



# éduscol



Ressources pour le cycle terminal – Série scientifique

---

Ressources pour le lycée

## Repères pour la formation en physique - chimie

Ces documents peuvent être utilisés et modifiés librement dans le cadre des activités d'enseignement scolaire, hors exploitation commerciale.  
Toute reproduction totale ou partielle à d'autres fins est soumise à une autorisation préalable du Directeur général de l'enseignement scolaire.  
La violation de ces dispositions est passible des sanctions édictées à l'article L.335-2 du Code la propriété intellectuelle.

Février 2014

## Repères pour la formation en physique-chimie

### Sommaire

Objectifs du document .....	2
La formation en physique-chimie au cycle terminal scientifique .....	2
Mesures et incertitudes .....	4
Un apprentissage contextualisé, progressif et régulier .....	4
Les points forts de l'apprentissage.....	4
La place de l'outil numérique .....	4
A propos du programme de la classe de terminale S .....	6
OBSERVER .....	6
Ondes et matière .....	6
COMPRENDRE .....	11
Lois et modèles.....	11
Énergie, matière et rayonnement .....	19
AGIR.....	22
Défis du XXIème siècle .....	22
A propos du programme de la classe de première S .....	27
OBSERVER .....	27
Couleurs et images.....	27
COMPRENDRE .....	31
Lois et modèles.....	31
AGIR.....	36
Défis du XXIème siècle .....	36

## Objectifs du document

---

Au cycle terminal de la série S, les enseignements ont pour ambition à la fois d'affermir le goût des sciences chez les jeunes et de les préparer aux études scientifiques post-baccalauréat. Le présent document propose des repères de formation visant d'une part à positionner en termes d'acquis le cycle terminal par rapport à la classe de seconde, et d'autre part à préciser les objectifs à atteindre pour permettre aux élèves de poursuivre un parcours scientifique au-delà du baccalauréat. Ce texte ne se substitue donc pas aux programmes officiels des classes de première S et terminale S, dont la lecture attentive est indispensable, en particulier en ce qui concerne les préambules qui éclairent pleinement les notions, les contenus et les objectifs de la formation. La liberté pédagogique est au cœur de sa mise en œuvre par le professeur : ce document n'a donc dans ce domaine aucune visée prescriptive.

Le texte, structuré à partir des programmes, introduit une troisième colonne intitulée d'une part « repères associés pour la classe de terminale » (pour le programme de première S) et d'autre part « repères associés pour l'enseignement supérieur » (pour le programme de terminale S) et propose une courte introduction sur certains thèmes. Selon les cas, la troisième colonne explicite des acquis des classes antérieures, positionne certaines notions dans une logique de progression ou précise les points forts des notions abordées et/ou des objectifs visés. Les courtes introductions suggèrent des pistes de réflexion sur les thèmes du programme, contextualisent les notions abordées et formulent parfois des propositions pour mettre en cohérence les différentes notions.

## La formation en physique-chimie au cycle terminal scientifique

---

La cœur de la mission du professeur de physique-chimie est de faire acquérir aux élèves de la filière scientifique une bonne maîtrise de la **démarche scientifique** dans le cadre d'une discipline expérimentale en amenant l'élève à mobiliser ses connaissances et savoir-faire, à rechercher puis extraire et organiser l'information utile, à identifier et analyser un problème, à formuler des hypothèses et à mettre en œuvre un raisonnement pour le résoudre, à confronter ses résultats aux observations et mesures expérimentales et à exercer son esprit critique. L'acquisition par chaque élève d'un niveau de maîtrise satisfaisant passe par une approche individualisée, mais aussi par un travail en équipe qui doit être organisé et encouragé. La construction et l'acquisition des **compétences** de la démarche scientifique s'appuient très efficacement sur la mise en activité des élèves, qui deviennent ainsi acteurs de leurs apprentissages. Les **démarches actives**, qui ne se limitent pas aux séances en groupe à effectif réduit, font référence à la fois aux investigations et situations-problèmes expérimentales, aux interprétations d'expériences de cours, aux analyses de documents et aux résolutions de problèmes. Soulignons que la pleine maîtrise des compétences de la démarche scientifique par les élèves exige des connaissances et savoir-faire solides qui incluent l'acquisition d'automatismes.

Les préambules des programmes de physique-chimie des classes de première S<sup>1</sup> et de terminale S<sup>2</sup> précisent les objectifs et les modalités de l'enseignement des deux composantes de la discipline dans le cycle terminal scientifique. Ils mettent l'accent sur différentes activités qui mises en synergie favorisent l'acquisition, par les élèves, des compétences de la démarche scientifique.

---

<sup>1</sup> Programme de 1ère S BOEN 30-09-2010 : <http://www.education.gouv.fr/cid53327/mene1019556a.html>

<sup>2</sup> Programme de Terminale S BOEN 13-10-2011 : [http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin\\_officiel.html?cid\\_bo=57537](http://www.education.gouv.fr/pid25535/bulletin_officiel.html?cid_bo=57537)

- Introduites dans le cadre du socle commun de connaissances et de compétences, les **tâches complexes** mobilisent des ressources internes (connaissances, capacités, attitudes) et externes (aides méthodologiques, protocoles, fiches techniques, ressources documentaires). La résolution de la problématique d'une tâche complexe se résume rarement à une seule démarche, et peut prendre plusieurs voies. En ce sens, elle permet une approche différenciée, prenant en compte la diversité des élèves et permettant à tous de réussir la tâche avec un éventuel apport d'aides en cours de séance sur des connaissances, des savoir-faire techniques ou encore une stratégie de résolution.
- Les **activités expérimentales** sont au cœur de la formation : ainsi la formulation «Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour... », souvent présente dans les programmes, fait référence à la construction de **compétences expérimentales**. En effet, il ne s'agit pas uniquement de réaliser des gestes techniques et d'exécuter des protocoles, mais bien de mobiliser l'ensemble des compétences de la démarche expérimentale : s'approprier, analyser, réaliser, valider, communiquer, être autonome et faire preuve d'initiative. Plusieurs documents<sup>3</sup> explicitent ces compétences, en précisant notamment les capacités associées. Au cours de l'année toutes les compétences expérimentales doivent être travaillées de manière harmonieuse, tout en veillant à ne mettre l'accent que sur un nombre limité d'entre elles pour une séance donnée.
- Les **activités documentaires** participent également à l'acquisition des compétences de la démarche scientifique. Les élèves peuvent y développer leurs capacités d'analyse et de synthèse. Le document « Recommandations pour l'épreuve écrite du baccalauréat scientifique »<sup>4</sup> précise les exigences scientifiques des activités documentaires en physique-chimie, qui ont leur propre spécificité par rapport aux études documentaires rencontrées dans d'autres disciplines. La production attendue lors d'un travail de synthèse peut consister en un texte rédigé, mais également en des courbes, des schémas, des graphes commentés, etc. Les documents à exploiter peuvent être des textes scientifiques, si possible authentiques, décrivant des phénomènes, présentant des expériences, des résultats, des modèles, mais également des schémas, des photos, des vidéos, des graphes, des tableaux de données numériques. Une grille de compétences peut être construite, où se retrouveraient les compétences de la démarche expérimentale<sup>5</sup>, à des fins d'évaluation formative, en cours d'apprentissage, ou d'évaluations sommatives intermédiaires ou finales.
- **Les résolutions de problèmes**<sup>6</sup> permettent de faire travailler les élèves sur des tâches complexes, au même titre que les activités expérimentales, dans le cadre notamment d'investigations scientifiques ou de situations-problème, et que les activités documentaires, dans une mise en œuvre systématique de la démarche scientifique.

---

<sup>3</sup> Former et évaluer par compétences dans le cadre des activités expérimentales :

[http://media.eduscol.education.fr/file/PC/66/5/Ressources\\_PC\\_former\\_evaluer\\_competerences\\_exp\\_grilles\\_144665.pdf](http://media.eduscol.education.fr/file/PC/66/5/Ressources_PC_former_evaluer_competerences_exp_grilles_144665.pdf)

<sup>4</sup> Recommandations pour la conception de l'épreuve écrite de physique-chimie du baccalauréat S, disponible par exemple sur [http://www.cndp.fr/portails-disciplinaires/fileadmin/user\\_upload/Physique-chimie/PDF/Recommandations\\_pour\\_l\\_epreuve\\_ecrite\\_du\\_bac\\_S\\_15-12-2013.pdf](http://www.cndp.fr/portails-disciplinaires/fileadmin/user_upload/Physique-chimie/PDF/Recommandations_pour_l_epreuve_ecrite_du_bac_S_15-12-2013.pdf)

<sup>5</sup> Les compétences de la démarche expérimentale sont identifiées dans les nouveaux programmes de CPGE de première et de seconde année.

<sup>6</sup> Résolution de problèmes : [http://cache.media.eduscol.education.fr/file/SPC/50/8/Resolution\\_de\\_problemes\\_221508.pdf](http://cache.media.eduscol.education.fr/file/SPC/50/8/Resolution_de_problemes_221508.pdf)

## Mesures et incertitudes<sup>7</sup>

### Un apprentissage contextualisé, progressif et régulier

Les compétences exigibles sont acquises progressivement dans le cadre des activités expérimentales : les cours formels sur le thème « mesures et incertitudes » sont à éviter, les compétences exigibles dans ce domaine doivent être fréquemment sollicitées. Ainsi il convient de ne pas centrer leur acquisition sur quelques séances spécifiquement identifiées. Le travail de découverte de la problématique « mesures » sera avantagement mis en place **dès la classe de seconde**, un contexte expérimental de complexité croissante assurera de manière naturelle une progressivité et permettra d'asseoir une maîtrise graduée des capacités.

### Les points forts de l'apprentissage

Les points forts sont : l'identification des sources d'erreur, l'évaluation des incertitudes associées (toutes les règles étant données), l'évaluation de l'incertitude sur la valeur de la grandeur finale (en cas d'incertitude composée, la formule est donnée et les opérations « techniques » associées sont, autant que possible, automatisées), l'écriture d'un résultat final et l'analyse critique du mesurage.

### La place de l'outil numérique

Il est souhaitable de limiter les calculs numériques aux cas les plus simples et de recourir à des outils : calculettes dans les cas élémentaires, logiciels de traitement des données pré-renseignés par le professeur, logiciels dédiés comme GUM\_MC qui est un exemple de logiciel pédagogiquement tout à fait adapté aux objectifs visés par les programmes.

Notions et contenus	Compétences expérimentales exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
Erreurs et notions associées	Identifier les différentes sources d'erreur (de limites à la précision) lors d'une mesure : variabilités du phénomène et de l'acte de mesure (facteurs liés à l'opérateur, aux instruments, etc.).	La différence entre erreur systématique et aléatoire peut être abordée de manière concrète, qualitative et/ou quantitative selon le contexte.

<sup>7</sup> On trouvera des ressources sur le thème de la mesure à la rubrique « ressources d'accompagnement pour le lycée » du site national « physique-chimie » : <http://eduscol.education.fr/physique-chimie/enseigner/ressources-par-niveau-et-programme/lycee-general-et-technologique.html>

Notions et contenus	Compétences expérimentales exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
Incertitudes et notions associées	<p>Évaluer et comparer les incertitudes associées à chaque source d'erreur.</p> <p>Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie.</p> <p>Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure.</p> <p>Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.</p>	<p>Il s'agit d'être en mesure de faire la différence entre les notions d'erreur et d'incertitude.</p> <p>Les incertitudes sont si possible données avec un niveau de confiance de 95 %. Il n'y a pas lieu d'utiliser ici le vocabulaire : incertitude-type, incertitude-élargie, etc. qui sera abordé dans l'enseignement supérieur.</p> <p>La maîtrise de cette compétence nécessite de savoir que le meilleur estimateur pour la valeur d'une grandeur est la valeur moyenne des n valeurs et que l'incertitude vise à quantifier la dispersion des mesures.</p> <p>Il suffit d'évaluer la largeur du demi-intervalle à partir de règles simples explicitement données ; la loi de probabilité, le facteur d'élargissement, etc. ne sont pas à connaître.</p> <p>L'intérêt réside dans l'analyse du poids relatif de la contribution de chaque source d'erreur à l'incertitude sur la grandeur finale.</p>
Expression et acceptabilité du résultat	<p>Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique. Associer l'incertitude à cette écriture.</p> <p>Exprimer le résultat d'une opération de mesure par une valeur issue éventuellement d'une moyenne, et une incertitude de mesure associée à un niveau de confiance.</p> <p>Évaluer la précision relative.</p> <p>Déterminer les mesures à conserver en fonction d'un critère donné.</p> <p>Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence.</p> <p>Faire des propositions pour améliorer la démarche.</p>	<p>L'automatisation des parties techniques permet de dégager du temps pour cette étude.</p> <p>Il s'agit de savoir ne conserver qu'un seul chiffre significatif pour l'incertitude, de présenter correctement le résultat final d'une mesure ou d'une série de mesures et de comprendre la signification d'un niveau de confiance sachant que celui-ci est systématiquement donné.</p> <p>Les pistes d'amélioration peuvent résulter d'une comparaison des différentes contributions à l'incertitude.</p>

## A propos du programme de la classe de terminale S

### OBSERVER

#### Ondes et matière

Les ondes et les particules sont supports d'informations.  
Comment les détecte-t-on ? Quelles sont les caractéristiques et les propriétés des ondes ?  
Comment réaliser et exploiter des spectres pour identifier des atomes et des molécules ?

#### Ondes et particules

Cette première partie a pour objectif d'introduire le thème des ondes, omniprésentes dans le quotidien des élèves. La constitution des ondes comme phénomène physique pose cependant des difficultés bien connues dues à leur nature pour ainsi dire insaisissable : « quelque chose » se déplace, porteur d'information et d'énergie mais qui n'est pas associé à un déplacement macroscopique de matière. On se pose ici la question de la possibilité de détecter ces ondes et d'en tirer des informations. Le contenu de ces chapitres pourra avec profit être mis en relation avec les notions abordées dans les classes antérieures (notamment en seconde dans le thème « Univers » et en première S dans le thème « Couleurs et images »). Il pourra également être réinvesti et prolongé dans la partie « Agir ».

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Rayonnements dans l'Univers</b> Absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre.	Extraire et exploiter des informations sur l'absorption de rayonnements par l'atmosphère terrestre et ses conséquences sur l'observation des sources de rayonnements dans l'Univers. Connaître des sources de rayonnement radio, infrarouge et ultraviolet.	Rappel de première S : « connaître les limites dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets » La connaissance des sources de rayonnement suppose celle des ordres de grandeur des longueurs d'onde correspondantes. Les sources de rayonnement citées peuvent être naturelles ou artificielles.
<b>Les ondes dans la matière</b> Houle, ondes sismiques, ondes sonores. Magnitude d'un séisme sur l'échelle de Richter. Niveau d'intensité sonore.	Extraire et exploiter des informations sur les manifestations des ondes mécaniques dans la matière. Connaître et exploiter la relation liant le niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore.	La pleine maîtrise de la compétence exigible suppose que soit connu le sens des termes : onde mécanique, longitudinale et transversale. Une bonne maîtrise des unités est inhérente à la compétence exigible. La connaissance de la valeur de $I_0$ n'est pas attendue.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Détecteurs d'ondes</b> (mécaniques et électromagnétiques) <b>et de particules</b> (photons, particules élémentaires ou non).	Extraire et exploiter des informations sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>des sources d'ondes et de particules et leurs utilisations ;</li> <li>un dispositif de détection.</li> </ul> <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.</i>	La technologie des détecteurs n'est pas l'objet de l'étude.

### Caractéristiques et propriétés des ondes

Dans la poursuite de l'étude des ondes se posent d'autres questions : comment les caractériser ? Quelles grandeurs physiques leur associer ? Quels sont leurs comportements génériques ? Dans cette approche, le formalisme est réduit, l'accent étant mis sur le phénomène ou le principe physique. Le modèle ondulatoire de la lumière est mis en place à partir de la diffraction et des interférences.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Caractéristiques des ondes</b> Ondes progressives. Grandeurs physiques associées. Retard.  Ondes progressives périodiques, ondes sinusoïdales.  Ondes sonores et ultrasonores. Analyse spectrale. Hauteur et timbre.	Définir une onde progressive à une dimension. Connaître et exploiter la relation entre retard, distance et vitesse de propagation (célérité). <i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier qualitativement et quantitativement un phénomène de propagation d'une onde.</i>  Définir, pour une onde progressive sinusoïdale, la période, la fréquence et la longueur d'onde. Connaître et exploiter la relation entre la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la période, la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale.</i>  <i>Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.</i>	La compétence exigible suppose : <ul style="list-style-type: none"> <li>la connaissance des ordres de grandeur des plages de fréquence associées aux ondes sonores et ultrasonores ;</li> <li>la maîtrise des notions de hauteur et de timbre, de son pur et complexe.</li> </ul>

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Propriétés des ondes</b></p> <p>Diffraction. Influence relative de la taille de l'ouverture ou de l'obstacle et de la longueur d'onde sur le phénomène de diffraction.</p> <p>Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche.</p> <p>Interférences.</p> <p>Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche. Couleurs interférentielles.</p> <p>Effet Doppler.</p>	<p>Savoir que l'importance du phénomène de diffraction est liée au rapport de la longueur d'onde aux dimensions de l'ouverture ou de l'obstacle.</p> <p>Connaître et exploiter la relation <math>\theta = \lambda/a</math>.</p> <p>Identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.</i></p> <p>Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.</i></p> <p>Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses.</p> <p>Utiliser des données spectrales et un logiciel de traitement d'images pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique.</p>	<p>L'accent est mis sur l'état vibratoire des ondes au point d'interférence, la notion de différence de marche a vocation à être abordée dans l'enseignement supérieur.</p> <p>L'utilisation de l'effet Doppler suppose la capacité à en expliquer qualitativement le principe physique. La démonstration du décalage Doppler de la fréquence sera abordée dans l'enseignement supérieur.</p>

## Analyse spectrale

En seconde et en première, la spectroscopie a été utilisée comme moyen privilégié d'étude des propriétés physicochimiques (température, composition) des sources de rayonnement, des objets astronomiques aux sources colorées fabriquées par l'Homme ; les élèves interprètent les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière et/ou des diagrammes de niveaux d'énergie. La spectroscopie UV-visible a aussi été utilisée en chimie pour effectuer des analyses quantitatives à l'aide de courbes d'étalonnage.

La spectroscopie est également un instrument irremplaçable d'analyse des espèces chimiques d'origines variées, notamment issues du domaine du vivant. Qu'il s'agisse des spectroscopies UV-visible, IR ou de RMN, on aborde l'exploitation de spectres en classe terminale sans qu'il soit besoin d'explicitier les règles qui régissent les transferts d'énergie dans les molécules.

La spectroscopie UV-visible contribue à l'identification d'une substance par la détermination du maximum ou des maxima d'absorption. Elle est à nouveau mise en œuvre en terminale pour effectuer des analyses quantitatives : l'instrumentation correspondante, aisée à maîtriser, peut contribuer à l'acquisition de l'autonomie.

La spectroscopie IR contribue plus finement à la caractérisation d'une espèce puisqu'elle permet l'identification de liaisons. On se contente ici d'exploiter des spectres fournis, au moyen de tables de nombres d'onde, pour confirmer la présence de groupes caractéristiques dans une molécule dont la formule semi-développée est donnée.

La spectroscopie de RMN<sup>8</sup>, beaucoup plus performante, est présentée comme un outil d'identification du squelette d'une molécule, grâce à l'information donnée par les couplages. En classe de terminale S, on exploite des spectres fournis (en RMN <sup>1</sup>H seulement) notamment au moyen de tables de déplacements chimiques, pour confirmer la structure d'une espèce de formule semi-développée donnée, à partir du nombre de signaux, de leur multiplicité et de la courbe d'intégration.

Il s'agit de faire comprendre aux élèves que le chimiste peut identifier précisément la structure d'un composé à l'issue d'une extraction du milieu naturel ou d'une synthèse grâce à l'exploitation croisée de données d'analyse chimique (par exemple analyse élémentaire donnant la formule brute, spectre IR, spectre de RMN).

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Spectres UV-visible</b> Lien entre couleur perçue et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.	<i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i> Exploiter des spectres UV-visible.	Rappel de première S : la loi de Beer-Lambert a été utilisée pour déterminer la concentration d'une espèce colorée. Dans la caractérisation, on attend que l'élève sache associer l'allure du spectre (maximum ou maxima ou la valeur de l'absorbance au maximum d'absorption) : <ul style="list-style-type: none"><li>• à la couleur perçue dans un solvant donné ;</li><li>• à la concentration de l'espèce ;</li><li>• éventuellement à son identification si des données le permettent (longueur d'onde au maximum d'absorbance ou spectre de référence).</li></ul> Pour réaliser un spectre d'une espèce colorée dans une solution, on attend de l'élève qu'il sache utiliser une référence (blanc).

<sup>8</sup> Conférence en ligne : « La RMN : outil de détermination de structures organiques » [http://physique.ac-orleans-tours.fr/les\\_conferences/rmn](http://physique.ac-orleans-tours.fr/les_conferences/rmn)

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Spectres IR</b></p> <p>Identification de liaisons à l'aide du nombre d'onde correspondant ; détermination de groupes caractéristiques.</p> <p>Mise en évidence de la liaison hydrogène.</p>	<p>Exploiter un spectre IR pour déterminer des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données ou de logiciels.</p> <p>Associer un groupe caractéristique à une fonction dans le cas des alcools, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide.</p> <p>Connaître les règles de nomenclature de ces composés ainsi que celles des alcanes et des alcènes.</p>	<p>On attend de l'élève qu'il sache que la spectroscopie IR permet d'identifier les groupes caractéristiques.</p> <p>On n'attend pas de l'élève qu'il connaisse les valeurs des nombres d'onde associées aux différentes liaisons.</p> <p>On n'attend pas de l'élève qu'il connaisse les noms des groupes caractéristiques mais qu'il associe groupe et famille de composés.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache appliquer les règles de nomenclature dans des cas simples (espèce monofonctionnelle et entité de petite taille). Il peut être amené, pour des molécules plus complexes, à faire une corrélation entre le nom et le groupe caractéristique.</p>
<p><b>Spectres RMN du proton</b></p> <p>Identification de molécules organiques à l'aide :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• du déplacement chimique ;</li> <li>• de l'intégration ;</li> <li>• de la multiplicité du signal : règle des (n+1)-uplets.</li> </ul>	<p>Relier un spectre RMN simple à une molécule organique donnée, à l'aide de tables de données ou de logiciels.</p> <p>Identifier les protons équivalents. Relier la multiplicité du signal au nombre de voisins.</p> <p>Extraire et exploiter des informations sur différents types de spectres et sur leurs utilisations.</p>	<p>On attend de l'élève qu'il sache que la spectroscopie RMN permet d'identifier les squelettes des espèces analysées.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache analyser un spectre RMN (nombre de signaux, multiplicité, courbe d'intégration) et éventuellement des tables de données de déplacements chimiques pour associer, en l'argumentant, le spectre RMN à une espèce organique proposée.</p> <p>Dans des cas complexes on pourra n'exploiter qu'une partie du spectre bien ciblée.</p>

## COMPRENDRE

### Lois et modèles

Comment exploite-t-on des phénomènes périodiques pour accéder à la mesure du temps ? En quoi le concept de temps joue-t-il un rôle essentiel dans la relativité ? Quels paramètres influencent l'évolution chimique ? Comment la structure des molécules permet-elle d'interpréter leurs propriétés ? Comment les réactions en chimie organique et celles par échange de proton participent-elles de la transformation de la matière ? Comment s'effectuent les transferts d'énergie à différentes échelles ? Comment se manifeste la réalité quantique, notamment pour la lumière ?

### Temps, mouvement et évolution

Les parties « temps, cinématique et dynamique newtoniennes » ainsi que « oscillateur, mesure du temps, amortissement » prennent appui sur les connaissances des classes de seconde et de première S.

Si l'approche des phénomènes mécaniques est essentiellement qualitative en classe de seconde, elle devient quantitative en classe de première S en mettant l'accent sur des grandeurs scalaires comme l'énergie mécanique ; le programme de la classe de terminale S s'appuie sur les connaissances et capacités acquises pour initier les élèves, dans des situations simples, à mettre en œuvre avec méthode des lois et des modèles relevant de ce domaine.

La classe de terminale S doit permettre à l'élève de découvrir les outils de la mécanique newtonienne dans des cas simples (mouvements rectilignes et circulaires principalement ; système soumis à quelques forces). Il ne s'agit pas pour l'élève d'être en mesure de traiter tous les cas, mais plutôt de se familiariser avec les raisonnements (définir le système et le référentiel, faire un bilan des forces et en comprendre les effets sur le mouvement) et les outils mathématiques (vecteurs, dérivées, intégration), sans que l'on puisse lui demander ni des connaissances exhaustives (seules les expressions de quelques forces sont exigibles), ni des résolutions complexes.

Les connaissances de première S sur l'énergie mécanique seront approfondies par l'introduction du travail d'une force. La partie « oscillateur, mesure du temps, amortissement », vise à illustrer concrètement les systèmes dissipatifs. Ne seront abordées ici que des relaxations pseudo-périodiques d'oscillateurs mécaniques.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Temps, cinématique et dynamique newtoniennes</b></p> <p>Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération.</p> <p>Référentiel galiléen.</p> <p>Lois de Newton : principe d'inertie, <math>\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}</math> et principe des actions réciproques.</p> <p>Conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé.</p> <p>Mouvement d'un satellite. Révolution de la Terre autour du Soleil.</p> <p>Lois de Kepler.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations relatives à la mesure du temps pour justifier l'évolution de la définition de la seconde.</p> <p>Choisir un référentiel d'étude.</p> <p>Définir et reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération.</p> <p>Définir la quantité de mouvement <math>\vec{p}</math> d'un point matériel.</p> <p>Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes.</p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.</i></p> <p>Démontrer que, dans l'approximation des trajectoires circulaires, le mouvement d'un satellite, d'une planète, est uniforme. Établir l'expression de sa vitesse et de sa période.</p> <p>Connaître les trois lois de Kepler ; exploiter la troisième dans le cas d'un mouvement circulaire.</p>	<p>Reconnaître ces mouvements nécessite de donner les caractéristiques des vecteurs position, vitesse et accélération et de donner un sens qualitatif aux liens entre ces vecteurs.</p> <p>Cette partie du programme renforce la compétence attendue en classe de seconde : « Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement et que cette modification dépend de la masse du corps. Utiliser le principe d'inertie pour interpréter des mouvements simples en termes de forces ».</p> <p>Les situations nécessitant la projection de trois vecteurs-forces ou plus relèvent plutôt de l'enseignement supérieur.</p> <p>Les relations <math>\vec{F} = q\vec{E}</math> et <math>\vec{P} = m\vec{g}</math>, présentées en classe de première S, doivent être connues des élèves en classe de terminale S.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache établir les équations paramétriques, leur connaissance suffit à la description du mouvement dans les champs de pesanteur et électrostatique uniformes. (Le principe d'une équation paramétrique, dans le cas de la droite, est vu en cours de mathématiques en classe de terminale S).</p> <p>L'approche qualitative des phénomènes doit être maîtrisée. L'approche quantitative, limitée aux mouvements à une dimension, serait considérée comme une tâche complexe.</p> <p>Dans le prolongement des compétences attendues des classes de seconde et de première S, la loi de la gravitation universelle doit être connue.</p> <p>On n'attend pas de l'élève qu'il connaisse et utilise la base de Frenet.</p>

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Mesure du temps et oscillateur, amortissement</b></p> <p>Travail d'une force. Force conservative ; énergie potentielle.</p> <p>Forces non conservatives : exemple des frottements.</p> <p>Énergie mécanique.</p> <p>Étude énergétique des oscillations libres d'un système mécanique. Dissipation d'énergie.</p> <p>Définition du temps atomique.</p>	<p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique ;</li> <li>• son amortissement.</li> </ul> <p>Établir et exploiter les expressions du travail d'une force constante (force de pesanteur, force électrique dans le cas d'un champ uniforme).</p> <p>Établir l'expression du travail d'une force de frottement d'intensité constante dans le cas d'une trajectoire rectiligne.</p> <p>Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un oscillateur.</i></p> <p>Extraire et exploiter des informations sur l'influence des phénomènes dissipatifs sur la problématique de la mesure du temps et la définition de la seconde.</p> <p>Extraire et exploiter des informations pour justifier l'utilisation des horloges atomiques dans la mesure du temps.</p>	<p>Le produit scalaire est abordé dans le programme de mathématiques de la classe de terminale S.</p> <p>La compétence attendue en première S : « Connaître et utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation et de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide au voisinage de la Terre » est ici réinvestie. Toute autre expression de l'énergie potentielle ne sera exigible que dans l'enseignement supérieur.</p> <p>La compétence attendue en première S : « Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie » est ici réinvestie dans des situations plus variées.</p> <p>La maîtrise de la compétence exigible suppose que soit connu le sens du terme « phénomènes dissipatifs ». En terminale, l'évolution de la période d'un oscillateur amorti est constatée. La notion de pseudo période peut être utilisée en classe mais ne sera définie que dans l'enseignement supérieur.</p>

## Temps et relativité restreinte<sup>9</sup>

Cette partie du programme vise à proposer aux élèves des classes de terminale S des éléments scientifiques et culturels autour de la problématique de la mesure du temps dans le cadre de la relativité restreinte. Il s'agit d'une première approche, les thèmes traités sont volontairement limités et certaines idées essentielles ne sont donc pas abordées. Cette première découverte vise à donner un éclairage sur un domaine de la physique contemporaine dont les applications technologiques ont un impact direct sur notre quotidien ; elle permet également de sensibiliser tous les élèves à la manière dont évoluent les connaissances en science, avec des remises en cause, parfois radicales, de certaines représentations que nous avons du monde.

Sur ce thème, comme le souligne le préambule, le programme ne saurait être prescriptif et la liberté didactique du professeur consiste à faire un choix, notamment entre une approche historique, pouvant d'emblée annoncer le postulat relatif à la vitesse de la lumière et le faire suivre par des tests expérimentaux, et une autre approche partant des résultats expérimentaux pour rendre plus naturelle ensuite l'hypothèse d'Einstein.

L'ensemble des notions du programme : invariance de la vitesse de la lumière, notion d'événement, temps propre et mesure des durées au moyen d'une ou plusieurs horloges, peuvent être mobilisées simultanément de manière à démontrer qualitativement et quantitativement le phénomène de dilatation des durées. Ce travail, qui vise à prouver le caractère relatif du temps, est susceptible de donner beaucoup de cohérence à cette partie du programme ; il permet de montrer toute la rigueur nécessaire à la mise en place d'un raisonnement dans le cadre de la relativité restreinte, d'éclairer l'élève sur les subtilités des interprétations associées et lui permettre de développer son esprit critique. Ainsi, par exemple, l'expérience dite de « l'horloge de lumière » permet-elle d'introduire les notions d'événements, caractérisés par des coordonnées d'espace-temps et observés dans deux référentiels munis d'horloges, de temps propre et ainsi de démontrer que le phénomène de dilatation des durées est une conséquence limpide du postulat relatif à la vitesse de la lumière.

Cette approche un peu formelle mais particulièrement démonstrative peut être soutenue par les nombreuses confirmations expérimentales : désintégration des muons dans l'atmosphère, particules instables dans les accélérateurs, horloges atomiques embarquées, GPS, etc. ; des documents vidéos historiques ou contemporains sont susceptibles de conférer encore plus de sens à l'ensemble.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Temps et relativité restreinte</b> Invariance de la vitesse de la lumière et caractère relatif du temps. Postulat d'Einstein. Tests expérimentaux de l'invariance de la vitesse de la lumière. Notion d'événement. Temps propre. Dilatation des durées. Preuves expérimentales.	Savoir que la vitesse de la lumière dans le vide est la même dans tous les référentiels galiléens. Définir la notion de temps propre. Exploiter la relation entre durée propre et durée mesurée. Extraire et exploiter des informations relatives à une situation concrète où le caractère relatif du temps est à prendre en compte.	L'utilisation de l'invariance de la vitesse de la lumière, des notions d'évènement et de temps propre permet de démontrer qualitativement et quantitativement le phénomène de dilatation des durées.

<sup>9</sup> On pourra trouver des compléments sur ce thème à l'adresse suivante : <http://eduscol.education.fr/cid61013/ressources-pour-la-classe-terminale-du-lycee-general-et-technologique.html>

## Temps et évolution chimique : cinétique et catalyse

L'observation de l'évolution dans le temps d'un système, siège d'une transformation chimique, permet d'aborder plusieurs problématiques sociétales :

- l'évolution et le vieillissement des systèmes vivants ;
- le renouvellement trop lent des ressources fossiles ;
- les recherches nécessaires pour améliorer les procédés industriels sur le plan de l'efficacité de production.

L'approche qualitative de l'évolution dans le temps d'un système siège d'une transformation chimique (observations expérimentales) est complétée par des mesures et l'introduction d'éléments de modélisation permettant de définir et d'utiliser la notion de temps de demi-réaction. Ce cadre d'étude se prête donc à l'introduction et à l'utilisation de la notion de catalyse dans une approche qualitative autant que quantitative, documentaire autant qu'expérimentale. De nombreuses réactions d'oxydo-réduction peuvent être objets d'études cinétiques, ce qui permet de réinvestir les capacités des élèves à écrire des demi-équations d'oxydo-réduction, identifier oxydant et réducteur, et établir des équations de réactions d'oxydo-réduction, autant d'acquis de la classe de première S indispensables dans la perspective d'une poursuite d'études scientifiques.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Temps et évolution chimique : cinétique et catalyse</b></p> <p>Réactions lentes, rapides ; durée d'une réaction chimique.</p> <p>Facteurs cinétiques. Évolution d'une quantité de matière au cours du temps.</p> <p>Temps de demi-réaction.</p> <p>Catalyse homogène, hétérogène et enzymatique.</p>	<p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour suivre dans le temps une synthèse organique par CCM et en estimer la durée.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mettre en évidence quelques paramètres influençant l'évolution temporelle d'une réaction chimique : concentration, température, solvant.</i></p> <p>Déterminer un temps de demi-réaction.</p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mettre en évidence le rôle d'un catalyseur.</i></p> <p>Extraire et exploiter des informations sur la catalyse, notamment en milieu biologique et dans le domaine industriel, pour en dégager l'intérêt.</p>	<p>La notion de vitesse de réaction sera étudiée dans l'enseignement supérieur. L'estimation de la durée peut être repérée par la disparition d'un réactif ou l'apparition d'un produit (observée par CCM, par un changement de couleur, etc.)</p> <p>La connaissance des facteurs cinétiques est attendue dans la perspective de la poursuite d'études scientifiques.</p> <p>La détermination du temps de demi-réaction suppose la maîtrise de cette notion pour une transformation totale ou non.</p> <p>La mise en évidence expérimentale du rôle d'un catalyseur suppose que deux de ses propriétés soient connues : accélération de la réaction, régénération. Les processus associés seront développés dans le supérieur.</p>

## Structure et transformation de la matière

Aborder la transformation de la matière à l'échelle microscopique nécessite dans un premier temps de modéliser les entités chimiques.

Les différents modes de représentation (formule brute, formule semi-développée, formule topologique, représentation en perspective de Cram) sont appréhendés comme autant de modélisations à des degrés différents, donnant par conséquent des informations structurales de nature et de degré de précision différents.

L'importance de la modélisation des conformations et des configurations prend tout son sens dans le développement d'exemples issus de la chimie du vivant : molécules d'intérêt pharmacologique, molécules ou macromolécules biochimiques comme les acides aminés, protéines, enzymes, etc.

La transformation chimique peut alors être abordée au niveau macroscopique et au niveau microscopique dans deux grands domaines :

- en chimie organique : les transformations sont analysées, au niveau macroscopique, sous l'angle de la modification de structure (groupe caractéristique et squelette), puis au niveau microscopique, dans les étapes d'un mécanisme proposé, sous l'angle des ruptures et des formations de liaisons ; ces transferts électroniques sont expliqués par des considérations électroniques (site donneur et site accepteur) et modélisés par le symbolisme des flèches courbes ;
- en chimie des solutions : la théorie de Brønsted permet de modéliser et donc de comparer le comportement des acides et des bases dans l'eau ; les mesures de pH valident le modèle des acides et des bases, forts ou faibles.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Représentation spatiale des molécules</b> Chiralité : définition, approche historique.  Représentation de Cram.  Carbone asymétrique. Chiralité des acides $\alpha$ -aminés.  Énantiomérisation, mélange racémique, diastéréoisomérisation (Z/E, deux atomes de carbone asymétriques).  Conformation : rotation autour d'une liaison simple ; conformation la plus stable.  Formule topologique des molécules organiques.	Reconnaître des espèces chirales à partir de leur représentation.  Utiliser la représentation de Cram.  Identifier les atomes de carbone asymétrique d'une molécule donnée.  À partir d'un modèle moléculaire ou d'une représentation reconnaître si des molécules sont identiques, énantiomères ou diastéréoisomères. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence des propriétés différentes de diastéréoisomères.</i>  <i>Visualiser, à partir d'un modèle moléculaire ou d'un logiciel de simulation, les différentes conformations d'une molécule.</i>  Utiliser la représentation topologique des molécules organiques.	La reconnaissance du caractère chiral d'une espèce ne peut se limiter à l'identification d'un atome de carbone asymétrique.  Il est attendu qu'un élève sache passer d'une représentation à une autre : formule topologique, formule semi-développée, formule développée, représentation de Cram.  Il est attendu que l'élève sache identifier et justifier, la relation existant entre deux entités ; ceci suppose de prendre appui sur les notions d'énantiomérisation et de diastéréoisomérisation.  Il est attendu que l'élève sache que des diastéréoisomères présentent des propriétés physico-chimiques différentes, ce qui n'est pas le cas des énantiomères (si ce n'est l'activité optique). C'est à travers des expériences ou des documents, que l'élève déduit la nature de ces propriétés. Elles seront développées dans l'enseignement supérieur.  Aucune exigence n'est formulée sur la nomenclature Z/E qui sera abordée dans l'enseignement supérieur.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
Propriétés biologiques et stéréoisomérisation.	Extraire et exploiter des informations sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>• les propriétés biologiques de stéréoisomères,</li> <li>• les conformations de molécules biologiques,</li> </ul> pour mettre en évidence l'importance de la stéréoisomérisation dans la nature.	
<p><b>Transformation en chimie organique</b></p> <p>Aspect macroscopique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modification de chaîne, modification de groupe caractéristique.</li> </ul> <p>Grandes catégories de réactions en chimie organique : substitution, addition, élimination.</p> <p>Aspect microscopique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Liaison polarisée, site donneur et site accepteur de doublet d'électrons.</li> <li>• Interaction entre des sites donneurs et accepteurs de doublet d'électrons ; représentation du mouvement d'un doublet d'électrons à l'aide d'une flèche courbe lors d'une étape d'un mécanisme réactionnel.</li> </ul>	<p>Reconnaître les groupes caractéristiques dans les alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide.</p> <p>Utiliser le nom systématique d'une espèce chimique organique pour en déterminer les groupes caractéristiques et la chaîne carbonée.</p> <p>Distinguer une modification de chaîne d'une modification de groupe caractéristique.</p> <p>Déterminer la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination) à partir de l'examen de la nature des réactifs et des produits.</p> <p>Déterminer la polarisation des liaisons en lien avec l'électronégativité (table fournie).</p> <p>Identifier un site donneur, un site accepteur de doublet d'électrons.</p> <p>Pour une ou plusieurs étapes d'un mécanisme réactionnel donné, relier par une flèche courbe les sites donneur et accepteur en vue d'expliquer la formation ou la rupture de liaisons.</p>	<p>On n'attend pas de l'élève qu'il connaisse les noms des groupes caractéristiques mais qu'il associe groupe et famille de composés.</p> <p>La capacité à analyser un mécanisme suppose que soit maîtrisée la signification du symbole « flèche courbe ».</p> <p>Il est attendu d'un élève qu'il sache, en autonomie, pour une étape donnée d'un mécanisme :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• représenter ou repérer les doublets non liants ;</li> <li>• identifier les sites donneurs et accepteurs ;</li> </ul> <p>compléter avec une ou des flèches courbes bien orientées.</p>

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Réaction chimique par échange de proton</b></p> <p>Le pH : définition, mesure.</p> <p>Théorie de Brønsted : acides faibles, bases faibles ; notion d'équilibre ; couple acide-base ; constante d'acidité <math>K_a</math>. Échelle des <math>pK_a</math> dans l'eau, produit ionique de l'eau ; domaines de prédominance (cas des acides carboxyliques, des amines, des acides <math>\alpha</math>-aminés).</p> <p>Réactions quasi-totales en faveur des produits : <ul style="list-style-type: none"> <li>• acide fort, base forte dans l'eau ;</li> <li>• mélange d'un acide fort et d'une base forte dans l'eau.</li> </ul> </p> <p>Réaction entre un acide fort et une base forte : aspect thermique de la réaction. Sécurité.</p> <p>Contrôle du pH : solution tampon ; rôle en milieu biologique.</p>	<p><i>Mesurer le pH d'une solution aqueuse.</i></p> <p>Reconnaître un acide, une base dans la théorie de Brønsted.</p> <p>Utiliser les symbolismes <math>\rightarrow</math>, <math>\leftarrow</math> et <math>\rightleftharpoons</math> dans l'écriture des réactions chimiques pour rendre compte des situations observées.</p> <p>Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide-base connaissant le pH du milieu et le <math>pK_a</math> du couple.</p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour déterminer une constante d'acidité.</i></p> <p>Calculer le pH d'une solution aqueuse d'acide fort ou de base forte de concentration usuelle.</p> <p><i>Mettre en évidence l'influence des quantités de matière mises en jeu sur l'élévation de température observée.</i></p> <p>Extraire et exploiter des informations pour montrer l'importance du contrôle du pH dans un milieu biologique.</p>	<p>Il est attendu de l'élève qu'il sache reconnaître un acide ou une base, par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• à partir de données expérimentales (mesures de pH) ;</li> <li>• par comparaison de deux structures pour un couple acide-base ;</li> <li>• à partir d'une équation de réaction (échange de proton) ;</li> <li>• par analyse de la polarité des liaisons.</li> </ul> <p>On attend de l'élève qu'il connaisse les deux couples acide-base particuliers que sont les couples de l'eau.</p> <p>Rappel des classes de seconde et première S : dans le cas de transformations totales, évolution d'un système chimique et description quantitative de l'état final.</p> <p>On attend d'un élève qu'il sache que la mise en solution aqueuse d'un acide ou une base faible conduit à une situation d'équilibre.</p> <p>Il s'agit d'une première approche de l'état d'équilibre d'un système qui sera poursuivie et approfondie dans l'enseignement supérieur.</p> <p>L'identification de l'espèce prédominante suppose de connaître la relation entre <math>K_a</math> et les concentrations des espèces à l'équilibre. La notion de quotient de réaction sera abordée dans l'enseignement supérieur.</p> <p>Le calcul de pH suppose que l'élève connaisse la relation simplifiée de définition du pH : <math>pH = -\log [H_3O^+]</math>.</p> <p>L'élève associe le contrôle du pH d'une solution à la présence (en quantités voisines) des deux espèces d'un couple acide/base, ce qui lui confère les propriétés d'une solution tampon.</p>

## Énergie, matière et rayonnement

Cette partie a pour premier objectif d'introduire le lien entre l'échelle microscopique, atomique ou moléculaire, et l'échelle macroscopique. Elle vise également à donner une interprétation microscopique qualitative de l'énergie interne d'un système macroscopique, en termes d'énergie cinétique et d'énergie potentielle d'interaction des différents constituants.

L'étude des transferts thermiques fournit un exemple de transformation irréversible, qui permet d'aborder qualitativement la notion d'irréversibilité.

Les transferts d'énergie entre la matière et la lumière sont abordés qualitativement, à partir de la notion de photon. On distingue l'émission spontanée de photon, et l'émission stimulée, qui peut être présentée par une émission catalysée par la lumière. Par sa capacité à dupliquer les photons, le processus d'émission stimulée permet l'amplification optique. Pour peu que le faisceau émergeant de l'amplificateur soit réinjecté dans celui-là, on crée un laser, c'est-à-dire un oscillateur optique.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Du macroscopique au microscopique</b>  Constante d'Avogadro.	Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules.  Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.	
<b>Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques</b>  Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique.  Capacité thermique.  Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité.  Bilans d'énergie.	Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.  Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.  Interpréter les transferts thermiques dans la matière à l'échelle microscopique.  Exploiter la relation entre le flux thermique à travers une paroi plane et l'écart de température entre ses deux faces.  Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.	La relation $\Delta U = mc\Delta T$ (valable en l'absence de changement d'état) doit être connue pour aborder l'enseignement supérieur.  La signification du flux thermique doit être connue mais la relation entre le flux thermique et l'écart de température n'est pas exigible. Les phénomènes de transport feront l'objet d'une étude approfondie dans le cadre de l'enseignement supérieur.  Cette partie prolonge la compétence exigible en première S « Interpréter à l'échelle microscopique les aspects énergétiques d'une variation de température et d'un changement d'état ». L'algèbrisation des transferts d'énergie relève de l'enseignement supérieur. On raisonnera en termes d'énergie reçue et d'énergie cédée par le système.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Transferts quantiques d'énergie</b></p> <p>Émission et absorption quantiques. Émission stimulée et amplification d'une onde lumineuse. Oscillateur optique : principe du laser.</p> <p>Transitions d'énergie : électroniques, vibratoires.</p>	<p>Connaître le principe de l'émission stimulée et les principales propriétés du laser (directivité, monochromaticité, concentration spatiale et temporelle de l'énergie).</p> <p><i>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un laser comme outil d'investigation ou pour transmettre de l'information.</i></p> <p>Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu.</p>	<p>Cette partie prolonge les compétences attendues en première S « Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière » et « Connaître les relations <math>\lambda = c/v</math> et <math>\Delta E = hv</math> et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie ».</p>

### Dualité onde-particule<sup>10</sup>

Cette partie du programme vise à proposer aux élèves des classes de terminale S des éléments scientifiques et culturels autour de la physique quantique. Deux points sont évoqués : la dualité onde-particule et l'aspect probabiliste de l'observation d'un système quantique.

Lorsque les élèves abordent la dualité onde-particule, ils ont, dans ce domaine, une vision assez tranchée des objets de la physique classique : il y a les particules et les ondes. Ils associent à chaque objet un mode de description, des techniques d'étude et des propriétés spécifiques. La physique quantique remet en cause cette vision du monde. L'onde électromagnétique se comporte comme des particules, les photons, qui peuvent être détectés individuellement qui possèdent une énergie, une impulsion bien définies ; à l'inverse les particules matérielles, particules élémentaires, mais aussi atomes, molécules, etc, se comportent comme une onde, et par exemple peuvent interférer. Les élèves abordent ces nouveaux concepts de la physique quantique avec leur culture de physique classique et, pour les décrire, utilisent comme les physiciens l'ont fait avant eux, un vocabulaire de cette physique classique, ce qui n'est pas sans soulever certaines difficultés.

Ainsi, tout en s'appuyant sur leur connaissance de physique classique, il faudra les convaincre que les concepts de la mécanique quantique nécessitent de nouveaux objets qui ne sont ni des ondes ni des particules et qui obéissent à d'autres lois que celles de la physique classique.

Des expériences d'interférences photon par photon illustrent toute la subtilité de la prédiction en physique quantique, la prédiction du lieu d'impact du photon est de nature probabiliste et il nous faut renoncer à utiliser une image classique (onde ou particule) qui permette de décrire de manière satisfaisante et unique la lumière. Suivant la nature de l'expérience réalisée, la lumière semble révéler des comportements classiques incompatibles, seule la physique quantique offre une description unique et cohérente. Les expériences illustrant les interférences particule de matière par particule de matière sont nombreuses. Elles permettent aussi de faire découvrir par les élèves la problématique de la prédiction en physique quantique.

<sup>10</sup> On pourra trouver des compléments sur le thème de la « dualité onde-particule » à l'adresse suivante : <http://eduscol.education.fr/cid61013/ressources-pour-la-classe-terminale-du-lycee-general-et-technologique.html>

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Dualité onde-particule</b></p> <p>Photon et onde lumineuse.</p> <p>Particule matérielle et onde de matière ; relation de de Broglie.</p> <p>Interférences photon par photon, particule de matière par particule de matière.</p>	<p>Savoir que la lumière présente des aspects ondulatoire et particulaire.</p> <p>Extraire et exploiter des informations sur les ondes de matière et sur la dualité onde-particule.</p> <p>Connaître et utiliser la relation <math>p = h/\lambda</math>.</p> <p>Identifier des situations physiques où le caractère ondulatoire de la matière est significatif.</p> <p>Extraire et exploiter des informations sur les phénomènes quantiques pour mettre en évidence leur aspect probabiliste.</p>	<p>Les notions et contenus étudiés sur ce thème en classe de première S (modèle corpusculaire de la lumière : le photon) trouvent ici leur prolongement.</p> <p>L'élève doit être en mesure de calculer la longueur d'onde de de Broglie et de la comparer à une dimension caractéristique du dispositif pour analyser la situation.</p>

## AGIR

### Défis du XXIème siècle

En quoi la science permet-elle de répondre aux défis rencontrés par l'Homme dans sa volonté de développement tout en préservant la planète ?

L'histoire des sociétés montre que la science a acquis « droit de Cité » lorsqu'elle a donné aux faits techniques établis de façon empirique une base conceptuelle universelle permettant de les comprendre, d'en formaliser la théorie pour la réinvestir de façon efficiente.

#### Économiser les ressources et respecter l'environnement

Tout comme les modes de vie, les modes de conception et fabrication évoluent, les chercheurs et les ingénieurs apportant des solutions pour économiser l'énergie et les ressources, limiter les sources de pollution, les rejets et les déchets, analyser la qualité des produit. Il s'agit de montrer comment la responsabilité du scientifique est engagée pour relever les défis du XXIème siècle.

Les compétences mobilisées concernent notamment :

- la rédaction d'une synthèse de documents qui sollicite les capacités d'analyse, d'esprit critique, de synthèse, éventuellement d'expression en langue étrangère,
- la pratique de la démarche expérimentale dans le cadre des dosages par étalonnage ou par titrage direct.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Enjeux énergétiques</b> Nouvelles chaînes énergétiques.  Économies d'énergie.	Extraire et exploiter des informations sur des réalisations ou des projets scientifiques répondant à des problématiques énergétiques contemporaines.  Faire un bilan énergétique dans les domaines de l'habitat ou du transport.  Argumenter sur des solutions permettant de réaliser des économies d'énergie.	Cette partie permet de prolonger la compétence attendue en classe de première S : « Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les conversions d'énergie en termes de conservation, de dégradation ».  Si la connaissance des définitions du rendement, de l'efficacité, etc. relève de l'enseignement supérieur, l'élève peut être amené, dans un contexte donné, à en expliquer la signification.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Apport de la chimie au respect de l'environnement</b></p> <p>Chimie durable :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• économie d'atomes ;</li> <li>• limitation des déchets ;</li> <li>• agro ressources ;</li> <li>• chimie douce ;</li> <li>• choix des solvants ;</li> <li>• recyclage.</li> </ul> <p>Valorisation du dioxyde de carbone.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations en lien avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la chimie durable ;</li> <li>• la valorisation du dioxyde de carbone pour comparer les avantages et les inconvénients de procédés de synthèse du point de vue du respect de l'environnement.</li> </ul>	
<p><b>Contrôle de la qualité par dosage</b></p> <p>Dosages par étalonnage :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• spectrophotométrie ; loi de Beer-Lambert ; conductimétrie ; explication qualitative de la loi de Kohlrausch, par analogie avec la loi de Beer-Lambert.</li> </ul> <p>Dosages par titrage direct.</p> <p>Réaction support de titrage ; caractère quantitatif.</p> <p>Équivalence dans un titrage ; repérage de l'équivalence pour un titrage pH-métrique, conductimétrique et par utilisation d'un indicateur de fin de réaction.</p>	<p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de courbes d'étalonnage en utilisant la spectrophotométrie et la conductimétrie, dans le domaine de la santé, de l'environnement ou du contrôle de la qualité.</i></p> <p>Établir l'équation de la réaction support de titrage à partir d'un protocole expérimental.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce chimique par titrage par le suivi d'une grandeur physique et par la visualisation d'un changement de couleur, dans le domaine de la santé, de l'environnement ou du contrôle de la qualité.</i></p> <p>Interpréter qualitativement un changement de pente dans un titrage conductimétrique.</p>	<p>La détermination de la concentration d'une espèce à l'aide d'une courbe d'étalonnage suppose que l'élève de terminale S sache que l'absorbance est proportionnelle à la concentration pour les solutions diluées.</p> <p>Il est attendu que l'élève utilise qualitativement la loi de Kohlrausch pour expliciter les allures des courbes d'étalonnage et de titrage. Toute dérive calculatoire est à proscrire.</p> <p>Il est attendu de l'élève, dans la perspective d'une poursuite d'études scientifiques, qu'il puisse mener, en autonomie, les étapes nécessaires à la détermination de la concentration d'une espèce à l'aide d'un titrage direct.</p>

### Synthétiser des molécules, fabriquer de nouveaux matériaux

La démarche expérimentale relative à la synthèse organique permet à la fois de mobiliser l'ensemble des connaissances et compétences acquises en cours de formation dans le cadre de l'analyse de protocoles et de stratégies de synthèse, et de consolider la maîtrise des gestes techniques abordés depuis la classe de seconde.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Stratégie de la synthèse organique</b> Protocole de synthèse organique : <ul style="list-style-type: none"><li>• identification des réactifs, du solvant, du catalyseur, des produits ;</li><li>• détermination des quantités des espèces mises en jeu, du réactif limitant ;</li><li>• choix des paramètres expérimentaux : température, solvant, durée de la réaction, pH ;</li><li>• choix du montage, de la technique de purification, de l'analyse du produit ;</li><li>• calcul d'un rendement ;</li><li>• aspects liés à la sécurité ;</li><li>• coûts.</li></ul>	Effectuer une analyse critique de protocoles expérimentaux pour identifier les espèces mises en jeu, leurs quantités et les paramètres expérimentaux. Justifier le choix des techniques de synthèse et d'analyse utilisées. Comparer les avantages et les inconvénients de deux protocoles.	La maîtrise de la compétence suppose la mobilisation des acquis des classes antérieures.  L'analyse comparative de protocoles suppose que l'élève connaisse la notion de rendement, sache établir son expression et en déterminer la valeur.
<b>Sélectivité en chimie organique</b> Composé polyfonctionnel : réactif chimiosélectif, protection de fonctions.	Extraire et exploiter des informations : <ul style="list-style-type: none"><li>• sur l'utilisation de réactifs chimiosélectifs,</li><li>• sur la protection d'une fonction dans le cas de la synthèse peptidique,</li></ul> pour mettre en évidence le caractère sélectif ou non d'une réaction.  <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour synthétiser une molécule organique d'intérêt biologique à partir d'un protocole.</i>  <i>Identifier des réactifs et des produits à l'aide de spectres et de tables fournis.</i>	Il n'est pas attendu que l'élève connaisse des méthodes de protection et déprotection de fonction mais uniquement qu'il identifie les étapes de protection et de déprotection dans une synthèse multiétapes, par l'observation globale de la succession des modifications des groupes caractéristiques.

## Transmettre et stocker de l'information<sup>11</sup>

Cette partie est volontairement axée sur les applications, éléments constitutifs des interfaces entre science et technologie et indispensables dans le cadre d'une formation à une science expérimentale. Ici encore la liberté pédagogique du professeur peut s'exercer, par exemple, en faisant le choix d'un traitement autonome des notions abordées ou bien celui d'une mise en relation forte avec les parties précédentes comme celle relative aux ondes et donc d'une approche mêlant concepts et applications.

Dans le cadre d'une formation scientifique générale dispensée en classe de terminale S, il ne s'agit nullement de faire acquérir des éléments technologiques ou numériques spécialisés mais bien de mettre les principes, dont ceux de la physique, au cœur de l'approche. Il en va ainsi des aspects numériques autour des thèmes de l'image et des signaux comme des procédés de transmission et de stockage de l'information où l'accent doit être mis sur les enjeux, les idées directrices, les limitations physiques et ceci dans un contexte technologique donné.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<b>Chaîne de transmission d'informations</b>	Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations. Recueillir et exploiter des informations concernant des éléments de chaînes de transmission d'informations et leur évolution récente.	
<b>Images numériques</b> Caractéristiques d'une image numérique : pixellisation, codage RVB et niveaux de gris.	Associer un tableau de nombres à une image numérique. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un capteur (caméra ou appareil photo numériques par exemple) pour étudier un phénomène optique.</i>	La compétence exigible nécessite la maîtrise de la notion de pixel, de sa caractérisation par sa couleur et son intensité, et donc quelques notions élémentaires de codage binaire. En revanche, le codage de ces éléments qui permet d'associer le tableau de nombres à l'image numérique doit être accompagné d'informations complémentaires. La compétence attendue en première S « Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées » trouve ici son prolongement.
<b>Signal analogique et signal numérique</b> Conversion d'un signal analogique en signal numérique. Échantillonnage ; quantification ; numérisation.	Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple).</i>	La compétence exigible nécessite la maîtrise des notions d'échantillonnage (et de fréquence d'échantillonnage), de quantification (et de l'influence du nombre de bits sur lesquels on effectue le codage).

<sup>11</sup> On pourra, sur ce thème, consulter l'ouvrage collectif « Panorama de la physique » publié chez Belin.

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p><b>Procédés physiques de transmission</b></p> <p>Propagation libre et propagation guidée. Transmission :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• par câble ;</li> <li>• par fibre optique : notion de mode ;</li> <li>• transmission hertzienne.</li> </ul> <p>Débit binaire.</p> <p>Atténuations.</p>	<p>Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.</p> <p>Caractériser une transmission numérique par son débit binaire.</p> <p>Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation.</p> <p><i>Mettre en œuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).</i></p>	<p>La notion de mode de propagation dans une fibre optique peut être introduite par une approche interférentielle, Ceci permet de faire un lien avec la partie « Propriétés des ondes ».</p> <p>La compétence exigible introduit l'affaiblissement d'un signal ; il est caractérisé par un coefficient d'atténuation exprimé en dB/km.</p>
<p><b>Stockage optique</b></p> <p>Écriture et lecture des données sur un disque optique. Capacités de stockage.</p>	<p>Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle.</p> <p>Relier la capacité de stockage et son évolution au phénomène de diffraction.</p>	

#### Créer et innover

Notions et contenus	Compétences exigibles	Repères associés pour l'enseignement supérieur
<p>Culture scientifique et technique ; relation science-société.</p> <p>Métiers de l'activité scientifique (partenariat avec une institution de recherche, une entreprise, etc).</p>	<p>Rédiger une synthèse de documents pouvant porter sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sur l'actualité scientifique et technologique ;</li> <li>• sur des métiers ou des formations scientifiques et techniques ;</li> <li>• sur les interactions entre la science et la société.</li> </ul>	

## A propos du programme de la classe de première S

### OBSERVER

#### Couleurs et images

Comment l'œil fonctionne-t-il ? D'où vient la lumière colorée ? Comment créer de la couleur ?

Les élèves ont abordé l'optique au collège : les sources de lumière et sa propagation rectiligne dans l'air ou dans le vide ont été présentées en cinquième ; les lumières colorées et des notions relatives à la couleur des objets ont été introduites en classe de quatrième ; à ce même niveau, les lentilles ont été étudiées et un modèle élémentaire de l'œil a été abordé. En classe de seconde, ces contenus ont été repris, notamment dans le thème « Univers » où l'étude de la propagation de la lumière est poursuivie avec le changement de direction de propagation lors de la traversée de l'interface entre deux milieux transparents et avec l'introduction d'une première approche ondulatoire de la lumière (longueur d'onde). En classe de première S, ces différents aspects sont réunis pour la première fois et mis en cohérence, ce qui permet d'amorcer ce qui sera prolongé en classe de terminale S, en particulier sur les aspects quantiques.

#### Couleur, vision et image

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
L'œil ; modèle de l'œil réduit.  Lentilles minces convergentes : images réelle et virtuelle. Distance focale, vergence. Relation de conjugaison ; grandissement.  Accommodation.  Fonctionnements comparés de l'œil et d'un appareil photographique.	Décrire le modèle de l'œil réduit et le mettre en correspondance avec l'œil réel.  Déterminer graphiquement la position, la grandeur et le sens de l'image d'un objet-plan donnée par une lentille convergente. <i>Modéliser le comportement d'une lentille mince convergente à partir d'une série de mesures.</i> Utiliser les relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille mince convergente. Modéliser l'accommodation du cristallin.  <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour comparer les fonctionnements optiques de l'œil et de l'appareil photographique.</i>	Pour traiter cette partie du programme, les compétences acquises en classe de quatrième (« Que se passe-t-il quand la lumière traverse une lentille ? ») pourront être réinvesties avec profit.  Les relations de conjugaison ne sont pas à connaître.  Les défauts de l'œil ne sont pas exigibles, mais peuvent constituer un support pertinent pour illustrer les compétences attendues.

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
<p>Couleur des objets. Synthèse additive, synthèse soustractive. Absorption, diffusion, transmission.</p> <p>Vision des couleurs et trichromie. Daltonisme. Principe de la restitution des couleurs par un écran plat (ordinateur, téléphone portable, etc.).</p>	<p>Interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission.</p> <p>Utiliser les notions de couleur blanche et de couleurs complémentaires.</p> <p>Prévoir le résultat de la superposition de lumières colorées et l'effet d'un ou plusieurs filtres colorés sur une lumière incidente.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et comprendre les notions de couleurs des objets.</i></p> <p>Distinguer couleur perçue et couleur spectrale.</p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur le principe de restitution des couleurs par un écran plat.</p>	<p>Pour traiter cette partie du programme, les compétences acquises en classe de quatrième (« Lumières colorées et couleur des objets ») pourront être réinvesties avec profit.</p> <p>Les notions abordées dans cette partie seront réinvesties en terminale S à propos du thème « Images numériques » de la partie « Agir ».</p>

#### Sources de lumière colorée

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
<p>Différentes sources de lumière : étoiles, lampes variées, laser, DEL, etc. Domaines des ondes électromagnétiques.</p> <p>Couleur des corps chauffés. Loi de Wien.</p> <p>Interaction lumière-matière : émission et absorption. Quantification des niveaux d'énergie de la matière. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon. Énergie d'un photon. Relation <math>\Delta E = h\nu</math> dans les échanges d'énergie.</p>	<p>Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde dans le vide.</p> <p>Connaître les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets.</p> <p>Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et de comprendre la notion de lumière colorée.</i></p> <p>Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière.</p> <p>Connaître les relations <math>\lambda = c/\nu</math> et <math>\Delta E = h\nu</math> et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.</p>	<p>Les compétences acquises en classe de seconde sur les ondes électromagnétiques pourront être réinvesties avec profit.</p> <p>L'étude des sources de rayonnement dans l'Univers en classe de Terminale S sera l'occasion pour les élèves d'exploiter à nouveau la loi de Wien.</p> <p>L'interaction lumière-matière est fondamentale pour l'étude des transferts quantiques d'énergie en terminale S. La connaissance de la relation entre l'énergie du photon et sa fréquence est nécessaire dans la perspective du programme de terminale S sur les thèmes « Énergie, matière et rayonnement » et sur l'« Analyse spectrale ».</p>

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Spectre solaire.	Expliquer les caractéristiques (forme, raies) du spectre solaire.	

### Matières colorées

Les substances colorées ou colorantes permettent d'aborder de nombreux champs d'étude du chimiste : extraction, fabrication, contrôle, modélisation structurale. Cette partie du programme permet donc de compléter l'acquisition de connaissances et de compétences abordées en classe de seconde :

- dans le champ de la pratique expérimentale : extraction, synthèse, analyse par CCM sont revues ; le dosage par étalonnage vient compléter la détermination d'une concentration par utilisation de l'échelle de teintes, dans le cadre cette fois d'une mesure dont on peut évaluer la précision ;
- dans le champ de la modélisation : consolidation et approfondissement des acquis sur la transformation chimique (équation de réaction, stœchiométrie, avancement) et mise en lien de la structure microscopique (modes de représentation des molécules) avec une propriété macroscopique (la couleur) ou un processus complexe (la vision).

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Synthèse soustractive.  Colorants, pigments ; extraction et synthèse.  Réaction chimique : réactif limitant, stœchiométrie, notion d'avancement.  Dosage de solutions colorées par étalonnage. Loi de Beer-Lambert.	Interpréter la couleur d'un mélange obtenu à partir de matières colorées.  <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre une extraction, une synthèse, une chromatographie.</i>  Identifier le réactif limitant, décrire quantitativement l'état final d'un système chimique.  Interpréter en fonction des conditions initiales la couleur à l'état final d'une solution siège d'une réaction chimique mettant en jeu un réactif ou un produit coloré.  <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert.</i>	On n'attend pas de l'élève qu'il sache distinguer un colorant d'un pigment.  Cette partie du programme est une occasion de mise en œuvre des démarches expérimentales d'extraction, synthèse, analyse par chromatographie, dans le cadre de l'acquisition d'une autonomie croissante.  On attend de l'élève qu'il sache déterminer de manière autonome les quantités de matière des réactifs mis en jeu afin de repérer le réactif limitant.  L'introduction de la notion d'avancement ne nécessite pas nécessairement l'utilisation du tableau d'avancement.  La longueur d'onde de travail est donnée ; on n'attend pas encore que l'élève sache utiliser de manière autonome une référence (blanc).

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
<p>Molécules organiques colorées : structures moléculaires, molécules à liaisons conjuguées.</p> <p>Indicateurs colorés.</p> <p>Liaison covalente. Formules de Lewis ; géométrie des molécules. Rôle des doublets non liants. Isomérie Z/E.</p>	<p>Savoir que les molécules de la chimie organique sont constituées principalement des éléments C et H.</p> <p>Reconnaître si deux doubles liaisons sont en position conjuguée dans une chaîne carbonée.</p> <p>Établir un lien entre la structure moléculaire et le caractère coloré ou non coloré d'une molécule.</p> <p><i>Repérer expérimentalement des paramètres influençant la couleur d'une substance (pH, solvant, etc.).</i></p> <p>Décrire à l'aide des règles du « duet » et de l'octet les liaisons que peut établir un atome (C, N, O, H) avec les atomes voisins.</p> <p>Interpréter la représentation de Lewis de quelques molécules simples.</p> <p>Mettre en relation la formule de Lewis et la géométrie de quelques molécules simples.</p> <p>Prévoir si une molécule présente une isomérie Z/E.</p> <p>Savoir que l'isomérisation photochimique d'une double liaison est à l'origine du processus de la vision.</p> <p><i>Mettre en œuvre le protocole d'une réaction photochimique.</i></p> <p><i>Utiliser des modèles moléculaires et des logiciels de modélisation.</i></p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur les colorants, leur utilisation dans différents domaines, et les méthodes de détermination des structures (molécules photochromes, indicateurs colorés, peintures, etc.).</p>	<p>On n'attend pas de l'élève qu'il sache définir un système conjugué mais qu'il sache repérer de manière autonome la présence de deux doubles liaisons conjuguées dans une chaîne carbonée.</p> <p>Aucune règle systématique ne peut émerger de cette approche qualitative du lien entre structure et couleur.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache passer d'une représentation à l'autre : formule semi-développée et formule développée. Les représentations de Cram et les formules topologiques peuvent être présentées mais ne seront utilisées en autonomie qu'en terminale.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache énoncer les règles du « duet » et de l'octet et définir une liaison de covalence – ou doublet liant – et un doublet non liant.</p> <p>On n'attend pas de l'élève qu'il sache établir des représentations de Lewis.</p> <p>On attend de l'élève qu'il interprète la géométrie de molécules simples à partir des interactions électrostatiques ; la théorie VSEPR sera abordée dans l'enseignement supérieur.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache identifier une situation d'isomérie Z/E. L'attribution des configurations n'est pas exigible, elle relève de l'enseignement supérieur.</p> <p>La nature exacte des phénomènes biochimiques responsables de la vision ne trouvera de sens que dans l'enseignement supérieur.</p>

## COMPRENDRE

### Lois et modèles

Quelles sont les causes physiques à l'œuvre dans l'Univers ? Quelles interactions expliquent à la fois les stabilités et les évolutions physiques et chimiques de la matière ? Quels modèles utilise-t-on pour les décrire ? Quelles énergies leur sont associées ?

Les observations macroscopiques de cohésion de la matière, de changements d'état, de solubilité et miscibilité, déjà faites en classe de seconde, permettent maintenant l'introduction de la modélisation des interactions à l'échelle microscopique. La prévision de la polarité des molécules s'appuie sur la notion d'électronégativité permettant une nouvelle lecture du tableau périodique des éléments introduit en classe de seconde.

L'étude des changements d'état est aussi l'occasion de relier une transformation physique à un échange énergétique, ce qui trouvera un prolongement dans l'évaluation de l'échange thermique lié à une transformation chimique.

#### Cohésion et transformations de la matière

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
La matière à différentes échelles : du noyau à la galaxie.	Connaître les ordres de grandeur des dimensions des différentes structures des édifices organisés.	On attend de l'élève qu'il connaisse les ordres de grandeur de la taille d'un noyau et d'un atome, de la masse d'un électron et d'un nucléon.
Particules élémentaires : électrons, neutrons, protons. Charge élémentaire $e$ .	Connaître l'ordre de grandeur des valeurs des masses d'un nucléon et de l'électron. Savoir que toute charge électrique peut s'exprimer en fonction de la charge élémentaire $e$ .	On attend que l'élève sache que la charge du proton est égale à la charge élémentaire.
Interactions fondamentales : interactions forte et faible, électromagnétique, gravitationnelle. Cohésion du noyau, stabilité.	Associer, à chaque édifice organisé, la ou les interactions fondamentales prédominantes. Utiliser la représentation symbolique ${}^A_ZX$ ; définir l'isotopie et reconnaître des isotopes.	
Radioactivité naturelle et artificielle. Activité. Réactions de fission et de fusion.	Recueillir et exploiter des informations sur la découverte de la radioactivité naturelle et de la radioactivité artificielle. Connaître la définition et des ordres de grandeur de l'activité exprimée en becquerel.	
Lois de conservation dans les réactions nucléaires. Défaut de masse, énergie libérée.	Utiliser les lois de conservation pour écrire l'équation d'une réaction nucléaire. Utiliser la relation $E_{\text{libérée}} =  \Delta m  c^2$ .	
Réactions nucléaires et aspects énergétiques associés.	Recueillir et exploiter des informations sur les réactions nucléaires (domaine médical, domaine énergétique, domaine astronomique, etc.).	

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Ordre de grandeur des énergies mises en jeu.		
<p>Solide ionique. Interaction électrostatique ; loi de Coulomb.</p> <p>Solide moléculaire. Interaction de Van der Waals, liaison hydrogène. Électronégativité.</p> <p>Effet du caractère polaire d'un solvant lors d'une dissolution. Conservation de la matière lors d'une dissolution.</p> <p>Variation de température et transformation physique d'un système par transfert thermique.</p> <p>Nomenclature des alcanes et des alcools ; formule semi-développée.</p>	<p>Interpréter la cohésion des solides ioniques et moléculaires.</p> <p><i>Réaliser et interpréter des expériences simples d'électrisation.</i></p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur les applications de la structure de certaines molécules (super absorbants, tensioactifs, alginates, etc.).</p> <p>Prévoir si un solvant est polaire. Écrire l'équation de la réaction associée à la dissolution dans l'eau d'un solide ionique. Savoir qu'une solution est électriquement neutre. <i>Élaborer et réaliser un protocole de préparation d'une solution ionique de concentration donnée en ions.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole pour extraire une espèce chimique d'un solvant.</i></p> <p>Interpréter à l'échelle microscopique les aspects énergétiques d'une variation de température et d'un changement d'état. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour mesurer une énergie de changement d'état.</i></p> <p>Reconnaître une chaîne carbonée linéaire, ramifiée ou cyclique. Nommer un alcane et un alcool. Donner les formules semi-développées correspondant à une formule brute donnée dans le cas de molécules simples.</p>	<p>L'expression de la loi de Coulomb n'est pas exigible. Cependant, dans la perspective de la classe de terminale S, les élèves doivent connaître les règles qualitatives d'attraction et répulsion des charges, la direction et le sens de la force et la décroissance de son intensité avec la distance.</p> <p>On attend de l'élève qu'il interprète la cohésion des solides à l'aide des interactions électrostatiques.</p> <p>On attend des élèves qu'ils puissent prévoir si un solvant est polaire, à partir des électronégativités des différents atomes et de la géométrie de la molécule. La notion de moment dipolaire sera abordée dans l'enseignement supérieur, on attend néanmoins que les élèves identifient les charges partielles sur les atomes engagés dans des liaisons polaires.</p> <p>L'association d'un nom et d'une structure est abordée dans la perspective de l'analyse des transformations et des stratégies de synthèse en chimie organique. On se limitera donc à des molécules de petites tailles.</p>



## Champs et forces

Les élèves ont déjà rencontré dans les classes précédentes certaines des grandeurs et notions dont l'étude fait l'objet de cette partie. La notion de pression est abordée en classe de quatrième puis approfondie en seconde dans le thème « Sport » ; la notion de température, introduite dès l'enseignement primaire, est réinvestie à partir de la classe de cinquième ; la loi de gravitation et le champ de pesanteur sont abordés en troisième puis en seconde et les actions mécaniques ont été modélisées par des forces dans les thèmes « Sport » et « Univers » du programme de seconde. En ce qui concerne l'énergie, celle-ci a été rencontrée dès la classe de troisième dans sa forme mécanique et cinétique, en relation avec la problématique de la sécurité routière. Cette notion est ici approfondie et étudiée sous l'angle notamment de sa conservation. Cette étude sera prolongée en classe de terminale S par la prise en compte des phénomènes dissipatifs et des phénomènes de transfert, y compris dans le domaine quantique.

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
<p>Exemples de champs scalaires et vectoriels : pression, température, vitesse dans un fluide.</p> <p>Champ magnétique : sources de champ magnétique (Terre, aimant, courant).</p> <p>Champ électrostatique : <math>\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}</math></p> <p>Champ de pesanteur local : <math>\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}</math></p> <p>Loi de la gravitation ; champ de gravitation. Lien entre le champ de gravitation et le champ de pesanteur.</p>	<p>Recueillir et exploiter des informations (météorologie, téléphone portable, etc.) sur un phénomène pour avoir une première approche de la notion de champ.</p> <p>Décrire le champ associé à des propriétés physiques qui se manifestent en un point de l'espace.</p> <p>Comprendre comment la notion de champ a émergé historiquement d'observations expérimentales.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour cartographier un champ magnétique ou électrostatique.</i></p> <p>Connaître les caractéristiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• des lignes de champ vectoriel ;</li> <li>• d'un champ uniforme ;</li> <li>• du champ magnétique terrestre ;</li> <li>• du champ électrostatique dans un condensateur plan ;</li> <li>• du champ de pesanteur local.</li> </ul> <p>Identifier localement le champ de pesanteur au champ de gravitation, en première approximation.</p>	<p>L'élève doit être en mesure de distinguer une ligne isovaleur (de niveau) et une ligne de champ d'un champ vectoriel.</p> <p>Les élèves doivent connaître les relations <math>\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}</math> et <math>\vec{g} = \frac{\vec{P}}{m}</math> sous forme vectorielle, elles seront réinvesties en classe terminale S.</p> <p>Les connaissances acquises sur ce sujet en seconde seront réinvesties ici avec profit. On se limite à la présentation du champ de pesanteur comme une approximation du champ de gravitation. L'explicitation de cette approximation est réservée à l'enseignement supérieur.</p> <p>Dans la suite du programme de seconde et dans la perspective de la classe de terminale S, la formule de la loi de la gravitation doit être connue.</p>

## Formes et principe de conservation de l'énergie

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
<p>Énergie d'un point matériel en mouvement dans le champ de pesanteur uniforme : énergie cinétique, énergie potentielle de pesanteur, conservation ou non conservation de l'énergie mécanique.</p> <p>Frottements ; transferts thermiques ; dissipation d'énergie.</p> <p>Formes d'énergie.</p> <p>Principe de conservation de l'énergie. Application à la découverte du neutrino dans la désintégration <math>\beta</math>.</p>	<p>Connaître et utiliser l'expression de l'énergie cinétique d'un solide en translation et de l'énergie potentielle de pesanteur d'un solide au voisinage de la Terre.</p> <p><i>Réaliser et exploiter un enregistrement pour étudier l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique d'un système au cours d'un mouvement.</i></p> <p>Connaître diverses formes d'énergie.</p> <p>Exploiter le principe de conservation de l'énergie dans des situations mettant en jeu différentes formes d'énergie.</p>	<p>Cette partie sera largement réinvestie en classe de terminale S où la notion de travail sera introduite. Les expressions des énergies cinétique et potentielle de pesanteur sont exigibles dès la classe de première.</p> <p>Sur ce thème, les notions d'énergies cinétique, potentielle (pesanteur et élastique), mécanique, chimique, nucléaire, lumineuse peuvent être introduites. La notion d'énergie interne avec son interprétation microscopique sera introduite en terminale.</p>

## AGIR

### Défis du XXIème siècle

En quoi la science permet-elle de répondre aux défis rencontrés par l'Homme dans sa volonté de développement tout en préservant la planète ?

Piles et accumulateurs sont des objets du quotidien qui vont permettre d'aborder de manière particulièrement contextualisée :

- les réactions d'oxydo-réduction, qui concernent autant les composés minéraux que les composés organiques ;
- le stockage de l'énergie sous forme d'énergie chimique ;
- la conversion de l'énergie chimique en énergie électrique ou en chaleur en relation étroite avec les notions abordées en physique sur l'énergie.

Convertir l'énergie et économiser les ressources

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Ressources énergétiques renouvelables ou non ; durées caractéristiques associées. Transport et stockage de l'énergie ; énergie électrique.  Production de l'énergie électrique ; puissance. Conversion d'énergie dans un générateur, un récepteur. Loi d'Ohm. Effet Joule. Notion de rendement de conversion.	Recueillir et exploiter des informations pour identifier des problématiques : <ul style="list-style-type: none"><li>• d'utilisation des ressources énergétiques ;</li><li>• du stockage et du transport de l'énergie.</li></ul> Argumenter en utilisant le vocabulaire scientifique adéquat.  Distinguer puissance et énergie. Connaître et utiliser la relation liant puissance et énergie. Connaître et comparer des ordres de grandeur de puissances. Schématiser une chaîne énergétique pour interpréter les conversions d'énergie en termes de conservation, de dégradation. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour :</i> <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>mettre en évidence l'effet Joule ;</i></li><li>• <i>exprimer la tension aux bornes d'un générateur et d'un récepteur en fonction de l'intensité du courant électrique.</i></li></ul> Recueillir et exploiter des informations portant sur un système électrique à basse consommation.	Cette partie se situe dans la continuité des programmes de quatrième (« Les lois du courant continu ») et de troisième (« De la centrale électrique à l'utilisateur » et « Puissance et énergie électriques »).  Ces compétences seront réinvesties en terminale S, notamment dans la partie « Agir - Enjeux énergétiques ». Si la connaissance des définitions du rendement, de l'efficacité, etc. relève de l'enseignement supérieur, l'élève peut être amené, dans un contexte donné, à en expliquer la signification.

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
<p>Stockage et conversion de l'énergie chimique.</p> <p>Énergie libérée lors de la combustion d'un hydrocarbure ou d'un alcool.</p> <p>Piles salines, piles alcalines, piles à combustible.</p> <p>Accumulateurs.</p> <p>Polarité des électrodes, réactions aux électrodes.</p> <p>Oxydant, réducteur, couple oxydant/réducteur, réaction d'oxydo-réduction.</p> <p>Modèle par transfert d'électrons.</p>	<p>Recueillir et exploiter des informations sur le stockage et la conversion d'énergie chimique.</p> <p>Écrire une équation de combustion. Argumenter sur l'impact environnemental des transformations mises en jeu. Déterminer l'ordre de grandeur de la masse de CO<sub>2</sub> produit lors du déplacement d'un véhicule.</p> <p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour réaliser une pile et modéliser son fonctionnement. Relier la polarité de la pile aux réactions mises en jeu aux électrodes.</i></p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur les piles ou les accumulateurs dans la perspective du défi énergétique.</p> <p>Reconnaître l'oxydant et le réducteur dans un couple.</p> <p>Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en utilisant les demi-équations redox.</p>	<p>On attend que l'élève relie la valeur de l'énergie libérée lors de la combustion d'un hydrocarbure ou d'un alcool à la quantité de matière d'hydrocarbure ou d'alcool consommée par la combustion.</p> <p>On attend que l'élève soit capable de schématiser une pile en fonctionnement, en indiquant la circulation des porteurs de charges dans la pile et dans le circuit extérieur.</p> <p>Aucune connaissance spécifique n'est requise sur les accumulateurs : l'élève doit extraire des informations sur les accumulateurs pour en décrire le fonctionnement et repérer les différences avec les piles.</p> <p>L'élève doit savoir qu'un oxydant capte des électrons et qu'un réducteur en cède.</p>

### Synthétiser des molécules et fabriquer de nouveaux matériaux

La chimie organique, chimie du carbone, est à la fois la chimie du vivant et la chimie des matériaux élaborés à partir de matières premières naturelles (fossiles ou biosourcées). Cette partie du programme présente plusieurs intérêts et objectifs :

- l'acquisition d'éléments de culture sur ce thème, au travers d'études de documents scientifiques ;
- la mobilisation des acquis relatifs à l'oxydation des alcools et des dérivés carbonylés, avec pour prolongement la présentation de la structure et des propriétés des acides carboxyliques ;
- la mobilisation des compétences expérimentales autour de la synthèse et de l'extraction d'espèces chimiques, cette dernière faisant appel notamment aux acquis sur les interactions intermoléculaires.

Enfin, l'exploration des structures et des propriétés des matériaux amorphes ou organisés, minéraux ou organiques peut aussi trouver sa place dans la partie du programme relative aux interactions intermoléculaires, permettant ainsi d'illustrer le lien entre microscopique et macroscopique.

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Nanochimie.	Recueillir et exploiter des informations sur un aspect de la nanochimie (nanotubes de carbone, nanomédicaments, nanoparticules métalliques, etc.).	Aucune connaissance spécifique n'est attendue. Les compétences attendues dans les parties « Les médicaments », « Les besoins et réponses de l'organisme lors d'une pratique sportive » ainsi que « les matériaux et les molécules dans le sport » du programme de seconde peuvent être réinvesties par les élèves.
Synthèse ou hémisynthèse de molécules complexes, biologiquement actives.	Recueillir et exploiter des informations sur une synthèse d'une molécule biologiquement active en identifiant les groupes caractéristiques.	L'identification des groupes caractéristiques dans une synthèse trouvera son prolongement en classe de terminale S pour « Déterminer la catégorie d'une réaction ». L'élève doit savoir écrire ou entourer un groupe caractéristique d'une famille de composés mais il n'est pas attendu qu'il connaisse le nom des groupes caractéristiques rencontrés.
Alcools, aldéhydes, cétones : nomenclature, oxydations.	Nommer des alcools, aldéhydes, cétones et acides carboxyliques. Reconnaître la classe d'un alcool. Écrire l'équation de la réaction d'oxydation d'un alcool et d'un aldéhyde.	On attend de l'élève qu'il sache appliquer les règles de nomenclature dans des cas simples (espèce monofonctionnelle ou de petite taille) Il peut être amené pour des molécules plus complexes à faire une corrélation entre le nom et le(s) groupe(s) caractéristique(s). Les phénols seront introduits dans l'enseignement supérieur.

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Acides carboxyliques : nomenclature, caractère acide, solubilité et pH. Obtention d'un acide carboxylique ou d'une cétone ; rendement d'une synthèse.	<p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>extraire un acide carboxylique d'un mélange ;</i></li> <li>• <i>oxyder un alcool ou un aldéhyde ;</i></li> <li>• <i>mettre en évidence par des tests caractéristiques ou une CCM un ou des produits issus de l'oxydation d'un alcool ;</i></li> <li>• <i>déterminer la valeur du rendement d'une synthèse.</i></li> </ul> <p><i>Réaliser une extraction par solvant, un chauffage à reflux, une filtration sous vide, une CCM, une distillation en justifiant du choix du matériel à utiliser.</i></p> <p>Argumenter à propos d'une synthèse en utilisant des données physico-chimiques et de sécurité.</p>	On attend de l'élève qu'il reconnaisse les différentes opérations mises en œuvre dans une synthèse et qu'il justifie les conditions opératoires choisies en lien avec ses connaissances sur les propriétés physico-chimiques des espèces chimiques mises en jeu. Cette compétence sera exploitée en classe de terminale dans la partie « Synthétiser des molécules, fabriquer de nouveaux matériaux »
Synthèses et propriétés de matériaux amorphes (verres), de matériaux organisés (solides cristallins, céramiques) et de matières plastiques.	Recueillir et exploiter des informations pour relier les propriétés physiques d'un matériau à sa structure microscopique.	

#### Créer et innover

Notions et contenus	Compétences attendues	Repères associés pour la classe de terminale
Culture scientifique et technique ; relation science-société. Métiers de l'activité scientifique (partenariat avec une institution de recherche, une entreprise, etc.).	<p>Réinvestir la démarche scientifique sur des projets de classe ou de groupes.</p> <p>Comprendre les interactions entre la science et la société sur quelques exemples.</p> <p>Communiquer sur la science par exemple en participant à des actions de promotion de la culture scientifique et technique.</p> <p>Recueillir et exploiter des informations sur l'actualité scientifique et technologique, sur des métiers ou des formations scientifiques et techniques en lien avec des ressources locales.</p>	