



# Physique-chimie

Classe terminale, enseignement de spécialité,  
voie générale

**Mai 2019**



# Sommaire

<b>Préambule</b>	<b>3</b>
■ Objectifs de formation .....	3
■ Organisation du programme .....	4
■ Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique .....	4
■ Repères pour l'enseignement.....	6
■ Mesure et incertitudes .....	6
■ Constitution et transformations de la matière .....	8
■ Mouvement et interactions.....	19
■ L'énergie : conversions et transferts .....	23
■ Ondes et signaux.....	25
<b>Capacités expérimentales</b>	<b>31</b>
■ Constitution et transformations de la matière .....	31
■ Mouvement et interactions.....	32
■ L'énergie : conversions et transferts .....	32
■ Ondes et signaux.....	32

# Préambule

## ■ Objectifs de formation

En classe terminale de la voie générale, les élèves qui suivent l'enseignement de spécialité de physique-chimie 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 est portée au questionnement et à la démarche suivie, 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, préparé individuellement ou en groupe, 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/ 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 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**.

## ■ 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
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.	<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>
Incertitude-type.	<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>
Incertitudes-types composées.	<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>
Écriture du résultat. Valeur de référence.	<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</p>

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.

## ■ 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*

### A) Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène $H^+$



<p>Transformation modélisée par des transferts d'ion hydrogène <math>H^+</math> : acide et base de Brønsted, couple acide-base, réaction acide-base.</p> <p>Couples acide-base de l'eau, de l'acide carbonique, d'acides carboxyliques, d'amines.</p> <p>Espèce amphotère.</p>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Identifier le caractère amphotère d'une espèce chimique.</p>
<p><b>B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques</b></p>	
<p>pH et relation  <math>pH = -\log([H_3O^+]/c^\circ)</math> avec <math>c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}</math>, concentration standard.</p> <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>Déterminer, à partir de la valeur de la concentration en ions oxonium <math>H_3O^+</math>, la valeur du pH de la solution et inversement.</p> <p><b>Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (<math>H_3O^+</math>, <math>Cl^-</math>) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ions oxonium <math>H_3O^+</math> apportés.</b></p> <p><b>Capacité mathématique :</b> Utiliser la fonction logarithme décimal et sa réciproque.</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><b>Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.</b></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

Titre massique et densité d'une solution.	<b>Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis.</b>
Titration avec suivi pH-métrique.	Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale.
Titration avec suivi conductimétrique.	Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse.  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.  <b>Mettre en œuvre le suivi pH-métrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base.</b>  <b>Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage.</b>  <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.

## 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.

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

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> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<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>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><b><i>Mettre en évidence des facteurs cinétiques et l'effet d'un catalyseur.</i></b></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><b><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></b></p>

<p>Loi de vitesse d'ordre 1.</p> <p><b>Modélisation microscopique</b></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>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>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) Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation nucléaire

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.

<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>Décroissance radioactive</b>  Stabilité et instabilité des noyaux : diagramme (N,Z), radioactivité $\alpha$ et $\beta$ , équation d'une réaction nucléaire, lois de conservation.  Radioactivité $\gamma$ .  Évolution temporelle d'une population de noyaux radioactifs ; constante radioactive ; loi de décroissance radioactive ; temps de demi-vie ;	Déterminer, à partir d'un diagramme (N,Z), les isotopes radioactifs d'un élément.  Utiliser des données et les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire et identifier le type de radioactivité.  Établir l'expression de l'évolution temporelle de la population de noyaux radioactifs.  Exploiter la loi et une courbe de décroissance radioactive.

activité.	<b>Capacité mathématique</b> : Résoudre une équation différentielle linéaire du premier ordre à coefficients constants.
Radioactivité naturelle ; applications à la datation.	Expliquer le principe de la datation à l'aide de noyaux radioactifs et dater un événement.  Citer quelques applications de la radioactivité dans le domaine médical.
Applications dans le domaine médical ; protection contre les rayonnements ionisants.	Citer des méthodes de protection contre les rayonnements ionisants et des facteurs d'influence de ces protections.

### 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'oxydoréduction.	
Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
<b>A) Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique</b>	
<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>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>Transformation spontanée modélisée par une réaction d'oxydo-réduction.</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>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><b><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></b></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><b><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></b></p> <p><b><i>Illustrer un transfert spontané d'électrons par contact entre réactifs et par l'intermédiaire d'un circuit extérieur.</i></b></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><b><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></b></p>

Oxydants et réducteurs usuels.	Citer des oxydants et des réducteurs usuels : eau de Javel, dioxygène, dichlore, acide ascorbique, dihydrogène, métaux.  Justifier le caractère réducteur des métaux du bloc s.
<b>B) Comparer la force des acides et des bases</b>	
<p>Constante d'acidité <math>K_A</math> d'un couple acide-base, produit ionique de l'eau <math>K_e</math>.</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>Solutions courantes d'acides et de bases.</p>	<p>Associer <math>K_A</math> et <math>K_e</math> aux équations de réactions correspondantes.</p> <p><b>Estimer la valeur de la constante d'acidité d'un couple acide-base à l'aide d'une mesure de pH.</b></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><b>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.</b></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 éthanoïque (<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>Solution tampon.</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>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>Constitution et fonctionnement d'un électrolyseur.</p>	<p>Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, les transferts d'électrons aux électrodes par des réactions électrochimiques.</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><b>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.</b></p>
<p>Stockage et conversion d'énergie chimique.</p>	<p>Citer des exemples de dispositifs mettant en jeu des conversions et stockages d'énergie chimique (piles, accumulateurs, organismes chlorophylliens) et les enjeux sociétaux associés.</p>

### 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 halogénoalcanes.  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	  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

<p>du rendement d'une synthèse.</p>	<p>introduction d'un excès d'un réactif ou par élimination d'un produit du milieu réactionnel.</p> <p><b><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></b></p>
<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><b><i>Mettre en œuvre un protocole de synthèse conduisant à la modification d'un groupe caractéristique ou d'une chaîne carbonée.</i></b></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

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'acceptation 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 ».

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.

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.

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.

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.

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

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>	
Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.	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

<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>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><b>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.</b></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>
---	---

## 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>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.  Champ électrique créé par un condensateur plan.  Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.  Principe de l'accélérateur linéaire de particules chargées.  Aspects énergétiques.</p>	<p>Montrer que le mouvement dans un champ uniforme est plan. Établir et exploiter les équations horaires du mouvement. Établir l'équation de la trajectoire.  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.  Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme.  <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.  Lois de Kepler.  Période de révolution.  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.  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>

### 3. Modéliser l'écoulement d'un fluide

Poussée d'Archimède.	Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède. Utiliser l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède. <b>Mettre en œuvre un dispositif permettant de tester ou d'exploiter l'expression de la poussée d'Archimède.</b>
Écoulement d'un fluide en régime permanent.	Exploiter la conservation du débit volumique pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible.
Débit volumique d'un fluide incompressible.	Exploiter la relation de Bernoulli, celle-ci étant fournie, pour étudier qualitativement puis quantitativement l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent.
Relation de Bernoulli.	<b>Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'écoulement permanent d'un fluide et pour tester la relation de Bernoulli.</b>
Effet Venturi.	

## ■ 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**

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

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

<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</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</p>
---	---



incompressible.	énergétique. <b>Effectuer l'étude énergétique d'un système thermodynamique.</b>
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. <b>Suivre et modéliser l'évolution de la température d'un système incompressible.</b> <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>
<p>Intensité sonore, intensité sonore de référence, niveau d'intensité sonore.</p> <p>Atténuation (en dB).</p>	<p>Exploiter l'expression donnant le niveau d'intensité sonore d'un signal.</p> <p><b>Illustrer l'atténuation géométrique et l'atténuation par absorption.</b></p> <p><b>Capacité mathématique :</b> Utiliser la fonction logarithme décimal et sa fonction réciproque.</p>
<p>Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques.</p> <p>Angle caractéristique de diffraction.</p>	<p>Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes.</p> <p>Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture.</p> <p><b>Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.</b></p> <p><b>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.</b></p>

<p>Interférences de deux ondes, conditions d'observation.</p> <p>Interférences constructives, Interférences destructives.</p>	<p>Caractériser le phénomène d'interférences de deux ondes et en citer des conséquences concrètes.</p> <p>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.</p> <p><b>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.</b></p>
<p>Interférences de deux ondes lumineuses, différence de chemin optique, conditions d'interférences constructives ou destructives.</p>	<p>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.</p> <p><b>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.</b></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.</p> <p>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><b>Exploiter l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse.</b></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 particulière 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>
<b>A) Former des images</b>	
<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><b>Réaliser une maquette de lunette astronomique ou utiliser une lunette commerciale pour en déterminer le grossissement.</b></p> <p><b>Vérifier la position de l'image intermédiaire en la visualisant sur un écran.</b></p>

## B) Décrire la lumière par un flux de photons

Le photon : énergie, vitesse, masse.	Décrire l'effet photoélectrique, ses caractéristiques et son importance historique.
Effet photoélectrique.	Interpréter qualitativement l'effet photoélectrique à l'aide du modèle particulaire de la lumière.
Travail d'extraction.	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.
Absorption et émission de photons.	Citer quelques applications actuelles mettant en jeu l'interaction photon-matière (capteurs de lumière, cellules photovoltaïques, diodes électroluminescentes, spectroscopies UV-visible et IR, etc.).
Enjeux énergétiques : rendement d'une cellule photovoltaïque.	<b>Déterminer le rendement d'une cellule photovoltaïque.</b>

## 3. Étudier la dynamique d'un système électrique

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.

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.

En biologie, ce modèle permet de rendre compte, par analogie, du comportement de systèmes complexes.

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.

<b>Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) :</b>	
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.	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b> <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Intensité d'un courant électrique en régime variable.	Relier l'intensité d'un courant électrique au débit de charges.
Comportement capacitif.  Modèle du condensateur.  Relation entre charge et tension ;  capacité d'un condensateur.  Modèle du circuit RC série : charge d'un condensateur par une source idéale de tension, décharge d'un condensateur, temps caractéristique.  Capteurs capacitifs.	<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><b>Identifier et tester le comportement capacitif d'un dipôle.</b></p> <p><b>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.</b></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><b>Étudier la réponse d'un dispositif modélisé par un dipôle RC.</b></p> <p><b>Déterminer le temps caractéristique d'un dipôle RC à l'aide d'un microcontrôleur, d'une carte d'acquisition ou d'un oscilloscope.</b></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.