Il convient d'associer leur utilisation par les élèves à la compréhension au moins élémentaire de leur nature et de leur fonctionnement.

## Objectifs thématiques

La suite du programme se présente comme une succession de trois thèmes, présentant de forts enjeux de société. Ces thèmes sont au service des trois grands objectifs de formation (comprendre la nature du savoir scientifique et ses modes d'élaboration, identifier et mettre en œuvre des pratiques scientifiques, identifier et comprendre les effets de la science sur les sociétés et l'environnement). Sa structure est explicitée ci-dessous.

La rubrique *Histoire, enjeux, débats* établit d'une part quelques éléments historiques en rapport avec la thématique et identifie d'autre part des liens entre le thème et quelques questions socialement vives (économiques, éthiques, etc.). Il est demandé que dans chaque thème, la manière d'aborder les attendus fasse une place à au moins l'un des items de cette liste. Par exemple, on peut choisir de traiter un point selon une démarche historique, mettre l'accent sur ses implications éthiques, etc.

Une disposition en colonnes indique des savoirs et savoir-faire exigibles. Ce sont des objectifs précisément identifiés (notamment en vue de l'évaluation). Ils laissent au professeur ou à l'équipe de professeurs toute latitude pour construire la démarche. Cette double colonne indique les attendus spécifiques des thèmes. L'objectif de l'enseignement est à la fois de construire ces attendus, de former l'esprit et d'atteindre les objectifs généraux listés plus haut.

La rubrique *Prérequis et limites* montre comment sont mobilisés des acquis des classes antérieures et explicite des limites pour préciser les exigences du programme.

## Thème 1 : Science, climat et société

L'atmosphère primitive de la Terre était différente de celle d'aujourd'hui. Sa transformation au cours des milliards d'années est liée aux processus géologiques et biologiques.

Depuis la révolution industrielle, l'activité humaine modifie de manière significative la composition atmosphérique. Ces modifications affectent l'équilibre dynamique des enveloppes fluides de la Terre.

Les conséquences de l'activité humaine sur la composition atmosphérique, celles qui sont déjà observées et celles qui sont prévisibles, sont multiples et importantes, tant pour l'humanité que pour les écosystèmes. Les choix raisonnés des individus et des sociétés dans ce domaine s'appuient sur les apports des sciences et des technologies.

### Histoire, enjeux et débats

- Les enjeux du réchauffement climatique global.
- Les acteurs des analyses climatiques : recherche et programmes mondiaux (Organisation Météorologique Mondiale, modèles climatiques) ; coordination (Nations-Unies) ; évaluation (Groupe Intergouvernemental pour l'Étude du Climat).
- Un enjeu mondial : l'océan.
- Les ressources et les utilisations de l'énergie dans le monde.
- Le trou dans la couche d'ozone : de sa découverte à des prises de décisions mondiales.

### 1.1 L'atmosphère terrestre et la vie

Depuis l'époque de sa formation, quasi concomitante avec celle du Soleil et des autres planètes du système solaire, la Terre a connu une évolution spécifique de sa surface et de la composition de son atmosphère. Sa température de surface permet l'existence d'eau liquide, formant l'hydrosphère.

Aux facteurs physiques et géologiques (activité solaire, distance au Soleil, tectonique) s'est ajoutée l'émergence des êtres vivants et de leurs métabolismes. Un fragile équilibre est atteint, qui permet la vie et la maintient.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Il y a environ 4,6 milliards d'années, l'atmosphère primitive était composée de N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O. Sa composition actuelle est d'environ 78 % de N<sub>2</sub> et 21 % de O<sub>2</sub>, avec des traces d'autres gaz (dont H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O).</p> <p>Le refroidissement de la surface de la Terre primitive a conduit à la liquéfaction de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère initiale. L'hydrosphère s'est formée, dans laquelle s'est développée la vie.</p> <p>Les premières traces de vie sont datées d'il y a au moins 3,5 milliards d'années. Par leur métabolisme photosynthétique, des cyanobactéries ont produit le dioxygène qui a oxydé, dans l'océan, des espèces chimiques réduites. Le dioxygène s'est accumulé à partir de 2,4 milliards d'années dans l'atmosphère. Sa concentration atmosphérique actuelle a été atteinte il y a 500 millions d'années environ.</p> <p>Les sources et puits de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liés aux êtres vivants (photosynthèse et respiration) et aux combustions.</p> <p>Sous l'effet du rayonnement ultraviolet solaire, le</p>	<p>Analyser des données, en lien avec l'évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques.</p> <p>Déterminer l'état physique de l'eau pour une température et une pression donnée à partir de son diagramme d'état.</p> <p>Mettre en relation la production de O<sub>2</sub> dans l'atmosphère avec des indices géologiques (oxydes de fer rubanés, stromatolithes ...).</p> <p>Ajuster les équations des réactions chimiques d'oxydation du fer par le dioxygène.</p> <p>Interpréter des spectres</p>

<p>dioxygène stratosphérique peut se dissocier, initiant une transformation chimique qui aboutit à la formation d'ozone. Celui-ci constitue une couche permanente de concentration maximale située à une altitude d'environ 30 km. La couche d'ozone absorbe une partie du rayonnement ultraviolet solaire et protège les êtres vivants de ses effets mutagènes.</p> <p>Le carbone est stocké dans plusieurs réservoirs superficiels : l'atmosphère, les sols, les océans, la biosphère et les roches. Les échanges de carbone entre ces réservoirs sont quantifiés par des flux (tonne/an). Les quantités de carbone dans les différents réservoirs sont constantes lorsque les flux sont équilibrés. L'ensemble de ces échanges constitue le cycle du carbone sur Terre.</p> <p>Les combustibles fossiles se sont formés à partir du carbone des êtres vivants, il y a plusieurs dizaines à plusieurs centaines de millions d'années. Ils ne se renouvellent pas suffisamment vite pour que les stocks se reconstituent : ces ressources en énergie sont dites non renouvelables.</p>	<p>d'absorption de l'ozone et de l'ADN dans le domaine ultraviolet.</p> <p>Analyser un schéma représentant le cycle biogéochimique du carbone pour comparer les stocks des différents réservoirs et identifier les flux principaux de carbone d'origine anthropique ou non.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>L'enjeu est de comprendre les relations étroites entre l'histoire de la Terre et celle de la vie. Sans chercher à dater précisément chaque événement, il s'agit de connaître les différentes échelles de temps concernées. Aucun développement général sur les réactions d'oxydo-réduction n'est attendu.</p>	
<p><b>1.2 La complexité du système climatique</b></p> <p>Le système climatique et son évolution dans le temps résultent de plusieurs facteurs naturels et d'interactions entre océans, atmosphère, biosphère, lithosphère et cryosphère. Il est nécessaire de prendre en compte ces interactions à différentes échelles spatiales et temporelles (de l'année au million d'années voire davantage). Le système climatique présente une variabilité spontanée et réagit aux perturbations de son bilan d'énergie par des mécanismes appelés rétroactions. Les facteurs anthropiques ont des conséquences irréversibles à court terme.</p>	
<p><b>Savoirs</b></p>	<p><b>Savoir-faire</b></p>
<p>Un climat est défini par un ensemble de moyennes de grandeurs atmosphériques observées dans une région donnée pendant une période donnée. Ces grandeurs sont principalement la température, la pression, le degré d'hygrométrie, la pluviométrie, la nébulosité, la vitesse et la direction des vents.</p> <p>La climatologie étudie les variations du climat local ou global à moyen ou long terme (années, siècles, millénaires...).</p> <p>La météorologie étudie les phénomènes atmosphériques qu'elle prévoit à court terme (jours, semaines).</p> <p>La température moyenne de la Terre, calculée à partir de mesures <i>in situ</i> et depuis l'espace par des satellites, est l'un des indicateurs du climat global. Il en existe d'autres : volume des océans, étendue des glaces et des glaciers...</p> <p>Le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur</p>	<p>Distinguer sur un document des données relevant du climat d'une part, de la météorologie d'autre part.</p> <p>Identifier des tendances d'évolution de la température sur plusieurs échelles de temps à partir de graphiques.</p> <p>Identifier des traces géologiques</p>

<p>différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO<sub>2</sub> atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement.</p>	<p>de variations climatiques passées (pollens, glaciers).</p>
<p>Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1°C). Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère : CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O et vapeur d'eau principalement.</p> <p>Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol de la part de l'atmosphère. Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle. L'énergie supplémentaire associée est essentiellement stockée par les océans, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et la montée du niveau des océans.</p>	<p>Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques.</p> <p>Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps (date de vendanges, niveau de la mer, extension d'un glacier, ...).</p> <p>Analyser la variation au cours du temps de certaines grandeurs telles que l'augmentation de la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub>, la variation de température moyenne, des indicateurs de l'activité économique mondiale.</p>
<p>L'évolution de la température terrestre moyenne résulte de plusieurs effets amplificateurs (rétroaction positive), dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère ;</li> <li>- la décroissance de la surface couverte par les glaces et diminution de l'albédo terrestre ;</li> <li>- le dégel partiel du permafrost provoquant une libération de GES dans l'atmosphère.</li> </ul> <p>L'océan a un rôle amortisseur en absorbant à sa surface une fraction importante de l'apport additionnel d'énergie. Cela conduit à une élévation du niveau de la mer causée par la dilatation thermique de l'eau. À celle-ci s'ajoute la fusion des glaces continentales. Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles.</p> <p>À court terme, un accroissement de la végétalisation constitue un puits de CO<sub>2</sub> et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).</p>	<p>Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui sous-tendent la dynamique d'un système.</p> <p>Réaliser et interpréter une expérience simple, mettant en évidence la différence d'impact entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer.</p> <p>Estimer la variation du volume de l'océan associée à une variation de température donnée, en supposant cette variation limitée à une couche superficielle d'épaisseur donnée.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>Les notions d'équilibre radiatif de la Terre et d'effet de serre atmosphérique, étudiées en classe de première, sont mobilisées. L'étude des paramètres orbitaux de la Terre et de leur influence sur le climat n'est pas au programme.</p>	

### 1.3 Le climat du futur

L'analyse du système climatique, réalisée à l'aide de modèles numériques, repose sur des mesures et des calculs faisant appel à des lois physiques, chimiques, biologiques connues. Assorties d'hypothèses portant sur l'évolution de la production des gaz à effet de serre, les projections issues de ces modèles dessinent des fourchettes d'évolution du système climatique au XXI<sup>e</sup> siècle.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Les modèles climatiques s'appuient sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la mise en équations des mécanismes essentiels qui agissent sur le système Terre ;</li> <li>- des méthodes numériques de résolution.</li> </ul> <p>Les résultats des modèles sont évalués par comparaison aux observations <i>in situ</i> et spatiales ainsi qu'à la connaissance des paléoclimats.</p> <p>Ces modèles, nombreux et indépendants, réalisent des projections climatiques. Après avoir anticipé les évolutions des dernières décennies, ils estiment les variations climatiques globales et locales à venir sur des décennies ou des siècles.</p>	<p>Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques.</p>
<p>L'analyse scientifique combinant observations, éléments théoriques et modélisations numériques permet aujourd'hui de conclure que l'augmentation de température moyenne depuis le début de l'ère industrielle est liée à l'activité humaine : CO<sub>2</sub> produit par la combustion d'hydrocarbures, la déforestation, la production de ciment ; CH<sub>4</sub> produit par les fuites de gaz naturel, la fermentation dans les décharges, certaines activités agricoles.</p> <p>Les modèles s'accordent à prévoir, avec une forte probabilité d'occurrence, dans des fourchettes dépendant de la quantité émise de GES :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- une augmentation de 1,5 à 5°C de la température moyenne entre 2017 et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle ;</li> <li>- une élévation du niveau moyen des océans entre le début du XXI<sup>e</sup> siècle et 2100 pouvant atteindre le mètre ;</li> <li>- des modifications des régimes de pluie et des événements climatiques extrêmes ;</li> <li>- une acidification des océans ;</li> <li>- un impact majeur sur les écosystèmes terrestres et marins.</li> </ul>	<p>Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour expliquer des corrélations par des liens de cause à effet.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>Les notions déjà connues sur la photosynthèse et les écosystèmes sont mobilisées. Les équations mathématiques utilisées dans les modèles climatiques ne sont pas évoquées.</p>	

### 1.4 Énergie, choix de développement et futur climatique

La consommation mondiale d'énergie fait majoritairement appel aux combustibles fossiles, principale cause du réchauffement climatique. Il est donc essentiel d'identifier, pour toute activité, individuelle ou collective, ou tout produit, l'impact sur la production de gaz à effet de serre. L'identification d'autres effets collatéraux, notamment sur la santé, est importante. Les différents scénarios de l'évolution globale du climat dépendent des stratégies que l'humanité mettra en œuvre.

Savoirs	Savoir-faire
<p>L'énergie utilisée dans le monde provient d'une diversité de ressources parmi lesquelles les combustibles fossiles dominent.</p> <p>La consommation en est très inégalement répartie selon la richesse des pays et des individus.</p> <p>La croissance de la consommation globale (doublement dans les 40 dernières années) est directement liée au modèle industriel de production et de consommation des sociétés.</p> <p>En moyenne mondiale, cette énergie est utilisée à parts comparables par le secteur industriel, les transports, le secteur de l'habitat et dans une moindre mesure par le secteur agricole.</p> <p>Les énergies primaires sont disponibles sous forme de stocks (combustibles fossiles, uranium) et de flux (flux radiatif solaire, flux géothermique, puissance gravitationnelle à l'origine des marées).</p>	<p>Utiliser les différentes unités d'énergie employées (Tonne Équivalent Pétrole (TEP), kWh...) et les convertir en joules – les facteurs de conversion étant fournis.</p> <p>Exploiter des données de production et d'utilisation d'énergie à différentes échelles (mondiale, nationale, individuelle...).</p> <p>Comparer quelques ordres de grandeur d'énergie et de puissance : corps humain, objets du quotidien, centrale électrique, flux radiatif solaire...</p>
<p>La combustion de carburants fossiles et de biomasse libère du dioxyde de carbone et également des aérosols et d'autres substances (<math>N_2O</math>, <math>O_3</math>, suies, produits soufrés), qui affectent la qualité de l'air respiré et la santé.</p>	<p>Calculer la masse de dioxyde de carbone produite par unité d'énergie dégagée pour différents combustibles (l'équation de réaction et l'énergie massique dégagée étant fournies).</p> <p>À partir de documents épidémiologiques, identifier et expliquer les conséquences sur la santé de certains polluants atmosphériques, telles les particules fines résultant de combustions.</p>
<p>L'empreinte carbone d'une activité ou d'une personne est la masse de <math>CO_2</math> produite directement ou indirectement par sa consommation d'énergie et/ou de matière première.</p>	<p>Comparer sur l'ensemble de leur cycle de vie les impacts d'objets industriels (par exemple, voiture à moteur électrique ou à essence).</p> <p>À partir de documents, analyser l'empreinte carbone de différentes activités humaines et proposer des comportements pour la minimiser ou la compenser.</p>
<p>Les scénarios de transition écologique font différentes hypothèses sur la quantité de GES émise dans le futur. Ils évaluent les changements prévisibles, affectant les</p>	<p>Analyser l'impact de l'augmentation du <math>CO_2</math> sur le développement de la végétation.</p>

<p>écosystèmes et les conditions de vie des êtres humains, principalement les plus fragiles. Les projections fournies par les modèles permettent de définir les aléas et peuvent orienter les prises de décision. Les mesures d'adaptation découlent d'une analyse des risques et des options pour y faire face.</p>	<p>Analyser des extraits de documents du GIEC ou d'accords internationaux proposant différents scénarios.</p>
--	---

**Prérequis et limites**

Les notions de formes et de transfert d'énergie, ainsi que celle de puissance, déjà connues, sont mobilisées. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est convoquée.

**Thème 2 : Le futur des énergies**

Dans le secteur de l'énergie, l'électricité joue un rôle majeur dans le développement économique. Produire de l'électricité sans contribuer au réchauffement climatique, en concevoir le stockage sous d'autres formes, optimiser son transport deviennent des objectifs majeurs d'une transition climatique et environnementale.

L'histoire du développement des générateurs d'électricité fournit de féconds exemples d'échanges entre la science fondamentale, la technologie et l'industrie.

**Histoire, enjeux, débat**

- L'essor de l'électromagnétisme au XIXe siècle.
- Einstein et les quanta.
- Aspects historiques de la distribution d'énergie électrique.
- Les combustibles alternatifs à empreinte carbone réduite.
- Les enjeux de l'utilisation de l'énergie nucléaire : de la fission à la fusion contrôlée.
- Les accumulateurs électrochimiques dans la société.

**2.1 Deux siècles d'énergie électrique**

Depuis le XIXe siècle, les progrès de la recherche scientifique fondamentale et de l'invention technique ont conduit à développer des générateurs électriques pratiques, performants, à l'impact climatique et environnemental de moins en moins marqué.

Historiquement, le développement des techniques d'obtention d'énergie électrique s'est appuyé sur des découvertes expérimentales et des avancées théoriques qui furent souvent le résultat de recherches dont ce développement n'était pas le but premier. Il est ainsi fréquent que les résultats de la recherche fondamentale aboutissent à des innovations technologiques non anticipées.

<b>Savoirs</b>	<b>Savoir-faire</b>
<p>Les alternateurs électriques exploitent le phénomène d'induction électromagnétique découvert par Faraday puis théorisé par Maxwell au XIXe siècle.</p> <p>Ils réalisent une conversion d'énergie mécanique en énergie électrique avec un rendement potentiellement très proche de 1.</p> <p>Au début du XXe siècle, la physique a connu une révolution conceptuelle à travers la vision quantique qui introduit un comportement probabiliste de la nature. Le caractère discret</p>	<p>Reconnaître les éléments principaux d'un alternateur (source de champ magnétique et fil conducteur mobile) dans un schéma fourni.</p> <p>Analyser les propriétés d'un alternateur modèle étudié expérimentalement en classe.</p> <p>Définir le rendement d'un alternateur et citer un phénomène susceptible de l'influencer.</p> <p>Interpréter et exploiter un spectre d'émission atomique.</p> <p>Comparer le spectre d'absorption d'un matériau semi-conducteur et le spectre</p>

<p>des spectres de raies d'émission des atomes s'explique de cette façon. L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est également une conséquence. Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques. Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique.</p>	<p>solaire pour décider si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque. Tracer la caractéristique <math>i(u)</math> d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b> Les spectres de raies d'émission atomiques ainsi que les notions de caractéristique <math>i(u)</math> et de point de fonctionnement d'un dipôle électrique, déjà connues, sont utilisés. La loi de Faraday est hors programme.</p>	
<p><b>2.2 Les atouts de l'électricité</b> L'énergie électrique présente de nombreux avantages : une distribution aisée, sûre et à faible impact écologique ; l'existence de réseaux de distribution très étendus ; la disponibilité de convertisseurs de bon rendement permettant de transformer l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie ou, symétriquement, d'obtenir de l'énergie électrique. L'existence de procédés d'obtention d'énergie électrique sans combustion justifie le rôle central que cette forme d'énergie est amenée à jouer à l'avenir.</p>	
<p><b>Savoirs</b></p>	<p><b>Savoir-faire</b></p>
<p>Trois méthodes permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans nécessiter de combustion :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la conversion d'énergie mécanique, soit directe (dynamos, éoliennes, hydroliennes, barrages hydroélectriques), soit indirecte à partir d'énergie thermique (centrales nucléaires, centrales solaires thermiques, géothermie) ;</li> <li>- la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques) ;</li> <li>- la conversion électrochimique (piles ou accumulateurs conventionnels, piles à hydrogène).</li> </ul> <p>Ces méthodes sans combustion ont néanmoins un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels...).</p> <p>Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production ou à la consommation, l'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- énergie chimique (accumulateurs) ;</li> <li>- énergie potentielle (barrages) ;</li> <li>- énergie électromagnétique (super-capacités).</li> </ul>	<p>Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie.</p> <p>Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie.</p> <p>Analyser des documents présentant les conséquences de l'utilisation de ressources géologiques (métaux rares, etc.).</p> <p>Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique).</p>

<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>Les lois de l'électricité, les notions d'énergie et de puissance électriques ainsi que celles d'énergie cinétique et potentielle, déjà rencontrées, sont mobilisées. Aucune expression d'énergie stockée par un système donné n'est exigible.</p>	
<p><b>2.3 Optimisation du transport de l'électricité</b></p> <p>La minimisation des pertes par effet Joule dans la distribution d'électricité le long d'un réseau entre dans le cadre général des problèmes mathématiques de transport et d'optimisation sous contraintes. Ces problèmes, très difficiles à résoudre car non linéaires, nécessitent des traitements numériques lorsqu'ils mettent en jeu un nombre important d'inconnues ou de données.</p> <p>Présentés ici dans le cadre du transport d'électricité, les graphes sont des modèles mathématiques utilisés pour traiter des problèmes relevant de domaines variés : transport d'information dans un réseau informatique, réseaux sociaux, transactions financières, analyses génétiques, etc.</p>	
<b>Savoirs</b>	<b>Savoir-faire</b>
<p>Au cours du transport, une partie de l'énergie électrique, dissipée dans l'environnement par effet Joule, ne parvient pas à l'utilisateur.</p> <p>L'utilisation de la haute tension dans les lignes électriques limite les pertes par effet Joule, à puissance transportée fixée.</p>	<p>Faire un schéma d'un circuit électrique modélisant une ligne à haute tension.</p> <p>Utiliser les formules littérales reliant la puissance à la résistance, l'intensité et la tension pour identifier l'influence de ces grandeurs sur l'effet Joule.</p>
<p>Un réseau de transport électrique peut être modélisé mathématiquement par un graphe orienté dont les arcs représentent les lignes électriques et dont les sommets représentent les sources distributrices, les nœuds intermédiaires et les cibles destinataires.</p> <p>Dans ce modèle, l'objectif est de minimiser les pertes par effet Joule sur l'ensemble du réseau sous les contraintes suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'intensité totale sortant d'une source est limitée par la puissance maximale distribuée ;</li> <li>- l'intensité totale entrant dans chaque nœud intermédiaire est égale à l'intensité totale qui en sort ;</li> <li>- l'intensité totale arrivant à chaque cible est imposée par la puissance qui y est utilisée.</li> </ul>	<p>Modéliser un réseau de distribution électrique simple par un graphe orienté. Exprimer mathématiquement les contraintes et la fonction à minimiser.</p> <p>Sur l'exemple d'un réseau comprenant uniquement deux sources, un nœud intermédiaire et deux cibles, formuler le problème de minimisation des pertes par effet Joule et le résoudre pour différentes valeurs numériques correspondant aux productions des sources et aux besoins des cibles.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>Les relations quantitatives associées à l'effet Joule sont connues pour le courant continu. Elles sont admises ou fournies pour le courant alternatif. La notion de facteur de puissance est hors programme.</p> <p>La notion de graphe, abordée dans l'enseignement de sciences numériques et technologie de seconde, est ici mobilisée. Il convient d'insister sur la différence entre les deux types de modèles introduits dans ce sous-thème, le modèle de circuit électrique et le modèle mathématique de graphe.</p> <p>Les connaissances sur les fonctions sont mobilisées.</p>	

## 2.4 Choix énergétiques et impacts sur les sociétés

Pour les sociétés, l'enjeu climatique et environnemental est celui d'une transition entre la situation actuelle et un développement fondé sur un régime durable de conversion et d'utilisation de l'énergie. La complexité de cette transition impose de connaître, comprendre et hiérarchiser les paramètres sur lesquels il est possible d'agir, individuellement et collectivement.

Savoirs	Savoir-faire
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour que soit mise en œuvre une adaptation efficace aux changements inéluctables et qu'en soit atténué l'impact négatif, les choix énergétiques supposent une compréhension globale du système Terre.</li> <li>- Ces choix doivent tenir compte de nombreux critères et paramètres : disponibilité des ressources et adéquation aux besoins, impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilités et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales. L'analyse de ces éléments de décision conduit le plus souvent à une recherche de diversification ou d'évolution des ressources (mix énergétique).</li> <li>- Les durées longues, liées à l'inertie de certains systèmes (infrastructures énergétiques, transports, production industrielle), sont à confronter à l'urgence de l'action.</li> <li>- La transition écologique des sociétés repose sur la créativité scientifique et technologique, comme sur l'invention de nouveaux comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements, relations Nord-Sud).</li> </ul>	<p>Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire.</p> <p>Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.</p>

### Prérequis et limites

Ce sous-thème est l'occasion de mettre en perspective l'ensemble des thématiques abordées dans les thèmes 1 et 2. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est mobilisée. À travers la diversité des exemples, les élèves comprennent l'unité du concept d'énergie.

## Thème 3 : Une histoire du vivant

La Terre est habitée par une grande diversité d'êtres vivants. Cette biodiversité est dynamique et issue d'une longue histoire dont l'espèce humaine fait partie. L'évolution constitue un puissant outil de compréhension du monde vivant. Les activités humaines se sont transformées au cours de cette histoire, certaines inventions et découvertes scientifiques ont contribué à l'essor de notre espèce.

Les mathématiques permettent de modéliser la dynamique des systèmes vivants afin de décrire leur évolution. La démarche de modélisation mathématique comporte plusieurs

étapes : identification du type de modèle le mieux adapté pour traduire la réalité, détermination des paramètres du modèle, confrontation des résultats du modèle à des observations, qui peut conduire à limiter son domaine de validité ou à le modifier.  
L'être humain a construit des machines pour traiter l'information et a créé des langages pour les commander. Avec les méthodes de l'intelligence artificielle, il continue d'étendre les capacités de traitement de données et les domaines d'application de l'informatique.

### Histoire, enjeux et débats

- Histoire de l'évolution humaine et découverte de fossiles par les paléontologues.
- La théorie de l'évolution et son application dans différents champs.
- Modèles mathématiques historiques d'accroissement des populations (Malthus, Quetelet, Verhulst) et controverses autour du malthusianisme.
- Histoire de grandes avancées médicales : asepsie (Semmelweis, Pasteur), antibiothérapie (Fleming), vaccination (Jenner, Koch, Pasteur), radiologie (Röntgen), greffe, chimiothérapie...
- Biodiversité et impacts des actions humaines.
- Histoire du traitement de l'information : de l'invention de l'écriture aux machines programmables (Jacquard, Babbage) et aux ordinateurs (Lovelace, Turing, Von Neumann...).
- Bogues (ou *bugs*) et failles de sécurité des systèmes informatiques, comme contrepartie parfois graves de leur flexibilité.

### 3.1 La biodiversité et son évolution

Évaluer la biodiversité à différentes échelles spatiales et temporelles représente un enjeu majeur pour comprendre sa dynamique et les conséquences des actions humaines. Les populations évoluent au cours du temps. Des modèles mathématiques probabilistes et des outils statistiques permettent d'étudier les mécanismes évolutifs impliqués.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Il existe sur Terre un grand nombre d'espèces dont seule une faible proportion est effectivement connue. La biodiversité se mesure par des techniques d'échantillonnage (spécimens ou ADN) qui permettent d'estimer le nombre d'espèces (richesse spécifique) dans différents milieux. Les composantes de la biodiversité peuvent aussi être décrites par l'abondance (nombre d'individus) d'une population, d'une espèce ou d'un plus grand taxon.</p> <p>Il existe plusieurs méthodes permettant d'estimer un effectif à partir d'échantillons. La méthode de « capture-marquage-recapture » repose sur des calculs effectués sur un échantillon. Si on suppose que la proportion d'individus marqués est identique dans l'échantillon de recapture et dans la population totale, l'effectif de celle-ci s'obtient par le calcul d'une quatrième proportionnelle. À partir d'un seul échantillon, l'effectif d'une population peut également être estimé à l'aide d'un intervalle de confiance. Une telle</p>	<p>Exploiter des données obtenues au cours d'une sortie de terrain ou d'explorations scientifiques (historiques et/ou actuelles) pour estimer la biodiversité (richesse spécifique et/ou abondance relative de chaque taxon).</p> <p>Quantifier l'effectif d'une population ou d'un taxon plus vaste à partir de résultats d'échantillonnage.</p> <p>Estimer une abondance par la méthode de capture, marquage, recapture, fondée sur le calcul d'une quatrième proportionnelle.</p> <p>À l'aide d'un tableur, simuler des échantillons de même effectif pour visualiser la fluctuation d'échantillonnage.</p> <p>En utilisant une formule donnée pour un intervalle de confiance au niveau de confiance de 95 %, estimer un paramètre inconnu dans une population de grande taille à partir des résultats observés sur un échantillon.</p>

<p>estimation est toujours assortie d'un niveau de confiance strictement inférieur à 100 % en raison de la fluctuation des échantillons. Pour un niveau de confiance donné, l'estimation est d'autant plus précise que la taille de l'échantillon est grande.</p>	
<p>Au cours de l'évolution biologique, la composition génétique des populations d'une espèce change de génération en génération. Le modèle mathématique de Hardy-Weinberg utilise la théorie des probabilités pour décrire le phénomène aléatoire de transmission des allèles dans une population. En assimilant les probabilités à des fréquences pour des effectifs de grande taille (loi des grands nombres), le modèle prédit que la structure génétique d'une population de grand effectif est stable d'une génération à l'autre sous certaines conditions (absence de migration, de mutation et de sélection). Cette stabilité théorique est connue sous le nom d'équilibre de Hardy-Weinberg. Les écarts entre les fréquences observées sur une population naturelle et les résultats du modèle s'expliquent notamment par les effets de forces évolutives (mutation, sélection, dérive, etc.).</p>	<p>Pour la transmission de deux allèles dans le cadre du modèle de Hardy-Weinberg, établir les relations entre les probabilités des génotypes d'une génération et celles de la génération précédente. Produire une démonstration mathématique ou un calcul sur tableur ou un programme en Python pour prouver ou constater que les probabilités des génotypes sont constantes à partir de la seconde génération (modèle de Hardy-Weinberg). Utiliser des logiciels de simulation basés sur ce modèle mathématique. Analyser une situation d'évolution biologique expliquant un écart par rapport au modèle de Hardy-Weinberg.</p>
<p>Les activités humaines (pollution, destruction des écosystèmes, combustions et leurs impacts climatiques, surexploitation d'espèces...) ont des conséquences sur la biodiversité et ses composantes (dont la variation d'abondance) et conduisent à l'extinction d'espèces. La fragmentation d'une population en plusieurs échantillons de plus faibles effectifs entraîne par dérive génétique un appauvrissement de la diversité génétique d'une population. La connaissance et la gestion d'un écosystème permettent d'y préserver la biodiversité.</p>	<p>Utiliser un modèle géométrique simple (quadrillage) pour calculer l'impact d'une fragmentation sur la surface disponible pour une espèce. À partir d'un logiciel de simulation, montrer l'impact d'un faible effectif de population sur la dérive génétique et l'évolution rapide des fréquences alléliques. Analyser des documents pour comprendre les mesures de protection de populations à faibles effectifs. Identifier des critères de gestion durable d'un écosystème. Envisager des solutions pour un environnement proche.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b> Les notions déjà connues de gènes et d'allèles, de diversité allélique, de sélection naturelle, de dérive génétique, de calcul de probabilités et de fluctuation d'échantillonnage sont mobilisées (classe de seconde).</p>	

### 3.2 L'évolution comme grille de lecture du monde

Les concepts de biologie évolutive ont une large portée explicative, présentée ici à travers plusieurs exemples. Ils permettent de comprendre l'anatomie comme le résultat d'une longue histoire évolutive, faite d'adaptations, de hasard, de contingences et de compromis. Les concepts de variation et de sélection naturelle éclairent des pratiques humaines (médicales et agricoles) et certaines de leurs conséquences.

Savoirs	Savoir-faire
<p>Les structures anatomiques présentent des particularités surprenantes d'un point de vue fonctionnel, pouvant paraître sans fonction avérée ou bien d'une étonnante complexité. Elles témoignent de l'évolution des espèces, dont la nôtre. Les caractères anatomiques peuvent être le résultat de la sélection naturelle mais certains sont mieux expliqués par l'héritage de l'histoire évolutive que par leur fonction.</p> <p>L'évolution permet de comprendre des phénomènes biologiques ayant une importance médicale. L'évolution rapide des organismes microbiens nécessite d'adapter les stratégies prophylactiques, les vaccins et les antibiotiques.</p> <p>Depuis la révolution agricole, la pratique intensive de la monoculture, la domestication et l'utilisation de produits phytosanitaires ont un impact sur la biodiversité et son évolution.</p>	<p>Expliquer l'origine d'une structure anatomique en mobilisant les concepts de hasard, de variation, de sélection naturelle et d'adaptation (exemple de l'œil).</p> <p>Interpréter des caractéristiques anatomiques humaines en relation avec des contraintes historiques (comme le trajet de la crosse aortique), des contraintes de construction (comme le tétou masculin), des compromis sélectifs (comme les difficultés obstétriques) ou des régressions en cours (comme les dents de sagesse).</p> <p>Mobiliser des concepts évolutionnistes pour expliquer comment des populations microbiennes pourront à longue échéance ne plus être sensibles à un vaccin (ou un antibiotique) ou comment l'utilisation de produits phytosanitaires favorise le développement de ravageurs des cultures qui y sont résistants.</p>

#### Prérequis et limites

Il n'est pas attendu de développement spécifique en matière d'embryologie ou d'agronomie.

### 3.3 L'évolution humaine

La paléanthropologie construit un récit scientifique de nos origines à partir des archives fossiles. La phylogénie permet d'étudier les relations de parenté entre les espèces actuelles et fossiles d'Hominidés.

Savoirs	Savoir-faire
<p>L'espèce humaine actuelle (<i>Homo sapiens</i>) fait partie du groupe des primates et est plus particulièrement apparentée aux grands singes avec lesquels elle partage des caractères morfo-anatomiques et des similitudes génétiques.</p> <p>C'est avec le chimpanzé qu'elle partage le plus récent ancêtre commun.</p>	<p>Analyser des matrices de comparaison de caractères morfo-anatomiques résultant d'innovations évolutives afin d'établir des liens de parenté et de construire un arbre phylogénétique.</p> <p>Mettre en relation la ressemblance génétique entre les espèces de primates et leur degré de parenté.</p>
<p>Des arguments scientifiques issus de l'analyse comparée de fossiles permettent de reconstituer l'histoire de nos origines.</p> <p>L'étude de fossiles datés de 3 à 7 millions d'années montre des innovations</p>	<p>Positionner quelques espèces fossiles dans un arbre phylogénétique, à partir de l'étude</p>

<p>caractéristiques de la lignée humaine (bipédie prolongée, forme de la mandibule). Le genre <i>Homo</i> regroupe l'espèce humaine actuelle et des espèces fossiles qui se caractérisent notamment par le développement de la capacité crânienne. Plusieurs espèces humaines ont cohabité sur Terre. Certains caractères sont transmis de manière non génétique : microbiote, comportements appris dont la langue, les habitudes alimentaires, l'utilisation d'outils...</p>	<p>de caractères.  Analyser des arguments scientifiques qui ont permis de préciser la parenté de <i>Homo sapiens</i> avec les autres <i>Homo</i>, et notamment la parenté éventuelle avec les Néandertaliens ou les Denisoviens.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b> L'objectif n'est pas de conduire une approche exhaustive des fossiles et de leurs caractères biologiques, mais de présenter la démarche scientifique permettant de construire une histoire raisonnée de l'évolution humaine. Les notions de liens de parenté, étudiées au collège, sont mobilisées ; un accent particulier est mis sur l'importance de l'identification d'innovations évolutives communes.</p>	
<p><b>3.4 Les modèles démographiques</b> Dans le cadre de l'étude de l'évolution des populations, il est important de prédire leur effectif futur mais aussi la manière dont vont évoluer les ressources qui leur sont nécessaires. Pour prédire l'évolution d'un système quelconque, les scientifiques utilisent des modèles mathématiques. La présentation de l'exemple historique de Malthus permet de mettre en œuvre cette démarche mathématique dans le cas discret (correspondant à une variation par paliers).</p>	
<p><b>Savoirs</b></p>	<p><b>Savoir-faire</b></p>
<p>Un modèle mathématique simple est le modèle linéaire. Une grandeur discrète <math>u</math> varie de manière linéaire en fonction d'un palier entier <math>n</math> si sa variation absolue <math>u(n+1)-u(n)</math> est constante. Dans ce cas, les points <math>(n, u(n))</math> sont situés sur une droite. La suite de terme général <math>u(n)</math> est arithmétique. Dans la réalité, pour une population dont la variation absolue est presque constante d'un palier à l'autre, on peut ajuster le nuage de points qui la représente par une droite (modèle linéaire).</p>	<p>Exprimer <math>u(n)</math> en fonction de <math>u(0)</math> et <math>n</math>. Produire et interpréter des graphiques statistiques traduisant l'évolution d'effectif d'une population ou de ressources, notamment sous forme de nuages de points.  À l'aide d'une calculatrice ou d'un tableur, ajuster un nuage de points par une droite et utiliser ce modèle linéaire pour effectuer des prévisions.</p>
<p>Le modèle linéaire est inadapté pour représenter l'évolution d'une grandeur dont la variation absolue change fortement d'un palier à l'autre. Une grandeur discrète <math>u</math> varie de manière exponentielle en fonction du palier entier <math>n</math> si sa variation absolue <math>u(n+1) - u(n)</math> est proportionnelle à sa valeur courante <math>u(n)</math>. Dans ce cas, sa variation relative (ou taux de variation) est constante et la suite de terme</p>	<p>Exprimer <math>u(n)</math> en fonction de <math>u(0)</math> et de <math>n</math>.  À partir de données démographiques, calculer le taux de variation d'une population entre deux dates. Calculer l'effectif final d'une population à partir de son effectif initial, de son taux de natalité et de son taux de mortalité. Selon le</p>

<p>général <math>u(n)</math> est géométrique.</p> <p>Dans la réalité, pour une population dont le taux de variation est presque constant d'un palier à l'autre, on peut ajuster le nuage de points par un modèle exponentiel.</p> <p>Le modèle démographique de Malthus est un modèle exponentiel d'évolution de l'effectif de la population. Il prévoit que l'effectif de la population décroît vers 0 si le taux de mortalité est supérieur au taux de natalité et croît vers l'infini si le taux de natalité est supérieur au taux de mortalité.</p> <p>Si les prédictions du modèle de Malthus peuvent se révéler correctes sur un temps court, elles sont irréalistes sur un temps long, notamment en raison de l'insuffisance des ressources disponibles.</p> <p>Des modèles plus élaborés prévoient que la population mondiale atteindra environ 10 milliards d'humains en 2050.</p>	<p>modèle de Malthus, prédire l'effectif d'une population au bout de <math>n</math> années.</p> <p>À l'aide d'un tableur, d'une calculatrice ou d'une représentation graphique, calculer le temps de doublement d'une population sous l'hypothèse de croissance exponentielle.</p> <p>À partir de documents fournis, proposer un modèle de croissance de ressources alimentaires (par exemple la production mondiale de blé ou de riz) et la comparer à une croissance exponentielle.</p> <p>Comparer les valeurs fournies par un modèle à des données réelles afin de tester sa validité.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b></p> <p>Différentes notions déjà étudiées sont mobilisées : fonctions affines, représentations graphiques de droites, fonction de variable entière et notation <math>u(n)</math>. La connaissance de la fonction exponentielle n'est pas exigible.</p>	
<p><b>3.5 L'intelligence artificielle</b></p> <p>L'être humain n'a cessé d'accroître son pouvoir d'action sur le monde, utilisant son intelligence pour construire des outils et des machines. Il a élaboré un mode de pensée algorithmique susceptible d'être codé dans des langages permettant de commander ces machines. Aujourd'hui, l'intelligence artificielle (IA) permet l'accomplissement de tâches et la résolution de problèmes jusqu'ici réservés aux humains : reconnaître et localiser les objets dans une image, conduire une voiture, traduire un texte, dialoguer, ... Un champ de l'intelligence artificielle ayant permis des applications spectaculaires est celui de l'apprentissage machine.</p>	
<p><b>Savoirs</b></p>	<p><b>Savoir-faire</b></p>
<p>Jusqu'au début du XXe siècle, les machines traitant l'information sont limitées à une ou quelques tâches prédéterminées (tisser grâce à un ruban ou des cartes perforées, trier un jeu de carte perforées, séparer des cartes selon un critère, sommer des valeurs indiquées sur ces cartes, ...). Turing a été le premier à proposer le concept de machine universelle qui a été matérialisé dix ans plus tard avec les premiers ordinateurs. Ceux-ci sont constitués <i>a minima</i> d'un processeur et d'une mémoire vive.</p> <p>Un ordinateur peut manipuler des données de natures diverses une fois qu'elles ont été numérisées : textes, images, sons. Les programmes sont également des données : ils</p>	<p>Analyser des documents historiques relatifs au traitement de l'information et à son automatisation.</p> <p>Recenser les différentes situations de la vie courante où sont utilisés les ordinateurs, identifier lesquels sont programmables et par qui (thermostat d'ambiance, smartphone, box internet, ordinateur de bord d'une voiture...).</p> <p>Savoir distinguer les fichiers exécutables des autres fichiers sous un système d'exploitation donné.</p>

<p>peuvent être stockés, transportés, et traités par des ordinateurs. En particulier, un programme écrit dans un langage de programmation de haut niveau (Python, Scratch...) peut être traduit en instructions spécifiques à chaque type de processeur.</p>	<p>Connaître l'ordre de grandeur de la taille d'un fichier image, son, vidéo. Savoir calculer la taille en octets d'une page de texte (en ASCII et non compressé).</p>
<p>Un programme peut comporter jusqu'à plusieurs centaines de millions de lignes de code, ce qui rend très probable la présence d'erreurs appelées bogues (ou <i>bugs</i>). Ces erreurs peuvent conduire un programme à avoir un comportement inattendu et entraîner des conséquences graves.</p>	<p>Étant donné un programme très simple, proposer des jeux de données d'entrée permettant d'en tester toutes les lignes. Corriger un algorithme ou un programme bogué simple.</p>
<p>Le terme « intelligence artificielle » (IA) recouvre un ensemble de théories et de techniques qui traite de problèmes dont la résolution fait appel à l'intelligence humaine. L'apprentissage machine (ou « apprentissage automatique ») utilise des programmes capables de s'entraîner à partir de données. Il exploite des méthodes mathématiques qui, à partir du repérage de tendances (corrélations, similarités) sur de très grandes quantités de données (big data), permet de faire des prédictions ou de prendre des décisions sur d'autres données. La qualité et la représentativité des données d'entraînement sont essentielles pour la qualité des résultats. Les biais dans les données peuvent se retrouver amplifiés dans les résultats.</p>	<p>Analyser des documents relatifs à une application de l'intelligence artificielle. Utiliser une courbe de tendance (encore appelée courbe de régression) pour estimer une valeur inconnue à partir de données d'entraînement. Analyser un exemple d'utilisation de l'intelligence artificielle : identifier la source des données utilisées et les corrélations exploitées. Sur des exemples réels, reconnaître les possibles biais dans les données, les limites de la représentativité. Expliquer pourquoi certains usages de l'IA peuvent poser des problèmes éthiques.</p>
<p>L'inférence bayésienne est une méthode de calcul de probabilités de causes à partir des probabilités de leurs effets. Elle est utilisée en apprentissage automatique pour modéliser des relations au sein de systèmes complexes, notamment en vue de prononcer un diagnostic (médical, industriel, détection de spam...). Cela permet de détecter une anomalie à partir d'un test imparfait.</p>	<p>À partir de données, par exemple issues d'un diagnostic médical fondé sur un test, produire un tableau de contingence afin de calculer des fréquences de faux positifs, faux négatifs, vrais positifs, vrais négatifs. En déduire le nombre de personnes malades suivant leur résultat au test.</p>
<p><b>Prérequis et limites</b> Les probabilités étant assimilées à des fréquences, il est possible de raisonner sur des tableaux à double entrée sans faire appel explicitement à la théorie des probabilités conditionnelles ni à la formule de Bayes.</p>	

## Annexe

# Programme de physique-chimie de terminale générale

---

## Préambule

### Objectifs de formation

En classe terminale de la voie générale, les élèves qui suivent l'enseignement de spécialité de physique-chimie ont confirmé ce choix parmi les trois spécialités suivies en classe de première. À ce titre, dans le cadre des six heures hebdomadaires et dans une logique d'exigence disciplinaire, ils approfondissent les contenus et les méthodes de la discipline, et se projettent résolument dans un parcours qui leur ouvre la voie des études supérieures relevant notamment des domaines des sciences expérimentales, de la médecine, de l'ingénierie, de l'informatique, des mathématiques et de la technologie. La physique et la chimie, sciences à la fois fondamentales et appliquées, contribuent de manière essentielle à l'acquisition d'un corpus de savoirs et de savoir-faire indispensable dans le cadre de l'apprentissage des sciences de l'ingénieur et des sciences de la vie et de la Terre. En même temps, elles constituent un terrain privilégié de contextualisation pour les mathématiques ou l'informatique.

Le programme de physique-chimie de la classe terminale s'inscrit dans la continuité de celui de la classe de première, en promouvant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation** ainsi qu'en proposant une approche concrète et **contextualisée** des concepts et phénomènes étudiés. La démarche de **modélisation** y occupe une place centrale pour former les élèves à établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences, des faits et celui des modèles et des théories. Aussi l'enseignement proposé s'attache-t-il à poursuivre l'acquisition des principaux éléments constitutifs de cette démarche.

Les thèmes de la classe de première, choisis pour leurs vertus formatrices, sont approfondis de manière à assurer une préparation adaptée aux exigences de l'enseignement supérieur. Par ailleurs, des liens peuvent avantageusement être tissés avec les thèmes traités dans le cadre de l'enseignement scientifique. Enfin, cela peut être l'occasion d'évoquer d'une part, des sujets sociétaux comme les questions relatives aux enjeux énergétiques, au climat, à l'optimisation de l'utilisation des ressources naturelles, et, d'autre part, d'insister sur la nature du savoir scientifique et sur les processus d'élaboration des connaissances en sciences.

Dans le cadre de la préparation de l'épreuve orale terminale et du projet associé, une attention particulière peut être portée à la **dimension expérimentale** avec notamment le recours à des données authentiques, à l'activité de **modélisation**, à la simulation et à l'ouverture sur le monde scientifique, économique et industriel. Ce projet peut prendre appui sur des manipulations réalisées par les élèves, des résultats expérimentaux publiés, des articles scientifiques et des activités de programmation. L'oral permet notamment de présenter la cohérence de la démarche scientifique suivie.

### Organisation du programme

En cohérence avec les programmes des classes de première et de seconde, celui de la classe terminale est structuré autour des quatre thèmes : « Constitution et transformations de la matière », « Mouvement et interactions », « L'énergie : conversions et transferts », « Ondes et signaux ». Ces thèmes permettent de prendre appui sur de nombreuses

situations de la vie quotidienne et de contribuer à un dialogue fructueux avec les autres disciplines scientifiques. Ils fournissent l'opportunité de faire émerger la cohérence d'ensemble du programme sur :

- des notions transversales (modèles, variations et bilans, réponse à une action, évolution temporelle régie par une équation différentielle du premier ordre, temps caractéristiques, etc.) ;
- des notions liées aux valeurs des grandeurs (ordres de grandeur, puissances de dix, mesures et incertitudes, unités, etc.) ;
- des dispositifs expérimentaux et numériques (capteurs, instruments de mesure, microcontrôleurs, etc.) ;
- des notions mathématiques (situations de proportionnalité, grandeurs quotient, fonctions, vecteurs, dérivée et primitive d'une fonction, équations différentielles, etc.) ;
- des notions en lien avec les sciences numériques (programmation, simulation, etc.).

**Chaque thème comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs** de formation, les domaines d'application et un rappel des notions abordées en classe de première. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes identifiant, d'une part, les notions et contenus à connaître, d'autre part, les capacités exigibles ainsi que les **activités expérimentales** support de la formation. Par ailleurs, des capacités mathématiques et numériques sont mentionnées ; le langage de programmation conseillé est le langage Python.

La présentation du programme n'impose pas l'ordre de sa mise en œuvre par le professeur, laquelle relève de sa liberté pédagogique. Une identification des capacités expérimentales à faire acquérir aux élèves est établie en vue, notamment, de la préparation de l'épreuve pratique du baccalauréat.

## Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Les compétences retenues pour caractériser la démarche scientifique visent à structurer la formation et l'évaluation des élèves. Elles sont identiques à celles de la classe de première. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences sont mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence, l'ensemble n'ayant pas vocation à constituer un cadre rigide.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncer une problématique.</li> <li>- Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.</li> <li>- Représenter la situation par un schéma.</li> </ul>
<b>Analyser/ Raisonner</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler des hypothèses.</li> <li>- Proposer une stratégie de résolution.</li> <li>- Planifier des tâches.</li> <li>- Évaluer des ordres de grandeur.</li> <li>- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.</li> <li>- Choisir, élaborer, justifier un protocole.</li> <li>- Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.</li> <li>- Procéder à des analogies.</li> </ul>

<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.</li> <li>- Utiliser un modèle.</li> <li>- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.).</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.</li> <li>- Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.</li> <li>- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.</li> <li>- Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ;</li> <li>- utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>- échanger entre pairs.</li> </ul>

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de **l'autonomie et de l'initiative** requises dans les activités proposées aux élèves sur les notions et capacités exigibles du programme.

La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves des questions liées à la poursuite d'études dans le domaine des sciences, les finalités et le fonctionnement de la physique-chimie, des questions citoyennes comme par exemple la responsabilité individuelle et collective, la **sécurité** pour soi et pour autrui, l'éducation à **l'environnement** et au **développement durable**.

Comme tous les enseignements, cette spécialité contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Elle prend un relief particulier pour ceux qui choisiront de préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat en l'adossant à cet enseignement de spécialité.

## Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

- privilégier la mise en activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- permettre et encadrer l'expression par les élèves de leurs conceptions initiales ;
- valoriser **l'approche expérimentale** ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des **synthèses** pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire et les réinvestir dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements, notamment les mathématiques, les sciences de la vie et de la Terre, les sciences de l'ingénieur et l'enseignement scientifique commun à tous les élèves de la voie générale ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe, dans et hors la classe.

Dès qu'elle est possible, une mise en perspective des savoirs avec l'**histoire des sciences** et l'**actualité scientifique** est fortement recommandée. En particulier, les limites des modèles étudiés en classe peuvent être abordées, ce qui peut offrir l'occasion d'évoquer des théories plus récentes, comme la physique quantique ou la relativité, que les élèves pourront être amenés à approfondir dans le cadre de leurs études supérieures. Le recours régulier à des « **résolutions de problèmes** » est encouragé, ces activités contribuant efficacement à l'acquisition des compétences de la démarche scientifique et au développement de l'autonomie et de l'initiative.

## Mesure et incertitudes

Les concepts de mesure et d'incertitude ont été introduits en classe de seconde. En complément du programme de la classe de première, celui de la classe terminale introduit la notion d'incertitude-type composée, ajoute une compétence numérique visant à illustrer une situation de mesure avec incertitudes composées et propose d'utiliser un critère quantitatif pour comparer, le cas échéant, le résultat de la mesure d'une grandeur à une valeur de référence.

L'objectif principal est d'exercer le discernement et l'esprit critique de l'élève sur les valeurs mesurées, calculées ou estimées.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.</b>	Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole. Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes.
<b>Incertitude-type.</b>	<b>Capacité numérique</b> : Représenter l'histogramme associé à une série de mesures à l'aide d'un tableur ou d'un langage de programmation. Définir qualitativement une incertitude-type. Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A). Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).
<b>Incertitudes-types composées.</b>	Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs dont les incertitudes-types associées sont connues. <b>Capacité numérique</b> : Simuler, à l'aide d'un langage de programmation, un processus aléatoire illustrant la détermination de la valeur d'une grandeur avec incertitudes-types composées.
<b>Écriture du résultat. Valeur de référence.</b>	Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure. Comparer, le cas échéant, le résultat d'une mesure $m_{mes}$ à une valeur de référence $m_{ref}$ en utilisant le quotient $\frac{ m_{mes} - m_{ref} }{u(m)}$ où $u(m)$ est l'incertitude-type associée au résultat.

## Contenus disciplinaires

### Constitution et transformations de la matière

#### 1. Déterminer la composition d'un système par des méthodes physiques et chimiques

La détermination, à l'échelle macroscopique, de la composition d'un système a débuté en classe de seconde et s'est enrichie en enseignement de spécialité de première par des mesures de grandeurs physiques, des dosages par étalonnage et des titrages. L'objectif de cette partie est de compléter ces méthodes d'investigation de la matière en abordant de nouvelles lois générales liant des grandeurs physiques aux concentrations et de nouvelles méthodes de suivi de titrages par pH-métrie et conductimétrie. Une attention particulière est portée aux notations pour éviter la confusion entre grandeurs à l'équivalence et grandeurs à l'équilibre.

En classe de première, les réactions d'oxydo-réduction ont servi de support aux titrages. En classe terminale, les réactions acide-base sont introduites à cet effet. Ces méthodes d'analyse peuvent être appliquées à divers domaines de la vie courante : santé, alimentation, cosmétique, sport, environnement, matériaux, etc.

L'ensemble des méthodes d'analyse sera réinvesti pour suivre l'évolution temporelle et caractériser l'état final de systèmes chimiques.

#### Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :

Titration avec suivi colorimétrique, réaction d'oxydo-réduction support du titrage, équivalence, absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert, concentration en quantité de matière, volume molaire d'un gaz, identification des groupes caractéristiques par spectroscopie infrarouge, schémas de Lewis.

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
<b>A) Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène H<sup>+</sup></b>	
Transformation modélisée par des transferts d'ion hydrogène H <sup>+</sup> : acide et base de Brønsted, couple acide-base, réaction acide-base.  Couples acide-base de l'eau, de l'acide carbonique, d'acides carboxyliques, d'amines.  Espèce amphotère.	Identifier, à partir d'observations ou de données expérimentales, un transfert d'ion hydrogène, les couples acide-base mis en jeu et établir l'équation d'une réaction acide-base.  Représenter le schéma de Lewis et la formule semi-développée d'un acide carboxylique, d'un ion carboxylate, d'une amine et d'un ion ammonium.  Identifier le caractère amphotère d'une espèce chimique.
<b>B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques</b>	
pH et relation $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]/c^\circ)$ avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , concentration standard.	Déterminer, à partir de la valeur de la concentration en ion oxonium H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> , la valeur du pH de la solution et inversement. <i>Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> apporté.</i>  <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa réciproque.

<p>Absorbance ; loi de Beer-Lambert</p> <p>Conductance, conductivité ; loi de Kohlrausch</p> <p>Spectroscopie infrarouge et UV-visible. Identification de groupes caractéristiques et d'espèces chimiques.</p>	<p>Exploiter la loi de Beer-Lambert, la loi de Kohlrausch ou l'équation d'état du gaz parfait pour déterminer une concentration ou une quantité de matière. Citer les domaines de validité de ces relations.</p> <p><i>Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.</i></p> <p>Exploiter, à partir de données tabulées, un spectre d'absorption infrarouge ou UV-visible pour identifier un groupe caractéristique ou une espèce chimique.</p>
--	--

### C) Analyser un système par des méthodes chimiques

<p>Titre massique et densité d'une solution.</p> <p>Titrage avec suivi pH-métrique.</p> <p>Titrage avec suivi conductimétrique.</p>	<p><i>Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis.</i></p> <p>Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale.</p> <p>Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse.</p> <p>Dans le cas d'un titrage avec suivi conductimétrique, justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires.</p> <p><i>Mettre en œuvre le suivi pH-métrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage.</i></p> <p><b>Capacité numérique :</b> Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.</p>
---	---

## 2. Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation

### A) Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique

Cette partie prolonge l'étude de la modélisation macroscopique des transformations chimiques en abordant leurs caractéristiques cinétiques : vitesse volumique de disparition d'un réactif, vitesse volumique d'apparition d'un produit et temps de demi-réaction. La vitesse volumique, dérivée temporelle de la concentration de l'espèce, est privilégiée car elle est indépendante de la taille du système. L'approche expérimentale permet d'éclairer le choix d'un outil de suivi de la transformation, de mettre en évidence les facteurs cinétiques et le rôle d'un catalyseur, de déterminer un temps de demi-réaction et de tester l'existence d'une loi de vitesse. La « vitesse de réaction », dérivée temporelle de l'avancement de réaction, n'est pas au programme.

Les mécanismes réactionnels sont présentés comme des modèles microscopiques élaborés pour rendre compte des caractéristiques cinétiques par l'écriture d'une succession d'actes élémentaires. Les exemples de mécanismes réactionnels sont empruntés à tous les domaines de la chimie.

Les domaines d'application sont variés : santé, alimentation, environnement, synthèses au laboratoire ou dans l'industrie, etc.

<b>Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :</b>	
Transformation modélisée par une réaction d'oxydo-réduction, schémas de Lewis, position dans le tableau périodique, électronégativité, polarité d'une liaison.	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <b>Activités expérimentales support de la formation</b>
<p><b>Suivi temporel et modélisation macroscopique</b></p> <p>Transformations lentes et rapides.</p> <p>Facteurs cinétiques : température, concentration des réactifs.</p> <p>Catalyse, catalyseur.</p> <p>Vitesse volumique de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit.</p> <p>Temps de demi-réaction.</p> <p>Loi de vitesse d'ordre 1.</p> <p><b>Modélisation microscopique</b></p> <p>Mécanisme réactionnel : acte élémentaire, intermédiaire réactionnel, formalisme de la flèche courbe.</p> <p>Modification du mécanisme par ajout d'un catalyseur.</p> <p>Interprétation microscopique de l'influence des facteurs cinétiques.</p>	<p>Justifier le choix d'un capteur de suivi temporel de l'évolution d'un système.</p> <p>Identifier, à partir de données expérimentales, des facteurs cinétiques.</p> <p>Citer les propriétés d'un catalyseur et identifier un catalyseur à partir de données expérimentales.</p> <p><i>Mettre en évidence des facteurs cinétiques et l'effet d'un catalyseur.</i></p> <p>À partir de données expérimentales, déterminer une vitesse volumique de disparition d'un réactif, une vitesse volumique d'apparition d'un produit ou un temps de demi-réaction.</p> <p><i>Mettre en œuvre une méthode physique pour suivre l'évolution d'une concentration et déterminer la vitesse volumique de formation d'un produit ou de disparition d'un réactif.</i></p> <p>Identifier, à partir de données expérimentales, si l'évolution d'une concentration suit ou non une loi de vitesse d'ordre 1.</p> <p><b>Capacité numérique :</b> À l'aide d'un langage de programmation et à partir de données expérimentales, tracer l'évolution temporelle d'une concentration, d'une vitesse volumique d'apparition ou de disparition et tester une relation donnée entre la vitesse volumique de disparition et la concentration d'un réactif.</p> <p>À partir d'un mécanisme réactionnel fourni, identifier un intermédiaire réactionnel, un catalyseur et établir l'équation de la réaction qu'il modélise au niveau microscopique.</p> <p>Représenter les flèches courbes d'un acte élémentaire, en justifiant leur sens.</p> <p>Interpréter l'influence des concentrations et de la température sur la vitesse d'un acte élémentaire, en termes de fréquence et d'efficacité des chocs entre entités.</p>
<b>B) Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire</b>	
Les transformations nucléaires, introduites en classe de seconde, sont réinvesties dans l'enseignement scientifique en classe de première où sont abordés, de manière qualitative ou graphique, le caractère aléatoire de la désintégration de noyaux radioactifs et la décroissance de l'activité d'un échantillon. En classe terminale, il s'agit de passer de l'étude limitée au cas de durées discrètes (multiples entiers du temps de demi-vie) à une loi d'évolution d'une population de noyaux régie par une équation différentielle linéaire du	

premier ordre. Cette partie permet de réinvestir la notion d'isotope, d'utiliser le diagramme (N,Z), d'identifier le type de radioactivité et d'écrire des équations de réaction de désintégration. Des applications peuvent être proposées dans les domaines de l'archéologie, de la santé, de la médecine, du stockage des substances radioactives, de la protection, etc.

**Notions abordées en classe de seconde (enseignement commun de physique-chimie) et de première (enseignement scientifique) :**

Composition du noyau d'un atome, symbole  ${}^A_ZX$ , isotopes, transformation nucléaire, aspects énergétiques des transformations nucléaires (Soleil, centrales nucléaires), caractère aléatoire de la désintégration radioactive, temps de demi-vie, datation, équivalence masse-énergie, fusion de l'hydrogène dans les étoiles.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p><b>Décroissance radioactive</b></p> <p>Stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N,Z), radioactivité <math>\alpha</math> et <math>\beta</math>, équation d'une réaction nucléaire, lois de conservation.</p> <p>Radioactivité <math>\gamma</math>.</p> <p>Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs ; constante radioactive ; loi de décroissance radioactive ; temps de demi-vie ; activité.</p> <p>Radioactivité naturelle ; applications à la datation.</p> <p>Applications dans le domaine médical ; protection contre les rayonnements ionisants.</p>	<p>Déterminer, à partir d'un diagramme (N,Z), les isotopes radioactifs d'un élément.</p> <p>Utiliser des données et les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire et identifier le type de radioactivité.</p> <p>Établir l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs.</p> <p>Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive.</p> <p><b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants.</p> <p>Expliquer le principe de la datation à l'aide de noyaux radioactifs et dater un événement.</p> <p>Citer quelques applications de la radioactivité dans le domaine médical.</p> <p>Citer des méthodes de protection contre les rayonnements ionisants et des facteurs d'influence de ces protections.</p>

**3. Prévoir l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique**

Le caractère non total des transformations, introduit en classe de première, a été attribué aux transformations pour lesquelles l'avancement final est inférieur à l'avancement maximal ; en classe terminale, il est modélisé par deux réactions opposées qui conduisent à des vitesses de disparition et d'apparition égales dans l'état final, ce qui correspond à un état d'équilibre dynamique du système. Pour ces transformations, le quotient de réaction  $Q_r$  évolue de manière spontanée jusqu'à atteindre, dans l'état final, la valeur de la constante d'équilibre  $K(T)$ . Dans le cas des transformations totales, la disparition d'un réactif intervient alors que la valeur du quotient de réaction  $Q_r$  n'a pas atteint  $K(T)$ .

La notion de pression partielle n'étant pas abordée, on limite l'étude aux espèces liquides, solides ou dissoutes. Le quotient de réaction est adimensionné.

Le critère d'évolution est appliqué, d'une part, à des systèmes oxydant-réducteur conduisant à étudier le fonctionnement des piles et, d'autre part, à des systèmes acide-base dans l'eau.

Le passage d'un courant au sein d'un système oxydant-réducteur permet de forcer le sens de son évolution ; ceci est illustré par l'étude du fonctionnement des électrolyseurs.

Cette partie permet de sensibiliser aux enjeux de société et d'environnement liés au stockage d'énergie sous forme chimique et à la conversion d'énergie chimique en énergie électrique. Elle fait écho à la thématique abordée dans le programme de l'enseignement scientifique de la classe terminale sur la gestion de l'énergie.

**Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :**

Tableau d'avancement, avancement final, avancement maximal, caractère total ou non total d'une transformation, oxydant, réducteur, couple oxydant-réducteur, demi-équations électroniques, réactions d'oxydo-réduction.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
A) Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique	
<p>État final d'un système siège d'une transformation non totale : état d'équilibre chimique.</p> <p>Modèle de l'équilibre dynamique.</p>	<p>Relier le caractère non total d'une transformation à la présence, à l'état final du système, de tous les réactifs et de tous les produits.</p> <p><i>Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système siège d'une transformation non totale, par un nouvel ajout de réactifs.</i></p>
<p>Quotient de réaction <math>Q_r</math>.</p> <p>Système à l'équilibre chimique : constante d'équilibre <math>K(T)</math>.</p> <p>Critère d'évolution spontanée d'un système hors équilibre chimique.</p>	<p>Déterminer le sens d'évolution spontanée d'un système.</p> <p>Déterminer un taux d'avancement final à partir de données sur la composition de l'état final et le relier au caractère total ou non total de la transformation.</p> <p><i>Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final d'un système, siège d'une transformation non totale, et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale du système à une température donnée.</i></p>
<p>Transformation spontanée modélisée par une réaction d'oxydo-réduction.</p>	<p><i>Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur.</i></p>
<p>Pile, demi-piles, pont salin ou membrane, tension à vide.</p> <p>Fonctionnement d'une pile ; réactions électrochimiques aux électrodes.</p> <p>Usure d'une pile, capacité électrique d'une pile.</p>	<p>Justifier la stratégie de séparation des réactifs dans deux demi-piles et l'utilisation d'un pont salin.</p> <p>Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, le fonctionnement d'une pile.</p> <p>Déterminer la capacité électrique d'une pile à partir de sa constitution initiale.</p> <p><i>Réaliser une pile, déterminer sa tension à vide et la polarité des électrodes, identifier la transformation mise en jeu, illustrer le rôle du pont salin.</i></p>
<p>Oxydants et réducteurs usuels.</p>	<p>Citer des oxydants et des réducteurs usuels : eau de Javel, dioxygène, dichlore, acide ascorbique, dihydrogène, métaux.</p> <p>Justifier le caractère réducteur des métaux du bloc s.</p>

## B) Comparer la force des acides et des bases

<p>Constante d'acidité <math>K_A</math> d'un couple acide-base, produit ionique de l'eau <math>K_e</math>.</p>	<p>Associer <math>K_A</math> et <math>K_e</math> aux équations de réactions correspondantes.</p> <p><i>Estimer la valeur de la constante d'acidité d'un couple acide-base à l'aide d'une mesure de pH.</i></p>
<p>Réaction d'un acide ou d'une base avec l'eau, cas limite des acides forts et des bases fortes dans l'eau.</p>	<p>Associer le caractère fort d'un acide (d'une base) à la transformation quasi-totale de cet acide (cette base) avec l'eau.</p> <p>Prévoir la composition finale d'une solution aqueuse de concentration donnée en acide fort ou faible apporté.</p> <p>Comparer la force de différents acides ou de différentes bases dans l'eau.</p> <p><i>Mesurer le pH de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base.</i></p>
<p>Solutions courantes d'acides et de bases.</p>	<p><b>Capacité numérique</b> : Déterminer, à l'aide d'un langage de programmation, le taux d'avancement final d'une transformation, modélisée par la réaction d'un acide sur l'eau.</p> <p><b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation du second degré.</p> <p>Citer des solutions aqueuses d'acides et de bases courantes et les formules des espèces dissoutes associées : acide chlorhydrique (<math>H_3O^+(aq)</math>, <math>Cl^-(aq)</math>), acide nitrique (<math>H_3O^+(aq)</math>, <math>NO_3^-(aq)</math>), acide éthanóique (<math>CH_3COOH(aq)</math>), soude ou hydroxyde de sodium (<math>Na^+(aq)</math>, <math>HO^-(aq)</math>), ammoniac (<math>NH_3(aq)</math>).</p>
<p>Diagrammes de prédominance et de distribution d'un couple acide-base ; espèce prédominante, cas des indicateurs colorés et des acides alpha-aminés.</p>	<p>Représenter le diagramme de prédominance d'un couple acide-base.</p> <p>Exploiter un diagramme de prédominance ou de distribution.</p> <p>Justifier le choix d'un indicateur coloré lors d'un titrage.</p> <p><b>Capacité numérique</b> : Tracer, à l'aide d'un langage de programmation, le diagramme de distribution des espèces d'un couple acide-base de <math>pK_A</math> donné.</p>
<p>Solution tampon.</p>	<p>Citer les propriétés d'une solution tampon.</p>

## C) Forcer le sens d'évolution d'un système

<p>Passage forcé d'un courant pour réaliser une transformation chimique.</p>	<p>Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, les transferts d'électrons aux électrodes par des réactions électrochimiques.</p>
<p>Constitution et fonctionnement d'un électrolyseur.</p>	<p>Déterminer les variations de quantité de matière à partir de la durée de l'électrolyse et de la valeur de l'intensité du courant.</p> <p><i>Identifier les produits formés lors du passage forcé d'un courant dans un électrolyseur. Relier la durée, l'intensité du courant et les quantités de matière de produits formés.</i></p>

Stockage et conversion d'énergie chimique.	Citer des exemples de dispositifs mettant en jeu des conversions et stockages d'énergie chimique (piles, accumulateurs, organismes chlorophylliens) et les enjeux sociétaux associés.
--	---

#### 4. Élaborer des stratégies en synthèse organique

Cette partie a pour objectif de réinvestir la plupart des notions introduites depuis la classe de seconde sur la constitution de la matière et les propriétés des transformations chimiques. Les différents modèles macroscopiques et microscopiques élaborés permettent de développer des raisonnements pour expliciter ou élaborer des stratégies limitant l'impact environnemental et visant le développement durable de ces activités.

Elle s'appuie sur des activités concrètes des chimistes, essentielles dans de nombreux domaines de la vie quotidienne (santé, habillement, alimentation, transport, contrôle qualité, etc.).

Pour la réalisation des synthèses écoresponsables de composés organiques, sont recherchés des réactifs, solvants, catalyseurs et protocoles minimisant les apports d'énergie et les déchets et augmentant la vitesse, la sélectivité et le rendement. Des banques de réactions sont mises à disposition des élèves pour analyser ou élaborer des synthèses multi-étapes et proposer éventuellement des améliorations.

##### **Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :**

Formules brutes et semi-développées, squelette carboné saturé, groupes caractéristiques et familles fonctionnelles (alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques), lien entre nom et formule chimique, étapes d'un protocole (transformation, séparation, purification, identification), rendement d'une synthèse.

<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Structure et propriétés</b> Formule topologique. Familles fonctionnelles : esters, amines, amides et halogénoalcane. Squelettes carbonés insaturés, cycliques. Isomérisation de constitution. Polymères.	Exploiter des règles de nomenclature fournies pour nommer une espèce chimique ou représenter l'entité associée. Représenter des formules topologiques d'isomères de constitution, à partir d'une formule brute ou semi-développée. Identifier le motif d'un polymère à partir de sa formule. Citer des polymères naturels et synthétiques et des utilisations courantes des polymères.
<b>Optimisation d'une étape de synthèse</b> Optimisation de la vitesse de formation d'un produit et du rendement d'une synthèse.	Identifier, dans un protocole, les opérations réalisées pour optimiser la vitesse de formation d'un produit. Justifier l'augmentation du rendement d'une synthèse par introduction d'un excès d'un réactif ou par élimination d'un produit du milieu réactionnel. <i>Mettre en œuvre un protocole de synthèse pour étudier l'influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement ou la vitesse.</i>

<p><b>Stratégie de synthèse multi-étapes</b></p> <p>Modification de groupe caractéristique, modification de chaîne carbonée, polymérisation.</p> <p>Protection / déprotection.</p> <p>Synthèses écoresponsables.</p>	<p>Élaborer une séquence réactionnelle de synthèse d'une espèce à partir d'une banque de réactions.</p> <p>Identifier des réactions d'oxydo-réduction, acide-base, de substitution, d'addition, d'élimination.</p> <p>Identifier des étapes de protection / déprotection et justifier leur intérêt, à partir d'une banque de réactions.</p> <p><i>Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'un groupe caractéristique ou d'une chaîne carbonée.</i></p> <p>Discuter l'impact environnemental d'une synthèse et proposer des améliorations à l'aide de données fournies, par exemple en termes d'énergie, de formation et valorisation de sous-produits et de choix des réactifs et solvants.</p>
--	--

## Mouvement et interactions

<p>Après le principe d'inertie abordé en classe de seconde et un premier lien entre variation du vecteur vitesse et somme des forces étudié en classe de première, ce thème traite notamment de la seconde loi de Newton et de quelques-unes de ses conséquences. La notion d'accélération nécessite une attention particulière car le terme est utilisé dans la vie courante avec une signification différente de l'acception scientifique. Les aspects vectoriels, la dérivée d'un vecteur, le caractère algébrique des projections de l'accélération sont des objectifs importants de la partie « Décrire un mouvement ».</p> <p>La seconde loi de Newton conduit ensuite à l'établissement et à la résolution des équations générales du mouvement dans des situations variées. L'étude des mouvements dans un champ uniforme permet d'appréhender des situations relevant du quotidien ; l'étude des mouvements dans un champ de gravitation ouvre les domaines de l'astronomie, de l'astrophysique, de la conquête spatiale et de l'observation de la Terre depuis l'espace.</p> <p>Enfin, dans la continuité de l'introduction de la loi fondamentale de la statique des fluides en classe de première, ce thème se conclut par une introduction à la dynamique des fluides, avec notamment la mise en œuvre de la relation de Bernoulli, qui permet de décrire de très nombreux comportements dans des domaines aussi divers que la médecine, la biologie, l'aéronautique, la géophysique, etc.</p> <p>Si la rédaction du programme est volontairement concise et centrée sur les notions et méthodes, il ne s'agit nullement de proposer aux élèves une présentation décontextualisée de la mécanique ; au contraire, tout en veillant au champ de validité des modèles utilisés, il est aisé de recourir à des domaines d'études variés : transports, biophysique, sport, planétologie, etc.</p> <p>Lors des activités expérimentales, il est possible d'utiliser les outils courants de captation et de traitement d'images, ainsi que les nombreux capteurs présents dans les smartphones. L'activité de simulation peut également être mise à profit pour exploiter des modèles à des échelles d'espace ou de temps difficilement accessibles à l'expérimentation. Ce thème est l'occasion de développer des capacités de programmation.</p>
---

<b>Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité et enseignement scientifique) :</b>	
Vecteur position, vecteur vitesse, variation du vecteur vitesse, notion de champ, exemples de forces, lien entre forces extérieures et variation du vecteur vitesse, énergies cinétique, potentielle et mécanique, travail d'une force, trajectoire de la Terre dans un référentiel fixe par rapport aux étoiles, conception géocentrique vs conception héliocentrique, référentiel géocentrique, trajectoire de la Lune.	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>1. Décrire un mouvement</b>	
<p>Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.</p> <p>Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire.</p> <p>Mouvement rectiligne uniformément accéléré.</p> <p>Mouvement circulaire uniforme.</p>	<p>Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps. Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse.</p> <p>Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.</p> <p>Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme.</p> <p><i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.</i></p> <p><b>Capacité numérique :</b> Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement.</p> <p><b>Capacité mathématique :</b> Dériver une fonction.</p>
<b>2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement</b>	
<p><b>Deuxième loi de Newton</b></p> <p>Centre de masse d'un système.</p> <p>Référentiel galiléen.</p> <p>Deuxième loi de Newton.</p> <p>Équilibre d'un système.</p>	<p>Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée.</p> <p>Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié.</p> <p>Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ;</li> <li>- la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.</li> </ul>

<p><b>Mouvement dans un champ uniforme</b></p> <p>Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.</p> <p>Champ électrique créé par un condensateur plan.</p> <p>Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.</p> <p>Principe de l'accélérateur linéaire de particules chargées.</p> <p>Aspects énergétiques.</p>	<p>Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan.</p> <p>Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.</p> <p>Établir l'équation de la trajectoire.</p> <p>Discuter de l'influence des grandeurs physiques sur les caractéristiques du champ électrique créé par un condensateur plan, son expression étant donnée.</p> <p>Décrire le principe d'un accélérateur linéaire de particules chargées.</p> <p>Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.</p> <p><i>Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique.</i></p> <p><b>Capacité numérique</b> : Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur.</p> <p><b>Capacités mathématiques</b> : Résoudre une équation différentielle, déterminer la primitive d'une fonction, utiliser la représentation paramétrique d'une courbe.</p>
<p><b>Mouvement dans un champ de gravitation</b></p> <p>Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.</p> <p>Lois de Kepler.</p> <p>Période de révolution.</p> <p>Satellite géostationnaire.</p>	<p>Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.</p> <p>Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire.</p> <p><b>Capacité numérique</b> : Exploiter, à l'aide d'un langage de programmation, des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler.</p>
<p><b>3. Modéliser l'écoulement d'un fluide</b></p>	
<p>Poussée d'Archimède.</p> <p>Écoulement d'un fluide en régime permanent.</p>	<p>Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède.</p> <p>Utiliser l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède.</p> <p><i>Mettre en œuvre un dispositif permettant de tester ou d'exploiter l'expression de la poussée d'Archimède.</i></p> <p>Exploiter la conservation du débit volumique pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible.</p>

<p>Débit volumique d'un fluide incompressible. Relation de Bernoulli. Effet Venturi.</p>	<p>Exploiter la relation de Bernoulli, celle-ci étant fournie, pour étudier qualitativement puis quantitativement l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent. <i>Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'écoulement permanent d'un fluide et pour tester la relation de Bernoulli.</i></p>
--	---

## L'énergie : conversions et transferts

La validité d'un modèle est à nouveau interrogée à travers le modèle du gaz parfait qui prolonge et généralise la loi de Mariotte étudiée en classe de première.

Dans la continuité des classes précédentes, du collège comme du lycée, l'objectif central du thème « L'énergie : conversions et transferts » est désormais de procéder à des bilans d'énergie en s'appuyant sur le premier principe de la thermodynamique. Il s'agit, une fois le système clairement défini, d'identifier les transferts d'énergie, de prévoir leur sens et de procéder à un bilan entre un état initial et un état final de ce système dans le cadre d'une démarche à adapter en fonction des informations disponibles. Les situations étudiées permettent de réinvestir, dans un cadre théorique cohérent, les connaissances des élèves relatives au travail, à l'énergie mécanique et aux effets énergétiques des transformations physiques, chimiques et nucléaires ; une approche simplifiée du bilan thermique du système Terre-atmosphère est proposée. L'étude de l'évolution temporelle de la température d'un système au contact d'un thermostat est l'occasion de proposer une modélisation par une équation différentielle du premier ordre et d'introduire la notion de temps caractéristique.

Ce thème peut prendre appui sur un ensemble varié de domaines (transport, habitat, espace, santé et vivant) et permettre de sensibiliser les élèves à la problématique des économies d'énergie par une approche rationnelle. Il peut également être l'occasion d'enrichir les notions étudiées dans le cadre de l'enseignement scientifique relatives aux aspects énergétiques du vivant, au bilan thermique du système Terre-atmosphère en lien avec l'évolution du climat, etc.

### **Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité et enseignement scientifique) :**

Énergie cinétique, travail d'une force, énergie potentielle, théorème de l'énergie cinétique, conservation et non conservation de l'énergie mécanique, bilan de puissance dans un circuit, effet joule, rendement d'un convertisseur, énergie molaire de réaction, pouvoir calorifique massique, énergie libérée lors d'une combustion, énergie de liaison, rayonnement solaire, bilan radiatif terrestre, bilan thermique du corps humain.

### **1. Décrire un système thermodynamique : exemple du modèle du gaz parfait**

<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Modèle du gaz parfait. Masse volumique, température thermodynamique, pression.	Relier qualitativement les valeurs des grandeurs macroscopiques mesurées aux propriétés du système à l'échelle microscopique.
Équation d'état du gaz parfait.	Exploiter l'équation d'état du gaz parfait pour décrire le comportement d'un gaz. Identifier quelques limites du modèle du gaz parfait.

## 2. Effectuer des bilans d'énergie sur un système : le premier principe de la thermodynamique

Énergie interne d'un système. Aspects microscopiques.	Citer les différentes contributions microscopiques à l'énergie interne d'un système.
Premier principe de la thermodynamique. Transfert thermique, travail.	Prévoir le sens d'un transfert thermique. Distinguer, dans un bilan d'énergie, le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.
Capacité thermique d'un système incompressible. Énergie interne d'un système incompressible.	Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique. <i>Effectuer l'étude énergétique d'un système thermodynamique.</i>
Modes de transfert thermique. Flux thermique. Résistance thermique.	Caractériser qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement. Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée.
Bilan thermique du système Terre-atmosphère. Effet de serre.	Effectuer un bilan quantitatif d'énergie pour estimer la température terrestre moyenne, la loi de Stefan-Boltzmann étant donnée. Discuter qualitativement de l'influence de l'albédo et de l'effet de serre sur la température terrestre moyenne.
Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat.	Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps. <i>Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible.</i> <b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.

## Ondes et signaux

### 1. Caractériser les phénomènes ondulatoires

Cette partie s'inscrit dans la continuité de l'étude des signaux sonores effectuée en classe de seconde puis de celle des ondes mécaniques, en particulier périodiques, abordée en classe de première. Ces études ont permis d'une part d'illustrer la variété des domaines d'application et d'autre part de donner du sens aux grandeurs caractéristiques des ondes et à la double périodicité spatiale et temporelle dans le cas des ondes périodiques. Tout en continuant à exploiter la diversité des champs d'application (télécommunications, santé, astronomie, géophysique, biophysique, acoustique, lecture optique, interférométrie,

vélocimétrie, etc.), il s'agit dans cette partie d'enrichir la modélisation des ondes en caractérisant les phénomènes qui leur sont propres : diffraction, interférences, effet Doppler. Même si certains de ces phénomènes peuvent échapper à l'observation directe, le recours à l'instrumentation et à la mesure permet de mener de nombreuses expériences pour illustrer ou tester les modèles. Il s'agit donc d'interpréter des observations courantes en distinguant bien le ou les phénomènes en jeu et en portant une attention particulière aux conditions de leur manifestation. Pour l'étude de la diffraction et des interférences, on se limite au cas des ondes progressives sinusoïdales.

**Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité et enseignement scientifique) :**

Onde mécanique progressive périodique, célérité, retard, ondes sinusoïdales, période, longueur d'onde, relation entre période, longueur d'onde et célérité, son pur, son composé, puissance par unité de surface d'une onde sonore, fréquence fondamentale, note, gamme, signal analogique, numérisation.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Intensité sonore, intensité sonore de référence, niveau d'intensité sonore. Atténuation (en dB).	Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal. <i>Illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption.</i> <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.
Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques. Angle caractéristique de diffraction.	Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes. Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture. <i>Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.</i> <i>Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i>
Interférences de deux ondes, conditions d'observation. Interférences constructives, Interférences destructives.	Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes. Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène. <i>Tester les conditions d'interférences constructives ou destructives à la surface de l'eau dans le cas de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase.</i>
Interférences de deux ondes lumineuses, différence de chemin optique, conditions d'interférences constructives ou destructives.	Prévoir les lieux d'interférences constructives et les lieux d'interférences destructives dans le cas des trous d'Young, l'expression linéarisée de la différence de chemin optique étant donnée. Établir l'expression de l'interfrange. <i>Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas</i>

	<p><i>des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i></p> <p><b>Capacité numérique</b> : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, la somme de deux signaux sinusoïdaux périodiques synchrones en faisant varier la phase à l'origine de l'un des deux.</p>
--	---

<p>Effet Doppler. Décalage Doppler.</p>	<p>Décrire et interpréter qualitativement les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler.</p> <p>Établir l'expression du décalage Doppler dans le cas d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile et dans une configuration à une dimension.</p> <p>Exploiter l'expression du décalage Doppler dans des situations variées utilisant des ondes acoustiques ou des ondes électromagnétiques.</p> <p><i>Exploiter l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse.</i></p>
---	--

## 2. Former des images, décrire la lumière par un flux de photons

Cette partie prolonge les notions abordées en classe de première par l'étude des images formées par un dispositif associant deux lentilles convergentes : la lunette astronomique. La description de l'effet photoélectrique permet d'introduire le caractère particulaire de la lumière et conduit à effectuer un bilan énergétique.

Cette partie se prête à des activités expérimentales variées et permet d'aborder de nombreuses applications actuelles ou en développement : il concerne en effet aussi bien les bases de l'optique instrumentale que les nombreux dispositifs permettant d'émettre ou de capter des photons, en particulier pour convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique et réciproquement. Cette partie fournit également l'opportunité d'évoquer le processus de construction des connaissances scientifiques, en s'appuyant par exemple sur les débats scientifiques historiques à propos de la nature de la lumière.

### **Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité et enseignement scientifique) :**

Relation de conjugaison d'une lentille mince convergente, image réelle, image virtuelle, relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence, le photon, énergie d'un photon, bilan de puissance dans un circuit, rendement d'un convertisseur, rayonnement solaire, loi de Wien, puissance radiative.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
---------------------	--

### A) Former des images

<p>Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents.</p> <p>Grossissement.</p>	<p>Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire.</p> <p>Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale.</p> <p>Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale.</p> <p>Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.</p>
---	---

	<p>Réaliser une maquette de lunette astronomique ou utiliser une lunette commerciale pour en déterminer le grossissement.</p> <p>Vérifier la position de l'image intermédiaire en la visualisant sur un écran.</p>
<p><b>B) Décrire la lumière par un flux de photons</b></p>	
<p>Le photon : énergie, vitesse, masse.</p> <p>Effet photoélectrique.</p> <p>Travail d'extraction.</p> <p>Absorption et émission de photons.</p> <p>Enjeux énergétiques : rendement d'une cellule photovoltaïque.</p>	<p>Décrire l'effet photoélectrique, ses caractéristiques et son importance historique.</p> <p>Interpréter qualitativement l'effet photoélectrique à l'aide du modèle particulaire de la lumière.</p> <p>Établir, par un bilan d'énergie, la relation entre l'énergie cinétique des électrons et la fréquence.</p> <p>Expliquer qualitativement le fonctionnement d'une cellule photoélectrique.</p> <p>Citer quelques applications actuelles mettant en jeu l'interaction photon-matière (capteurs de lumière, cellules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, spectroscopies UV-visible et IR, etc.).</p> <p><i>Déterminer le rendement d'une cellule photovoltaïque.</i></p>
<p><b>3. Étudier la dynamique d'un système électrique</b></p>	
<p>Cette partie s'intéresse au comportement capacitif de certains dipôles et étudie le circuit RC comme modèle de ce comportement. Elle permet d'introduire les notions de régime transitoire, de régime stationnaire et de temps caractéristique, et de modéliser un phénomène par une équation différentielle.</p> <p>Les capteurs sont présents dans de nombreux secteurs : dans le domaine de l'électronique, les MEMS (systèmes micro-électromécaniques) dont certains sont de type capacitif comme les capteurs d'accélération, dans la technologie des écrans tactiles, dans des dispositifs permettant de contrôler et de réguler les consommations d'énergie, dans le domaine de l'agroalimentaire ou de la chimie avec par exemple des capteurs de proximité (contrôle du remplissage de cuves), dans les objets dits « connectés » où ils sont associés à d'autres capteurs.</p> <p>En biologie, ce modèle permet de rendre compte, par analogie, du comportement de systèmes complexes.</p> <p>La mise en œuvre expérimentale de cette partie du programme est l'occasion d'utiliser des multimètres, des microcontrôleurs associés à des capteurs, des cartes d'acquisition, des oscilloscopes, etc.</p> <p><b>Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :</b></p> <p>Lien entre intensité d'un courant continu et débit de charges, modèle d'une source réelle de tension continue, puissance, énergie, bilan de puissance dans un circuit, effet Joule, rendement d'un convertisseur.</p>	
<p><b>Notions et contenus</b></p>	<p><b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i></p>
<p>Intensité d'un courant électrique en régime variable.</p>	<p>Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.</p>

<p>Comportement capacitif.</p> <p>Modèle du condensateur. Relation entre charge et tension ; capacité d'un condensateur.</p> <p>Modèle du circuit RC série : charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique.</p> <p>Capteurs capacitifs.</p>	<p>Identifier des situations variées où il y a accumulation de charges de signes opposés sur des surfaces en regard.</p> <p>Citer des ordres de grandeur de valeurs de capacités usuelles.</p> <p><i>Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle.</i></p> <p><i>Illustrer qualitativement, par exemple à l'aide d'un microcontrôleur, d'un multimètre ou d'une carte d'acquisition, l'effet de la géométrie d'un condensateur sur la valeur de sa capacité.</i></p> <p>Établir et résoudre l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes d'un condensateur dans le cas de sa charge par une source idéale de tension et dans le cas de sa décharge.</p> <p>Expliquer le principe de fonctionnement de quelques capteurs capacitifs.</p> <p><i>Étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC.</i></p> <p><i>Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope.</i></p> <p><b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.</p>
--	---

## Capacités expérimentales

Ce paragraphe présente l'ensemble des capacités expérimentales qui doivent être acquises à l'issue des deux années d'enseignement de spécialité physique-chimie (première et terminale). Certaines, déjà présentes dans le programme de spécialité de première, voient leur maîtrise consolidée au cours de l'année de terminale. D'autres sont travaillées spécifiquement durant l'année de terminale. La liste qui suit indique ce que les élèves doivent savoir réaliser lors de l'épreuve pratique, à l'issue de leur formation conduite dans le cadre des « activités expérimentales support de la formation ». La présentation de ces capacités est organisée autour des thèmes du programme ; ces capacités peuvent être remobilisées lors de l'étude d'un autre thème du programme et certaines d'entre elles sont mises en œuvre plusieurs fois au cours de l'année. Elles se veulent au service, d'une part, de l'apprentissage des méthodes et concepts et, d'autre part, de l'acquisition des compétences de la démarche scientifique. Partie intégrante de l'activité de modélisation, cette maîtrise expérimentale relève principalement de la compétence « Réaliser » mais ne s'y limite pas.

Trois capacités expérimentales sont communes à l'ensemble des thèmes :

- respecter les règles de sécurité liées au travail en laboratoire ;
- mettre en œuvre un dispositif d'acquisition et de traitement de données : microcontrôleur, interface d'acquisition, tableur, langage de programmation ;
- utiliser un logiciel de simulation.

## Constitution et transformations de la matière

- Préparer une solution par dissolution ou par dilution en choisissant le matériel adapté.
- Réaliser le spectre d'absorption UV-visible d'une espèce chimique.
- Réaliser des mesures d'absorbance, de pH, de conductivité en s'aidant d'une notice.
- Mettre en œuvre un test de reconnaissance pour identifier une espèce chimique.
- Tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.
- Mettre en œuvre le protocole expérimental d'un titrage.
- Réaliser une pile et un circuit électrique intégrant un électrolyseur.
- Utiliser un logiciel de simulation de structures moléculaires et des modèles moléculaires.
- Mettre en œuvre une extraction liquide-liquide.
- Réaliser le montage des dispositifs de chauffage à reflux et de distillation fractionnée et les mettre en œuvre.
- Mettre en œuvre un dispositif pour estimer une température de changement d'état.
- Réaliser une filtration simple ou sous pression réduite, un lavage, un séchage.
- Réaliser une chromatographie sur couche mince.
- Respecter les règles de sécurité lors de l'utilisation de produits chimiques et de verrerie.
- Respecter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange pour minimiser l'impact sur l'environnement.

## Mouvement et interactions

- Mettre en œuvre un dispositif permettant d'illustrer l'interaction électrostatique.
- Utiliser un dispositif permettant de repérer la direction du champ électrostatique.
- Collecter des données sur un mouvement (vidéo, chronophotographie, etc.).
- Utiliser un dispositif permettant d'étudier la poussée d'Archimède.
- Mesurer une pression et une vitesse d'écoulement dans un gaz et dans un liquide.

## L'énergie : conversions et transferts

- Utiliser un multimètre, adapter le calibre si nécessaire.
- Réaliser un montage électrique conformément à un schéma électrique normalisé.
- Mettre en œuvre un protocole permettant d'estimer une énergie transférée électriquement ou mécaniquement.
- Mettre en œuvre un dispositif pour réaliser un bilan énergétique et suivre l'évolution de la température d'un système.

## Ondes et signaux

- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'illustrer la propagation d'une perturbation mécanique.
- Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant de collecter des données sur la propagation d'une perturbation mécanique (vidéo, chronophotographie, etc.).
- Mettre en œuvre un dispositif permettant de mesurer la période, la longueur d'onde, la célérité d'une onde périodique.
- Commander la production d'un signal grâce à un microcontrôleur.
- Mesurer un niveau d'intensité sonore.
- Utiliser un luxmètre ou une photorésistance.
- Estimer la distance focale d'une lentille mince convergente.
- Réaliser un montage optique comportant une ou deux lentilles minces.
- Mettre en œuvre un dispositif pour illustrer la synthèse additive ou la synthèse soustractive.
- Mettre en œuvre un dispositif pour illustrer que la couleur apparente d'un objet dépend de la source de lumière.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'obtenir un spectre d'émission.
- Mettre en œuvre des dispositifs permettant d'étudier les phénomènes de diffraction et d'interférences.
- Mettre en œuvre un dispositif permettant d'étudier l'effet Doppler en acoustique.
- Utiliser une cellule photovoltaïque.
- Utiliser un oscilloscope.
- Réaliser un montage électrique pour étudier la charge et la décharge d'un condensateur dans un circuit RC.
- Respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation de sources lumineuses.
- Respecter les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation d'appareils électriques.

## Annexe

# Programme de sciences physiques, complément des sciences de l'ingénieur de terminale générale

---

## Préambule

### Objectifs de formation

En classe terminale de la voie générale, les élèves qui suivent l'enseignement de spécialité de sciences de l'ingénieur bénéficient d'un enseignement de deux heures de sciences physiques. Cet enseignement de complément leur permet de se projeter dans des études supérieures relevant notamment des domaines de la technologie et de l'ingénierie.

L'enseignement de sciences physiques complétant l'enseignement de spécialité de sciences de l'ingénieur vise deux objectifs principaux : d'une part, apporter aux élèves un corpus de savoirs et de savoir-faire fondamentaux indispensables dans le cadre de l'apprentissage des sciences de l'ingénieur et d'autre part, les préparer à une poursuite d'études dans l'enseignement supérieur scientifique et technologique.

Ce programme met l'accent sur la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation** en proposant une approche concrète et **contextualisée** des concepts et phénomènes étudiés. Des exemples empruntés à la culture technologique des élèves sont privilégiés.

Dans le domaine de la mécanique, où les compétences des élèves sont déjà affirmées, un apport conceptuel est proposé pour les objets fondamentaux (cinématique et dynamique) ; un élargissement des domaines d'application leur permet de découvrir les capacités prédictives des lois de la mécanique pour l'étude de mouvements variés. Dans le domaine de l'énergétique, l'étude approfondie du premier principe de la thermodynamique vient structurer et renforcer les compétences des élèves en ce qui concerne les échanges et les bilans d'énergie. Le thème « Ondes et signaux » aborde, quant à lui, certaines caractéristiques des ondes : la diffraction et les interférences. Ces sujets ne sont pas traités dans le programme de sciences de l'ingénieur mais constituent un apport précieux, notamment lors de l'étude de l'échange d'informations. Enfin, la présentation de notions en relation avec la problématique de l'interaction lumière-matière peut être réinvestie, par exemple dans la partie « Expérimenter et simuler » du programme de sciences de l'ingénieur.

### Structure du programme

Le programme est structuré autour des trois thèmes : « Mouvement et interactions », « L'énergie : conversions et transferts » et « Ondes et signaux ».

**Chaque thème comporte une introduction spécifique indiquant les objectifs** de formation, les domaines d'application, notamment ceux abordés dans le programme de sciences de l'ingénieur. Elle est complétée par un tableau en deux colonnes identifiant, d'une part, les notions et contenus à connaître, d'autre part, les capacités exigibles ainsi que les **activités expérimentales** support de la formation. Par ailleurs, des capacités mathématiques et numériques sont mentionnées ; le langage de programmation conseillé est le langage Python.

La présentation du programme n'impose pas l'ordre de sa mise en œuvre par le professeur, laquelle relève de sa liberté pédagogique. Une attention particulière doit être portée par l'équipe pédagogique à la mise en place d'une progression commune de l'enseignement de spécialité sciences de l'ingénieur et du complément de sciences physiques.

## Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Les compétences retenues pour caractériser la démarche scientifique visent à structurer la formation et l'évaluation des élèves. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel elles sont mobilisées par l'élève. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence, l'ensemble n'ayant pas vocation à constituer un cadre rigide.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncer une problématique.</li> <li>- Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.</li> <li>- Représenter la situation par un schéma.</li> </ul>
<b>Analyser/ Raisonnement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formuler des hypothèses.</li> <li>- Proposer une stratégie de résolution.</li> <li>- Planifier des tâches.</li> <li>- Évaluer des ordres de grandeur.</li> <li>- Choisir un modèle ou des lois pertinentes.</li> <li>- Choisir, élaborer, justifier un protocole.</li> <li>- Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.</li> <li>- Procéder à des analogies.</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.</li> <li>- Utiliser un modèle.</li> <li>- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.).</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance.</li> <li>- Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.</li> <li>- Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.</li> <li>- Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ;</li> <li>- utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>- échanger entre pairs.</li> </ul>

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de **l'autonomie et de l'initiative** requises dans les activités proposées aux élèves.

La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves des questions liées à la poursuite d'études dans le domaine des sciences et de la technologie, les spécificités et finalités de la physique-chimie, des questions à portée civique comme par exemple la responsabilité individuelle et collective, la **sécurité** pour soi et pour autrui, l'éducation à l'**environnement** et au **développement durable**.

Comme tous les enseignements, ce complément aux sciences de l'ingénieur contribue au développement des compétences orales à travers notamment la pratique de l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Elle prend un relief particulier pour ceux qui choisiront de préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat en l'adossant à l'enseignement de spécialité des sciences de l'ingénieur.

## Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

- privilégier l'activité des élèves en évitant tout dogmatisme ;
- permettre et encadrer l'expression par les élèves de leurs conceptions initiales et les prendre en charge ;
- valoriser **l'approche expérimentale** ;
- contextualiser les apprentissages pour leur donner du sens ;
- procéder régulièrement à des **synthèses** pour expliciter et structurer les savoirs et savoir-faire, et les réinvestir dans des contextes différents ;
- tisser des liens aussi bien entre les notions du programme qu'avec les autres enseignements, notamment les sciences de l'ingénieur et l'enseignement scientifique commun à tous les élèves de la voie générale ;
- favoriser l'acquisition d'automatismes et développer l'autonomie des élèves en proposant des temps de travail personnel ou en groupe, dans et hors la classe.

Dès qu'elle est possible, une mise en perspective des savoirs avec **l'histoire des sciences** et **l'actualité scientifique et technologique** est fortement recommandée.

Le recours ponctuel à des « **résolutions de problèmes** » est encouragé, ces activités contribuant efficacement à l'acquisition des compétences de la démarche scientifique.

## Mesure et incertitudes

L'objectif est avant tout d'exercer le discernement et l'esprit critique de l'élève à propos de valeurs mesurées, calculées ou estimées. Cette thématique est également à mettre en perspective avec l'analyse des écarts entre les performances observées et attendues, présente dans le programme de sciences de l'ingénieur.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<p><b>Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.</b></p> <p><b>Incertitude-type.</b></p> <p><b>Incertitudes-types composées.</b></p> <p><b>Écriture du résultat. Valeur de référence.</b></p>	<p>Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type.</p> <p>Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.</p> <p>Évaluer qualitativement la dispersion d'une série de mesures indépendantes.</p> <p><b>Capacité numérique :</b> Représenter l'histogramme associé à une série de mesures à l'aide d'un tableur ou d'un langage de programmation.</p> <p>Définir qualitativement une incertitude-type.</p> <p>Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (évaluation de type A).</p> <p>Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une autre approche que statistique (évaluation de type B).</p> <p>Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude-type d'une grandeur s'exprimant en fonction d'autres grandeurs dont les incertitudes-types associées sont connues.</p> <p><b>Capacité numérique :</b> Simuler, à l'aide d'un langage de programmation, un processus aléatoire illustrant la détermination de la valeur d'une grandeur avec incertitudes-types composées.</p> <p>Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure.</p> <p>Comparer, le cas échéant, le résultat d'une mesure <math>m_{mes}</math> à une valeur de référence <math>m_{ref}</math> en utilisant le quotient <math>\frac{ m_{mes}-m_{ref} }{u(m)}</math> où <math>u(m)</math> est l'incertitude-type associée au résultat.</p>

## Contenus disciplinaires

### Mouvement et interactions

De très nombreux systèmes conçus par les ingénieurs comportent des mécanismes mettant en jeu des mouvements et des actions mécaniques qu'il est nécessaire de modéliser, en particulier pour prévoir la valeur des grandeurs associées aux performances attendues.

L'objectif principal de ce thème est d'introduire la seconde loi de Newton et de développer quelques-unes de ses conséquences. Il s'agit, à partir de cette loi, d'établir les équations générales du mouvement dans des situations variées et de les résoudre. L'étude des mouvements dans un champ uniforme permet d'appréhender de nombreuses situations relevant du quotidien et conduit à en analyser les aspects énergétiques. De même, l'étude des mouvements dans un champ de gravitation ouvre les domaines de la conquête spatiale et de l'observation de la Terre depuis l'espace.

Tout au long de cet enseignement de mécanique, le champ de validité des modèles utilisés est soigneusement précisé et les lois et concepts sont illustrés en s'appuyant sur les nombreux domaines concernés : transports, aéronautique, sport, géophysique, etc.

Lors des activités expérimentales, il est possible d'utiliser la variété des outils courants de captation et de traitement d'images vidéo, ainsi que les nombreux capteurs présents dans les objets connectés dont disposent les élèves. L'activité de simulation peut également être mise à profit notamment pour exploiter des modèles à des échelles d'espace ou de temps difficilement accessibles à l'expérimentation. Ce thème est l'occasion de développer des capacités de programmation, par exemple pour simuler et analyser le mouvement d'un système.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>1. Décrire un mouvement</b>	
Vecteurs vitesse et accélération. Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire. Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvement circulaire uniforme.	Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire.  Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme. <i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.</i> <b>Capacité numérique</b> : Représenter des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation. <b>Capacité mathématique</b> : Dériver une fonction.

## 2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement

<p><b>Deuxième loi de Newton</b></p> <p>Centre de masse d'un système.</p> <p>Référentiel galiléen.</p> <p>Deuxième loi de Newton.</p>	<p>Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée.</p> <p>Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié.</p> <p>Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ;</li> <li>- la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.</li> </ul>
<p><b>Mouvement dans un champ uniforme</b></p> <p>Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme.</p> <p>Champ électrique créé par un condensateur plan.</p> <p>Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.</p> <p>Aspects énergétiques.</p>	<p>Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan.</p> <p>Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.</p> <p>Établir l'équation de la trajectoire.</p> <p>Discuter de l'influence des grandeurs physiques sur les caractéristiques du champ électrique créé par un condensateur plan, son expression étant donnée.</p> <p>Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.</p> <p><i>Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique.</i></p> <p><b>Capacité numérique</b> : Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur.</p> <p><b>Capacités mathématiques</b> : Résoudre une équation différentielle, déterminer la primitive d'une fonction, utiliser la représentation paramétrique d'une courbe.</p>
<p><b>Mouvement dans un champ de gravitation</b></p> <p>Mouvement des satellites et des planètes. Orbite.</p> <p>Lois de Kepler.</p> <p>Période de révolution.</p> <p>Satellite géostationnaire.</p>	<p>Déterminer les caractéristiques des vecteurs vitesse et accélération du centre de masse d'un système en mouvement circulaire dans un champ de gravitation newtonien.</p> <p>Établir et exploiter la troisième loi de Kepler dans le cas du mouvement circulaire.</p> <p><b>Capacité numérique</b> : Exploiter, à l'aide d'un langage de programmation, des données astronomiques ou satellitaires pour tester les deuxième et troisième lois de Kepler.</p>

## L'énergie : conversions et transferts

Le dimensionnement des objets technologiques, étape essentielle du travail de l'ingénieur, inclut très souvent des problématiques d'échanges thermiques. En complémentarité avec l'enseignement de sciences de l'ingénieur, l'enjeu de ce thème est désormais d'effectuer des bilans d'énergie en s'appuyant sur le premier principe de la thermodynamique. Une fois le système clairement défini, il s'agit d'identifier les transferts d'énergie, de prévoir leur sens et enfin d'effectuer un bilan entre un état initial et un état final de ce système dans le cadre d'une démarche à adapter en fonction des informations disponibles. L'étude de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat est l'occasion de proposer une modélisation par une équation différentielle du premier ordre et d'introduire la notion de temps caractéristique.

Ce thème peut prendre appui sur un ensemble varié de domaines – transport, habitat, espace, santé – et permettre de sensibiliser les élèves à la problématique des économies d'énergie par une approche rationnelle, là encore en lien avec l'enseignement de sciences de l'ingénieur.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<p>Énergie interne d'un système. Aspects microscopiques.</p> <p>Premier principe de la thermodynamique. Transfert thermique, travail.</p> <p>Capacité thermique d'un système incompressible. Énergie interne d'un système incompressible.</p> <p>Modes de transfert thermique. Flux thermique. Résistance thermique.</p> <p>Loi phénoménologique de Newton, modélisation de l'évolution de la température d'un système au contact d'un thermostat.</p>	<p>Citer les différentes contributions microscopiques à l'énergie interne d'un système.</p> <p>Prévoir le sens d'un transfert thermique.</p> <p>Distinguer, dans un bilan d'énergie, le terme correspondant à la variation de l'énergie du système des termes correspondant à des transferts d'énergie entre le système et l'extérieur.</p> <p>Exploiter l'expression de la variation d'énergie interne d'un système incompressible en fonction de sa capacité thermique et de la variation de sa température pour effectuer un bilan énergétique.</p> <p><i>Procéder à l'étude énergétique d'un système thermodynamique.</i></p> <p>Décrire qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement.</p> <p>Exploiter la relation entre flux thermique, résistance thermique et écart de température, l'expression de la résistance thermique étant donnée.</p> <p>Effectuer un bilan d'énergie pour un système incompressible échangeant de l'énergie par un transfert thermique modélisé à l'aide de la loi de Newton fournie. Établir l'expression de la température du système en fonction du temps.</p> <p><i>Suivre l'évolution de la température d'un système incompressible recevant un flux thermique donné. Modéliser l'évolution de sa température.</i></p> <p><b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants avec un second membre constant.</p>

## Ondes et signaux

### 1. Caractériser les phénomènes ondulatoires

Cette partie concerne l'étude des phénomènes mis en jeu dans des systèmes que l'ingénieur conçoit et met en œuvre, en particulier lorsqu'il s'agit d'émettre et de recevoir un signal ou d'échanger des informations. En complément de l'enseignement de sciences de l'ingénieur, l'étude proposée permet de caractériser quelques propriétés des ondes qui interviennent lors de la conception de systèmes technologiques.

Ce travail, commencé dès la classe de seconde avec l'étude des signaux sonores, permet d'exploiter la modélisation des ondes en caractérisant des phénomènes qui leur sont propres : diffraction, interférences, effet Doppler. Tout en préparant à la poursuite d'études scientifiques, cette partie permet d'illustrer la variété des domaines d'application : télécommunications, santé, astronomie, géophysique, biophysique, acoustique, lecture optique, interférométrie, vélocimétrie, etc.

Même si certains de ces phénomènes peuvent échapper à l'observation directe, le recours à l'instrumentation et à la mesure permet de mener de nombreuses expériences pour illustrer ou tester les modèles. Il s'agit donc d'interpréter des observations courantes en distinguant bien le ou les phénomènes en jeu et en portant une attention particulière aux conditions de leur manifestation. Pour l'étude de la diffraction et des interférences, on se limite au cas des ondes sinusoïdales.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Intensité sonore, intensité sonore de référence, niveau d'intensité sonore. Atténuation (en dB).	Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal. <i>Illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption.</i> <b>Capacité mathématique</b> : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.
Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques. Angle caractéristique de diffraction.	Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes. Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture. <i>Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.</i> <i>Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i>
Interférences de deux ondes, conditions d'observation. Interférences constructives, Interférences destructives.	Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes. Établir les conditions d'interférences constructives et destructives de deux ondes issues de deux sources ponctuelles en phase dans le cas d'un milieu de propagation homogène. <i>Exploiter l'expression donnée de l'interfrange dans le cas des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i>

<p>Effet Doppler. Décalage Doppler.</p>	<p>Décrire qualitativement les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler. Expliquer qualitativement l'effet Doppler. Établir l'expression du décalage Doppler dans le cas d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile et dans une configuration à une dimension. Exploiter l'expression du décalage Doppler dans des situations variées utilisant des ondes acoustiques ou des ondes électromagnétiques. <i>Exploiter l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse.</i></p>
---	---

## 2. Décrire la lumière par un flux de photons

Les dispositifs permettant d'émettre ou de capter des photons, en particulier pour convertir l'énergie lumineuse en énergie électrique et réciproquement, sont très présents dans les systèmes technologiques. Les notions introduites dans cette partie sont importantes pour une poursuite d'études scientifiques, d'autant qu'elles ne sont pas abordées dans l'enseignement de spécialité de sciences de l'ingénieur.

La description de l'effet photoélectrique permet d'introduire le caractère particulière de la lumière, et conduit à effectuer un bilan énergétique. L'étude de l'absorption et de l'émission de photons concerne très directement le fonctionnement des capteurs et sources de lumière mis en jeu dans de nombreux systèmes technologiques.

Cette partie fournit également l'opportunité d'évoquer le processus de construction des connaissances scientifiques, en s'appuyant par exemple sur les débats scientifiques historiques à propos de la nature de la lumière.

<p><b>Notions et contenus</b></p>	<p><b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i></p>
<p>Le photon : énergie, vitesse, masse. Effet photoélectrique. Travail d'extraction.  Absorption et émission de photons. Enjeux énergétiques : rendement d'une cellule photovoltaïque.</p>	<p>Décrire l'effet photoélectrique, ses caractéristiques et son importance historique. Interpréter qualitativement l'effet photoélectrique à l'aide du modèle particulière de la lumière. Établir, par un bilan d'énergie, la relation entre l'énergie cinétique des électrons et la fréquence. Expliquer qualitativement le fonctionnement d'une cellule photoélectrique.  Citer quelques applications actuelles mettant en jeu l'interaction photon-matière (capteurs de lumière, cellules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, spectroscopies UV-visible et IR, etc.). <i>Déterminer le rendement d'une cellule photovoltaïque.</i></p>