

## Projet de programme de la classe terminale de la voie générale

---

### Physique-chimie série scientifique (S) – enseignement spécifique

L'organisation de la consultation des enseignants est confiée aux recteurs,  
**entre le lundi 7 mars et le vendredi 22 avril 2011.**

Parallèlement au dispositif mis en place dans les académies par les IA-IPR, les  
contributions peuvent être envoyées depuis [eduscol.education.fr/consultation](http://eduscol.education.fr/consultation)

7 mars 2011

# Physique – Chimie

## Classe terminale de la série scientifique – enseignement spécifique

### PRÉAMBULE

#### OBJECTIFS

L'enseignement des sciences physiques et chimiques contribue à la construction d'une culture scientifique et citoyenne indispensable à une époque où l'activité scientifique et le développement technologique imprègnent notre vie quotidienne et les choix de société. L'activité expérimentale permet notamment de poursuivre l'éducation de l'élève à la sécurité, à l'évaluation des risques, à la surveillance et à la protection de l'environnement, au développement durable.

De nos jours, l'enseignement de la physique et de la chimie participe à poser les bases de comportements sociétaux responsables qui fondent la possibilité du vivre ensemble. En effet, la règle de droit peut être amenée à s'appuyer sur des normes quantitatives communes (seuils, plafonds, valeurs de références, ...) et la mesure des écarts à ces normes en définit les modalités de validation. Le respect des autres et de soi est au fondement de la culture de la responsabilité.

En classe de seconde, la présentation des programmes sous forme de thèmes : santé, pratique sportive, Univers, a été retenue pour prendre en compte la diversité des publics accueillis.

Au cycle terminal de la série S, les élèves ayant fait le choix d'une orientation scientifique, le programme a pour ambition de développer leur vocation pour la science et de les préparer à des études scientifiques post-baccalauréat. La discipline, avec ses contenus et ses méthodes, se met au service de cette ambition en se fondant sur les atouts qui lui sont propres : son rapport privilégié au réel, qu'elle englobe et pénètre au plus loin, son rôle dans la structuration des esprits, son importance dans l'appréhension et la relève des défis posés à l'Homme par l'évolution du monde et de la société.

#### ***La série S : la discipline au service des compétences et des appétences de science***

L'enseignement des sciences physiques et chimiques de la série S n'est pas tourné en premier lieu vers la discipline, mais vers les élèves, afin de susciter et consolider des vocations pour que le plus grand nombre se dirige vers des carrières scientifiques et techniques.

Le questionnement premier n'est donc pas : « S'ils veulent poursuivre des études scientifiques, qu'est-ce que les bacheliers S doivent savoir ? », mais plutôt : « Ont-ils acquis les compétences de base de la démarche scientifique ? » sans lesquelles il n'est point de vocation assortie de réussite. Et pour tous les élèves de cette série, quel que soit leur métier futur : « Ont-ils développé suffisamment le goût des sciences pour percevoir leur importance dans la société ? ».

Il ne saurait en découler un affadissement de la discipline, alors qu'elle se mettrait au service de cet objectif double, celui des compétences et des appétences, mais au contraire une légitimité supérieure, au-delà de sa propre construction, en donnant sens et pertinence à ses objectifs, méthodes et contenus en direction des élèves et plus largement de la société.

Partant de cette problématique globale, l'enseignement de la physique-chimie au cycle terminal permet la construction progressive et la mobilisation du corpus de connaissances et de méthodes scientifiques de base de la discipline, en s'organisant autour des grandes étapes de la démarche scientifique : l'observation, la modélisation, et l'action sur le réel, tout en recherchant l'adhésion et l'intérêt des élèves par des entrées et des questionnements contextualisés et modernes.

Pour cela, l'enseignement du cycle terminal prolonge les différents aspects de l'initiation aux sciences physiques et chimiques abordée en seconde, en approfondissant les compétences développées au travers des modalités de mise en œuvre : la démarche scientifique, l'approche expérimentale, la mise en perspective historique, le lien avec les autres disciplines, l'usage des TIC.

En classe de seconde, la liberté pédagogique du professeur s'incarne dans une logique thématique propre à éclairer les choix d'orientation des élèves. Au cycle terminal, elle s'inscrit dans la possibilité de choisir le niveau d'entrée au sein de la démarche scientifique globale sous-tendant l'articulation du programme. Le professeur peut ainsi trouver l'accroche la plus à même de consolider l'orientation scientifique de ses élèves en les initiant aux subtilités et à la pluralité de l'approche du réel. Cette liberté, tournée vers la méthode et qui affranchit d'une lecture séquentielle du programme, rend également plus faciles les réorientations des élèves entre les différentes séries.

## MODALITÉS

### La démarche scientifique

La science est un mode de pensée qui s'attache à comprendre et décrire la réalité du monde à l'aide de lois toujours plus universelles et efficaces, par allers et retours inductifs et déductifs entre modélisation théorique et vérification expérimentale. Contrairement à la pensée dogmatique, la science n'est pas faite de vérités révélées intangibles, mais de questionnements, de recherches et de réponses qui évoluent et s'enrichissent avec le temps. Initier l'élève à la démarche scientifique, c'est lui permettre d'acquérir des **compétences** autour des trois grandes étapes que sont l'observation, la modélisation et l'action, qui le rendent capable de mettre en œuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux résultats expérimentaux et exercer son esprit critique.

Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser les hypothèses pertinentes. Il lui faut également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe.

Ces compétences sont indissociables de compétences mathématiques de base. De plus, en devant présenter la démarche suivie et les résultats obtenus, l'élève est amené à une activité de communication écrite et orale susceptible de le faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières, orales et écrites, dans la langue française, mais aussi en langue étrangère, notamment en anglais, langue de communication internationale dans le domaine scientifique.

En permettant le débat argumenté, le travail en équipe est propice à la construction de ces compétences.

Dans la continuité du collège et de la seconde, la démarche d'investigation est l'une des modalités pédagogiques possibles, qui s'inscrit dans cette logique pédagogique.

### L'approche expérimentale

Composantes naturelles et privilégiées de la démarche scientifique, les activités expérimentales jouent un rôle fondamental dans l'enseignement de la physique et de la chimie. Elles établissent un rapport critique avec le monde réel, où les observations sont parfois déroutantes, où des expériences peuvent échouer, où chaque geste demande à être maîtrisé, où les mesures – toujours sujettes à des erreurs aléatoires ou systématiques – ne permettent de déterminer des valeurs de grandeurs qu'avec une précision limitée et donc une incertitude qu'il faut pouvoir évaluer au mieux.

Il est fondamental à ce titre que les élèves comprennent que cette limite est inéluctable dans l'étude quantitative du réel inhérente aux sciences expérimentales, qu'elle est naturelle au sens premier du terme dans leur pratique et leurs résultats. Une précision sans limite est en effet illusoire, au sens des écritures mathématiques, en raison des variabilités intrinsèques qui habitent les phénomènes réels et leurs opérations de mesure.

Toute constante de la physique, toute donnée physique relative à une situation ou à un phénomène, voire un énoncé, a une valeur qui est le fruit d'une histoire faite d'expérimentations dans des contextes

particuliers, dont le terme est inscrit implicitement dans son écriture. Ainsi, l'évaluation de l'incertitude attachée à cette valeur (la moitié de l'unité du dernier chiffre significatif) et la précision relative (incertitude/valeur) avec laquelle elle est donnée, doit pouvoir être une compétence naturelle et immédiate tirée de la seule lecture de son écriture scientifique.

La compréhension du réel exige la recherche de la plus grande précision possible dans le contexte des activités expérimentales qui sont au cœur de la pratique de la physique et de la chimie. Le progrès des connaissances, qui permet le développement des sociétés et l'affranchissement matériel des hommes est le fruit de cette compréhension.

L'histoire des sciences fournit de nombreuses illustrations de l'importance de la précision des mesures dans ce progrès : le degré de précision des observations de Mars par Tycho-Brahé a permis à Kepler d'établir ses lois.

Ce sont la recherche patiente, l'effort maintenu de la raison et l'action concrète sur le réel qui portent l'évolution du savoir et de la société en profondeur et non l'immédiateté fébrile, la facilité subjective ou l'illusion du tout virtuel. L'activité scientifique moderne est la plus fructueuse lorsqu'elle résulte d'un travail d'équipe qui ne bride pas pour autant l'intuition personnelle féconde. Il en est également ainsi de l'efficacité de l'acte pédagogique.

Les activités expérimentales peuvent s'articuler autour de deux pôles distincts : l'expérience de cours, qui permet un rapport premier entre le réel et sa représentation ; les activités expérimentales menées par les élèves, moyen d'appropriation de techniques, de méthodes, mais aussi des notions et des concepts.

Associée à un questionnement inscrit dans un cadre de réflexion théorique, l'activité expérimentale, menée dans l'environnement du laboratoire, contribue à la formation de l'esprit scientifique et permet l'acquisition de compétences spécifiques. En effet, l'activité expérimentale conduit l'élève à analyser la situation problème qui lui est proposée, à s'approprier la problématique du travail à effectuer, à justifier ou à proposer un protocole comportant des expériences, puis à le réaliser. Il est ainsi sollicité pour confronter ses représentations avec la réalité, à porter un jugement critique sur la pertinence des résultats obtenus et des hypothèses faites dans la perspective de les valider. Pour cela, il doit faire les schématisations et les observations, réaliser et analyser les mesures, en estimer la précision et écrire les résultats de façon adaptée (**voir Annexe « Mesures et incertitudes »**).

L'activité expérimentale offre un cadre privilégié pour susciter la curiosité de l'élève, pour le rendre autonome et apte à prendre des initiatives, et pour l'habituer à communiquer en utilisant des langages et des outils pertinents.

L'éducation à la sécurité est en outre un élément essentiel de la formation des sciences physiques et chimiques.

L'acquisition de ces compétences fondées sur l'expérimentation est indissociable d'une pratique pédagogique dans des conditions indispensables à une activité authentique et sûre.

### **La mise en perspective historique**

La science a été élaborée par des hommes et des femmes, vivant dans un contexte temporel, géographique et sociétal donné. En remettant en cause les conceptions du monde et la place de l'Homme, son progrès s'est souvent heurté aux conservatismes, aux traditions, aux arguments d'autorité, aux obscurantismes de toutes sortes. En ce sens, faire connaître à l'élève l'histoire de la construction de la connaissance scientifique est source d'inspiration pour la liberté intellectuelle, l'esprit critique et la volonté de persévérer. Elle est également une école d'humilité et de patience dans la mesure où cette histoire s'est accompagnée d'un impressionnant cortège d'hypothèses fausses, de notions erronées autant que de controverses passionnées.

L'approche historique montre que la science moderne, qui transcende les différences culturelles, est universelle et qu'elle est désormais le bien de l'humanité tout entière.

Sans tomber dans la systématisation, l'enseignant peut utiliser l'approche historique comme démarche didactique destinée à mettre la science en contexte et en culture. Cette approche montre en outre l'obstacle épistémologique opposé à la connaissance par les apparences sensibles, qui se retrouve dans les blocages créés par les représentations a priori des élèves. Ceux-ci peuvent en retour être rassurés par le spectacle des erreurs commises par de grands esprits tout au long de l'histoire de la pensée scientifique.

L'histoire des sciences montre également la diversité de la démarche scientifique, qui ne se réduit pas à une progression séquentielle : observation — modélisation – vérification (ou réfutation), illustrée par la démarche d'investigation, qui est d'essence pédagogique. La réalité historique est beaucoup plus complexe. L'une des plus grandes révolutions dans l'histoire de la pensée, l'hypothèse copernicienne, n'a pas été avancée pour des raisons liées aux observations du temps, qui trouvaient une explication apparemment plus naturelle dans la cosmogonie aristotélicienne. La validation expérimentale de la révolution de la Terre autour du Soleil n'est venue que plus de deux cents ans après, grâce au progrès technique réalisé dans les instruments d'observation, avec la découverte du petit mouvement d'aberration des étoiles. Quant à la rotation terrestre, il a fallu trois siècles, avec l'observation de la déviation vers l'Est de la chute des corps.

Le choix laissé au professeur de l'entrée dans le corps du programme est illustratif de cette pluralité des approches du réel qui est au cœur de la démarche scientifique.

### **Le lien avec les autres disciplines**

De même que l'étude efficiente et contextualisée du réel nécessite les apports croisés des différents domaines concernés de la connaissance, les grands défis auxquels nos sociétés sont confrontées exigent une approche scientifique et culturelle globale. Il convient donc de rechercher les liens entre les sciences physiques et chimiques et les autres disciplines.

La liaison avec les mathématiques est évidente et nécessaire, car elle sous-tend le caractère par définition quantitatif des sciences expérimentales et la formalisation qui leur confère l'universalité. Les mathématiques peuvent à l'inverse trouver matière à application dans l'étude de situations réelles.

Les sciences de la vie et de la Terre, qui ont abondamment recours aux concepts et résultats des sciences physiques et chimiques, fournissent à ces dernières un terrain propice à illustration, compréhension et coopération.

Il en est de même avec les sciences et techniques industrielles, dans cette synergie féconde entre progrès technologique et progrès scientifique.

La relation peut être tout aussi fructueuse avec les disciplines dites non scientifiques : les lettres, l'anglais (communication internationale et recherche documentaire) mais aussi l'histoire-géographie (histoire des sciences et des idées, développement de leurs applications), la philosophie (épistémologie), l'éducation physique et sportive (mesure et analyse des performances)...

Aucune discipline ne saurait être exclue a priori de la coopération interdisciplinaire avec la physique et la chimie. Ainsi, les sciences physiques et chimiques apportent également leur contribution à l'enseignement de l'histoire des arts en soulignant les relations entre l'art, la science et la technique, notamment dans les rapports de l'art avec l'innovation et la démarche scientifiques, l'analyse et la restauration des œuvres ou dans le discours tenu par l'art sur les sciences et les techniques. En retour, les arts peuvent fournir des objets d'étude motivants pour les élèves.

La coopération interdisciplinaire amène un nouveau rapport pédagogique à la connaissance, qui peut permettre ultérieurement à chacun d'agir de façon éclairée dans sa vie courante ou l'exercice de sa profession.

## L'usage adapté des technologies de l'information et de la communication (TIC)

La physique et la chimie fournissent naturellement l'occasion d'acquérir des compétences dans l'utilisation des TIC, dont certaines sont liées à la discipline et d'autres d'une valeur plus générale.

Outre la recherche documentaire, le recueil des informations, la connaissance de l'actualité scientifique, qui requièrent notamment l'exploration pertinente des ressources d'Internet, la mise en relation de classes effectuant une même recherche documentaire ainsi que la comparaison de mesures effectuées dans des établissements différents sont rendues possibles par les TIC.

L'activité expérimentale peut s'appuyer avec profit sur elles : expérimentation assistée par ordinateur, saisie et traitement des mesures. La simulation est l'une des modalités de pratique de la démarche scientifique susceptible d'être utilisée.

L'automatisation de l'acquisition et du traitement des données expérimentales peut ainsi permettre de dégager du temps pour la réflexion, en l'ouvrant aux aspects statistiques de la mesure et au dialogue entre théorie et expérience.

L'usage de caméras numériques, de dispositifs de projection, de tableaux interactifs et de logiciels généralistes ou spécialisés doit être encouragé.

Les travaux pédagogiques et les réalisations d'élèves gagneront à s'insérer dans le cadre d'un environnement numérique de travail (ENT), au cours ou en dehors des séances.

Il faudra toutefois veiller à ce que l'usage des TIC comme auxiliaire de l'activité didactique ne se substitue pas à une activité expérimentale directe et authentique, en dispensant les élèves de l'observation directe et de l'acquisition concrète des méthodes d'obtention et de traitement des données. Par ailleurs, les précisions des résultats affichés par l'ordinateur ne devront pas faire illusion et remplacer l'étude des conditions de précision du travail expérimental.

Outre les sites ministériels, les sites académiques recensent des travaux de groupes nationaux, des ressources thématiques (Édubase) et des adresses utiles.

## ARCHITECTURE DES PROGRAMMES DU CYCLE TERMINAL

Les programmes de première et de terminale de la série scientifique s'articulent autour des grandes phases de la démarche scientifique : **observer**, **comprendre**, **agir**, et s'appuient sur des entrées porteuses et modernes.

**Observer** : l'Homme reçoit du monde matériel un ensemble d'informations sous forme d'énergie transportée par des ondes et des particules. La lumière en constituant la forme la plus immédiate et répandue, l'œil le premier instrument, la vision la première sensation, avec les images et leurs couleurs, ces thèmes sont ceux du programme de la classe de première.

Ils sont élargis en classe de terminale à tout le spectre électromagnétique et aux ondes dans la matière, ainsi qu'à la matière elle-même avec les particules, et son investigation que permet la spectroscopie.

Ce premier abord de la réalité montre déjà qu'il n'existe pas d'observation a priori, sans un cadre conceptuel qui lui donne sens, ni un instrument de réception et d'analyse. Dans cette partie du programme centrée sur le recueil des informations, la démarche scientifique montre sa globalité et sa subtilité.

**Comprendre** : en s'appuyant sur le langage des mathématiques qui donne accès au formel et au quantitatif, la science expérimentale peut accéder à l'universel et au réinvestissement à partir de phénomènes particuliers. Cette partie du programme est centrée sur l'interprétation et la modélisation.

En classe de première, il s'agit de montrer que l'universalité peut s'expliquer en l'état actuel des connaissances par l'existence d'interactions fondamentales, responsables de la cohésion, des transformations et des mouvements, à toutes échelles, de la matière connue. À chacune de ces

interactions est associée une forme d'énergie. L'application du principe de la conservation de l'énergie montre une des facettes de la démarche scientifique, tenue de partir de postulats fondateurs, dont la validité doit être légitimée par le retour au réel.

En classe terminale, l'étude dynamique des systèmes périodiques est mise au service de l'histoire de la mesure du temps, jusqu'à ses aspects modernes au travers des premières bases de la relativité. Le temps est ainsi présent pour quantifier les évolutions chimiques, dont la présence au sein de la matière est intimement liée à la structure de celle-ci tout en étant le moteur de son évolution. Le sens des évolutions s'explique par des transferts d'énergie au sein de la matière qui donnent l'occasion de poursuivre la découverte des phénomènes quantiques entreprise en classe de première.

**Agir** : les moyens théoriques et technologiques que l'Homme se donne, outre qu'ils permettent de tester la fiabilité des modèles scientifiques et d'agrandir sans cesse le champ d'investigation du réel, lui offrent des réponses aux défis qu'il doit relever pour assurer le bien-être et le bien-vivre de tous dans le respect et la préservation de l'environnement. Le professeur doit être conduit à choisir des exemples d'application de la physique et de la chimie qui répondent à ces enjeux posés au devenir de l'Humanité et à la planète. Par rapport aux thèmes de la première consacrés aux défis énergétiques et à la production de nouvelles molécules et de nouveaux matériaux, le programme de terminale ajoute une dimension environnementale et aborde la problématique du traitement de l'information.

Cette partie du programme doit également montrer que les réponses résident dans la capacité de créer et d'innover qui est au cœur de l'activité scientifique. Elle doit donc à ce titre laisser un espace de liberté au professeur pour illustrer cette capacité avec ses élèves.

Cette liberté pédagogique permet par ailleurs au professeur de choisir ses progressions, ses niveaux d'entrée et ses exemples pour présenter les différents contenus et notions du programme.

# ANNEXE

## MESURES ET INCERTITUDES

### Informations destinées au professeur

Le tableau suivant résume les notions et compétences spécifiques relatives aux mesures et à leurs incertitudes que les élèves doivent maîtriser à la fin de la formation du lycée. Elles pourront être approfondies avec profit dans le cadre de la spécialité de physique-chimie de la terminale S.

L'ensemble des activités expérimentales, en italique dans la colonne de droite des programmes de première et de terminale, doit progressivement fournir l'occasion de leur mise en œuvre et de leur acquisition.

L'informatique peut jouer un rôle tout à fait particulier en fournissant aux élèves les outils nécessaires à l'évaluation des incertitudes sans qu'ils soient conduits à entrer dans le détail des outils mathématiques utilisés. L'accent doit être mis sur la prise de conscience des causes de limitation de la précision (sources d'erreurs) et de leurs implications sur la qualité de la mesure.

Dans une perspective de compréhension des bases de la métrologie, le professeur pourra mettre en regard la sémantique de ces bases et les acceptions courantes. Pour ces dernières, le vrai est ce qui est indubitable, l'incertain est ce dont on n'est pas sûr et l'erreur est ce qu'on aurait pu ne pas faire.

Dans le langage de la métrologie, il est question de valeur vraie, celle qu'on aurait obtenue avec une mesure parfaite (de précision illimitée). Cette valeur est donc inconnue, mais elle est même illusoire, en raison de la variabilité des phénomènes. On aura donc une valeur mesurée, et le résultat final de la mesure sera cette valeur, éventuellement issue d'une moyenne, assortie d'une incertitude (en fait un écart – type) résultant d'erreurs. Ici, l'incertitude et l'erreur sont des concepts scientifiques précis ; cette dichotomie peut entraîner des confusions (comme la masse et le poids) que l'enseignant peut souligner.

### Formation de l'élève

Notions et contenus	Compétences expérimentales exigibles
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,...).
Incertitudes et notions associées	Évaluer et comparer les incertitudes associées à chaque source d'erreur. Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie. Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure. 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.
Expression et acceptabilité du résultat	Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique. Associer l'incertitude à cette écriture. 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. Évaluer la précision relative. Déterminer les mesures à conserver en fonction d'un critère donné. Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence. Faire des propositions pour améliorer la démarche.

# CLASSE DE TERMINALE DE LA SÉRIE SCIENTIFIQUE

## PRÉSENTATION

Dans le prolongement du programme de première S, le programme de la terminale S se situe dans la poursuite de l'objectif de formation à la démarche scientifique, tout en présentant la souplesse susceptible d'encourager la liberté pédagogique des enseignants.

Comme pour la première, une rédaction volontairement allégée des contenus, notions et compétences, a été privilégiée, sans pour autant altérer la lisibilité et la précision des exigences telles qu'elles sont attendues en fin d'année scolaire et exigibles pour le baccalauréat.

Les professeurs, s'ils souhaitent bénéficier de ressources didactiques, de situations et de questionnements, peuvent se reporter aux sites ministériels sur Éduscol : <http://eduscol.education.fr/spc> où ils trouveront des ressources pour la classe de terminale, qui n'ont cependant pas de valeur prescriptive.

Il conviendra par ailleurs qu'ils s'appuient au mieux sur les acquis du programme de seconde et de première.

**Les compétences évaluées en fin de cycle terminal à l'occasion des épreuves du baccalauréat porteront principalement sur le programme de terminale sans exclure celles des programmes des classes de seconde et de première, notamment celles de nature expérimentale.**

Pour ce qui est de l'organisation du programme, les orientations thématiques introduites à partir de questionnements sont les suivantes :

### **Observer : ondes et matière**

La partie « observation » est étendue à l'ensemble du spectre des ondes électromagnétiques et aux ondes dans la matière, ainsi qu'aux particules.

#### ***Ondes et particules***

Des sources « froides » (rayonnement cosmologique, nuages interstellaires, corps solides,...) aux plus « chaudes » (étoiles et sources associées), en passant par les sources composites comme les galaxies, l'Univers est rempli d'émetteurs électromagnétiques sur tout le spectre, qui interagissent avec l'atmosphère terrestre. Cette interaction, qui dépend du domaine spectral considéré, conditionne la nature de l'instrument d'observation, son support technologique et son altitude (du sol à l'extérieur de l'atmosphère).

L'Homme sait également fabriquer des sources de rayonnement sur l'ensemble du spectre, dans le visible, mais aussi dans les domaines radio, infrarouge et ultraviolet notamment.

Une étude documentaire, non exhaustive, des sources de rayonnement, éventuellement absorbé par l'atmosphère, sera menée, ainsi que sur les ondes de matière à l'œuvre sur Terre, avec une tonalité particulière mise sur les ondes sonores, dont un prolongement pourra être trouvé dans l'enseignement de spécialité.

Les photons associés aux ondes électromagnétiques, les particules élémentaires (électrons, protons, neutrinos,...), ou composites (noyaux, atomes, molécules) sont, à côté des ondes électromagnétiques et mécaniques, des supports précieux d'information.

Parmi l'ensemble des sources d'ondes et de particules, un choix est possible d'étude plus particulière ainsi que sur un dispositif d'observation donné. Cette faculté de choix porte également sur l'étude expérimentale obligatoire d'un dispositif de détection.

### ***Caractéristiques et propriétés des ondes***

Il s'agit de savoir décrire les ondes, définir et utiliser les grandeurs physiques associées. La diffraction d'ondes dans tous les domaines du spectre est soulignée, en particulier dans ses conséquences sur l'observation.

L'étude des interférences met l'accent sur les conditions d'interférences constructives et destructives pour les ondes monochromatiques.

Comme la diffraction et les interférences, l'effet Doppler se prête bien à exploitation expérimentale. Son étude sera étendue à l'investigation en astrophysique (mouvements des corps, détections indirectes et planètes extrasolaires, expansion de l'Univers) et à la vélocimétrie.

### ***Analyse spectrale.***

La spectroscopie est un moyen privilégié d'étude des propriétés physicochimiques (température, composition) des sources de rayonnement, des objets astronomiques aux sources colorées fabriquées par l'Homme.

Elle est également un instrument irremplaçable d'analyse des espèces chimiques d'origine variée, notamment issues du domaine du vivant, qu'il s'agisse des spectres UV-visible, IR ou RMN. C'est principalement cet aspect qui donnera lieu à l'enseignement de terminale.

Sans aborder les règles qui régissent les transferts d'énergie dans les molécules, il s'agira d'exploiter des spectres de natures différentes à l'aide de tables et de logiciels, en vue de les mettre en relation avec la structure des molécules. En outre, il s'agira de choisir une espèce colorée pour conduire une démarche expérimentale destinée à la caractériser.

Comme dans l'ensemble du programme, l'enseignant n'est pas tenu à une lecture séquentielle dans cette partie « Observer », et peut la traiter dans l'ordre de son choix pour les trois thèmes. Il peut également, comme pour le programme de première, choisir de faire un détour parmi les deux autres parties « Comprendre » et « Agir » du programme au moyen d'un « fil rouge ».

### **Temps, mouvement et évolution**

Le temps, le repérage des dates et la mesure des durées, la définition et l'évolution de son unité, reposent sur l'étude et l'exploitation de phénomènes périodiques.

L'histoire de la mesure du temps, qui peut remonter aux procédés ancestraux (gnomonique), fournit la matière à l'étude documentaire d'une recherche de progrès tendue par le souci toujours plus grand de la précision, de la stabilité et de l'universalité (rotation et révolution terrestres, oscillateurs mécaniques et électriques, horloges atomiques).

L'occasion est alors donnée d'appliquer la cinématique et la dynamique newtoniennes pour inscrire le temps comme variable naturelle des phénomènes évolutifs. Outre l'énergie, l'introduction de la quantité de mouvement permet d'étendre l'étude si fructueuse pour la physique de grandeurs qui se conservent lors d'une évolution.

Les aspects énergétiques interviennent dans ce cadre en particulier pour analyser les causes de dissipation qui altèrent la reproductibilité des phénomènes et donc la qualité des étalons de temps.

La définition du temps atomique et la réalisation des horloges associées font accéder à des échelles de précision telles qu'elles mettent directement en évidence le caractère relatif du temps en fonction de la vitesse relative de l'horloge et de l'observateur, qui est à la base de la relativité restreinte.

Les postulats d'Einstein (1905), qui constituent cette base, aboutissent à affirmer que la vitesse de la lumière dans le vide est indépendante du mouvement de la source et de celui de l'observateur. C'est une constante fondamentale de la physique.

L'étude de cette propriété fondamentale dans le cadre d'un enseignement illustre bien la problématique du choix didactique face à la subtilité de la démarche scientifique. Cette subtilité est en l'occurrence celle de l'interrogation d'Einstein se posant la question de l'unité de la physique, entre l'électromagnétisme faisant apparaître une vitesse de propagation des ondes dans le vide indépendante du référentiel et la mécanique newtonienne posant l'additivité des vitesses, sans que l'on sache vraiment si la réponse d'Einstein avait pu être inspirée de tests expérimentaux comme l'expérience de Michelson et Morley.

La réponse d'Einstein sous forme de postulat remet en cause le cadre de la mécanique newtonienne, à savoir une vitesse de la lumière relative et un temps absolu, au profit d'une vitesse de la lumière absolue et un temps relatif.

L'invariance de la vitesse de la lumière dans le vide a été abondamment confirmée par l'expérience (prisme mobile d'Arago 1810, Michelson et Morley 1887, Alväger 1964, Hall Brillet 1979, étoiles doubles,...). La liberté didactique du professeur consiste à faire un choix, notamment entre une approche historique, pouvant d'emblée annoncer le postulat et le faire suivre par des tests expérimentaux, et une approche plus « pédagogique » partant des résultats expérimentaux pour rendre plus naturelle ensuite l'hypothèse d'Einstein. En ce sens le programme se présente selon un ordre qui ne saurait être prescriptif, selon l'esprit général qui l'anime.

---

<sup>1</sup> La longueur des précisions relatives à chacun des thèmes de cette partie n'est pas indicative de la durée à consacrer à leur enseignement, mais vise à apporter des précisions supplémentaires sur les parties les plus nouvelles de physique contemporaine (relativité, physique quantique)

Il en va de même du caractère relatif du temps, entre ses notions afférentes (événement, temps propre, temps mesuré, dilatation des durées) et ses confirmations expérimentales ou situations concrètes (désintégration des muons dans l'atmosphère, particules instables dans les accélérateurs, horloges atomiques embarquées, GPS,...). A ce titre, on remarquera que la dilatation des durées se prête à analyse quantitative : la relation  $\Delta t_m = \gamma \Delta t_p$  avec  $\gamma = 1/(1 - (v/c)^2)^{1/2}$  entre durée mesurée et durée propre peut être aisément justifiée (horloge de lumière, « expérience » de la lumière émise dans un bateau).

La mesure du temps (dans une approche classique) s'applique également à l'étude de la transformation de la matière, au travers notamment des facteurs qui influencent le rythme et la durée des évolutions chimiques. La cinétique et la catalyse s'inscrivent dans cette problématique, en se prêtant bien à des approches expérimentales et à des illustrations dans les champs aussi bien naturels qu'industriels.

### **Structure et transformation de la matière**

Le programme de la classe de terminale consacre ce thème à l'évolution de la matière au travers des réactions chimiques, en partant des représentations. Ceci pourra être l'occasion d'insister sur l'importance des conformations et configurations dans le milieu biologique.

Une première approche de la réactivité est présentée. L'objectif est d'introduire les grandes classes de réactions en chimie organique et de faire percevoir l'idée que l'interaction entre un site nucléophile et un site électrophile fonde la plupart des réactions en chimie organique. Sans entrer dans le détail de la modélisation par un mécanisme réactionnel, cette approche doit permettre de préparer l'apprentissage des réactions qui interviendront lors de la poursuite d'études scientifiques.

Les transformations étudiées s'inscrivent dans les deux grands ensembles de la chimie organique et de la réaction chimique par échange de proton. Au-delà du côté classique de ces exemples, il importera de contextualiser autant que possible leur étude, avec une attention particulière portée aux milieux biologiques, qui permettent aisément de construire des fils rouges.

On notera que les démarches expérimentales portant sur le même objet initial d'étude, comme les solutions par exemple, se prêtent bien aux analyses statistiques dans le cadre de la formation des élèves aux méthodes d'analyse des résultats de mesure.

### **Énergie, matière et rayonnement**

Ce thème porte pour l'essentiel sur le rapport entre énergie et matière, avec un éclairage particulier porté au rayonnement, comme porte d'entrée sur le comportement quantique du réel.

L'étude documentaire doit permettre de saisir le changement des ordres de grandeur lors du passage du macroscopique au microscopique, notamment sur le plan du dénombrement (constante d'Avogadro), ou de la taille des objets, en utilisant le mouvement brownien comme révélateur de l'agitation particulière. Cette étude doit aussi mettre en évidence l'aspect nécessairement statistique de notre connaissance des systèmes formés d'un grand nombre d'entités microscopiques. Les résultats des observations à très petite échelle fournissent des représentations au moyen d'images (il faudra être prudent sur la signification du terme « visualiser ») des atomes et des molécules, qui permet de remonter aux dimensions et à la structure de la matière à ce niveau d'organisation.

L'étude des transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques traite de notions de base de la thermodynamique (énergie interne, transferts thermiques, travail, capacité thermique), première étape vers l'étude future de ses principes. L'occasion doit être donnée de mettre en place certains éléments méthodologiques de la thermodynamique : définition du système étudié, identification de la nature et du sens des transferts d'énergie, analyse critique des résultats obtenus et mise en perspective avec des dispositifs réels.

La diversité des transferts thermiques permet d'évoquer l'irréversibilité des phénomènes liée en particulier aux processus diffusifs, et d'aborder des aspects de la vie courante tenant aux préoccupations énergétiques. Ainsi, les bilans d'énergie peuvent être empruntés au domaine de l'habitat (problématique du

chauffage d'une habitation, géothermie, pompe à chaleur, climatiseur, réfrigérateur,...), du transport (moteurs, effets thermiques liés au frottement,...) ou bien encore celui de l'énergie, qui peut être l'occasion pour le professeur de faire un lien avec la thématique sur les enjeux énergétiques de la partie « Agir – défis du XXIème siècle ».

Au niveau quantique, le laser s'avère être un objet et un outil d'étude privilégié des transferts d'énergie. L'étude des émissions et de l'absorption quantiques n'est menée qu'au niveau de leur principe, toute étude théorique plus quantitative (coefficients d'Einstein) étant hors programme. La présentation doit en effet avoir comme seule fin de comprendre le principe du pompage optique et de l'amplification cohérente et directive d'un rayonnement monochromatique incident, dans l'enceinte d'un oscillateur optique.

L'usage du laser peut aisément faire partie des fils rouges du programme (onde électromagnétique, spectroscopie, principe des transferts quantiques, traitement de l'information,...).

La dualité onde-corpuscule est une formulation qui s'applique aux manifestations du photon, qui se comporte soit comme une onde, soit comme une particule, selon le contexte expérimental considéré. Mais elle ne doit pas décrire la nature intrinsèque du photon lui-même, qui n'est ni une onde, ni une particule, mais l'archétype d'un objet quantique, appelé parfois « quanton » par les scientifiques.

L'occasion doit pouvoir être saisie d'une similitude des propriétés des ondes de matière et des ondes électromagnétiques, comme dans le cas des électrons et des rayons X. Une illustration naturelle et nécessaire en est celle du microscope électronique où  $p = h/\lambda$ , soit  $\lambda = h/p$ , rapportée au phénomène de diffraction, explique la nécessité d'explorer la matière par des particules ou du rayonnement de longueur d'onde nettement plus petite que la taille des objets observés.

L'observation (vidéo) de la réalisation progressive de la figure d'interférences obtenue en émettant le rayonnement photon par photon, ou la matière particule par particule, souligne l'étrangeté éventuelle des phénomènes quantiques pour le sens commun. Elle est une illustration parmi d'autres de l'aspect probabiliste de la réalité quantique, comme peut l'être la désintégration radioactive (cas des muons évoqués plus haut). L'incertitude associée aux phénomènes quantiques, comme sur l'instant auquel se produit une désintégration, ne doit pas laisser croire que toutes les mesures physiques à ce niveau sont incertaines. Ainsi l'énergie des niveaux quantiques stables peut être connue avec une précision exceptionnelle (de l'ordre de  $10^{-13}$  par exemple pour le premier niveau d'énergie de l'atome d'hydrogène !).

Si l'occurrence des phénomènes quantiques individuels ne peut être connue avec précision, la loi des grands nombres permet néanmoins de prévoir précisément le comportement des grands ensembles, c'est à dire des systèmes macroscopiques. Il faut bien voir alors que la limite de la précision dans leur connaissance réside dans l'acte de mesure lui-même, alors qu'elle est intrinsèque au niveau microscopique, en raison du caractère probabiliste de la réalité quantique.

*Le professeur exerce sa liberté pédagogique en traitant cette partie « Lois et modèles » du programme, dédiée à la modélisation conceptuelle, dans l'ordre des thèmes de son choix.*

### **Agir : Défis du XXIème siècle**

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.

Si l'on excepte un changement radical des modes de vie, l'activité scientifique et ses applications technologiques s'avèrent être des réponses crédibles aux défis posés à l'Homme, en particulier ceux retenus pour la terminale S : **économiser les ressources et respecter l'environnement, synthétiser des molécules et fabriquer de nouveaux matériaux, transmettre et stocker l'information**, qui prolongent et étendent ceux de la première S.

Les défis du XXIème siècle concernent la planète et l'humanité tout entières. La communication internationale traitant de cette globalité a lieu de plus en plus fréquemment en anglais. Dès lors la lecture

de documents comme ceux relatifs aux protocoles expérimentaux (en synthèse organique par exemple) pourra offrir quelques occasions de se familiariser avec l'usage scientifique de cette langue, sans exclure une autre langue étrangère en fonction de l'origine de l'information et du contexte linguistique de la classe.

Le thème « Créer et innover » est un espace de liberté pour le professeur, qui peut choisir un ou deux sujets d'étude en raison de l'intérêt que ses élèves et lui-même y trouvent, des ressources locales, de l'actualité scientifique, de l'opportunité de découvrir certains métiers de la recherche, ou de la possibilité de participer à des actions de promotion de la culture scientifique et technique. À ce titre, le professeur peut trouver des exemples d'actions spécifiques en ce domaine dans celles du dispositif ministériel « Sciences à l'École ».

Ainsi, la partie : « Agir — Défis du XXIème siècle » conduit l'élève à percevoir les tendances actuelles de la recherche et du progrès scientifique.

Sur cette partie de programme la compétence exigible portera sur la rédaction d'une synthèse de document : elle permet en effet de mobiliser les capacités d'analyse, d'esprit critique, de synthèse, et les méthodes de travail qu'elles supposent, acquises tout au long de la formation.

**Le programme est présenté en deux colonnes intitulées :**

- NOTIONS ET CONTENUS : il s'agit des concepts à étudier ;
- COMPÉTENCES EXIGIBLES : il s'agit de connaissances à mobiliser, de capacités à mettre en œuvre et d'attitudes à acquérir et dont la maîtrise est exigée en fin d'année scolaire. Lorsqu'elles sont écrites en italique, ces compétences sont de nature expérimentale.

Le professeur peut aussi bien avoir une lecture horizontale de son choix de progression thématique (dans une même partie) que verticale (par succession de thèmes appartenant à des parties différentes), en suivant un « fil rouge ».

Ainsi, l'étude des « briques » du vivant permet aisément d'associer l'observation spectroscopique, les mécanismes de la transformation chimique (Comprendre) et les stratégies de la synthèse (Agir). L'exemple des acides aminés, briques des protéines et des enzymes, peut être avancé. On en trouve d'ailleurs un certain nombre (alanine, glycine, acide aspartique,..) en des endroits comme les météorites (Murchison) où ils sont en compagnie des constituants de l'ARN et de l'ADN que sont les purines (adénine, guanine) et les pyrimidines (uracile, thymine, cytosine). De telles illustrations de l'universalité des phénomènes - qui doit être soulignée - sont laissées au libre choix du professeur ; elles ne peuvent en conséquence faire partie des connaissances exigibles de l'élève pour le baccalauréat.

D'autres fils rouges possibles existent, plus larges, comme la thématique générale des ondes (propriétés, sources, détection, traitement de l'information), la spectroscopie comme méthode (principe, expérience, résultats, exploitations), etc. La seule contrainte est qu'au bout du compte, l'ensemble des notions et contenus explicités dans le programme soient traités dans la perspective de l'acquisition par tous les élèves des compétences exigibles précisées.

**La liberté de l'enseignant, traduction sur le plan pédagogique de la liberté intellectuelle du chercheur, doit être révélatrice pour les élèves de l'esprit de la démarche scientifique.**

## PROGRAMME

### 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

Notions et contenus	Compétences exigibles
<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.
<b>Les ondes dans la matière</b> Houle, ondes sismiques, ondes sonores. Magnitude d'un séisme sur l'échelle de Richter.	Extraire et exploiter des informations sur les effets des ondes mécaniques dans la matière.
Niveau d'intensité sonore.	Connaître et exploiter la relation liant le niveau d'intensité sonore à l'intensité sonore.
<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>

#### Caractéristiques et propriétés des ondes

Notions et contenus	Compétences exigibles
<b>Caractéristiques des ondes</b> Ondes progressives. Grandeurs physiques associées. Retard.	Définir une onde progressive à une dimension. 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>
Ondes progressives périodiques, ondes sinusoïdales.	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>
Ondes sonores et ultrasonores. Analyse spectrale. Hauteur et timbre.	<i>Réaliser l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur et le timbre.</i>

Notions et contenus	Compétences exigibles
<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>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. Connaître et exploiter la relation <math>\theta = \lambda/a</math>. Identifier les situations physiques où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction. <i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier ou utiliser le phénomène de diffraction dans le cas des ondes lumineuses.</i></p>
<p>Interférences.</p>	<p>Connaître et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives pour des ondes monochromatiques.</p>
<p>Cas des ondes lumineuses monochromatiques, cas de la lumière blanche. Couleurs interférentielles.</p>	<p><i>Pratiquer une démarche expérimentale visant à étudier quantitativement le phénomène d'interférence dans le cas des ondes lumineuses.</i></p>
<p>Effet Doppler.</p>	<p><i>Élaborer et mettre en œuvre un protocole de mesure d'une vitesse utilisant l'effet Doppler.</i> 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>

### Analyse spectrale

Notions et contenus	Compétences exigibles
	<p>Extraire et exploiter des informations sur différents types de spectres et sur leurs utilisations.</p>
<p><b>Spectres UV-visible</b> Lien entre couleur et longueur d'onde au maximum d'absorption de substances organiques ou inorganiques.</p>	<p><i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour caractériser une espèce colorée.</i> Exploiter des spectres UV-visible.</p>
<p><b>Spectres IR</b> Identification de groupes fonctionnels à l'aide du nombre d'onde caractéristique. Mise en évidence de la liaison hydrogène.</p>	<p>Identifier des groupes fonctionnels par analyse d'un spectre IR à l'aide de tables de données ou de logiciels. Associer un groupe fonctionnel à un suffixe dans une molécule donnée, pour les fonctions alcène, alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide.</p>
<p><b>Spectres RMN du proton</b> Identification de molécules organiques à l'aide :  <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>	<p>Relier un spectre RMN simple à une molécule organique donnée, à l'aide de tables de données ou de logiciels. Identifier les protons équivalents. Relier la multiplicité du signal au nombre de voisins. Connaître les règles de nomenclature des squelettes carbonés.</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 à 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

Notions et contenus	Compétences exigibles
	Extraire et exploiter des informations relatives à l'évolution de la mesure du temps et de la définition de la seconde.
<b>Temps, cinématique et dynamique newtoniennes</b> Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération.	Choisir un référentiel d'étude. 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.
Référentiel galiléen. Lois de Newton : principe d'inertie, $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ et principe des actions réciproques.	Définir la quantité de mouvement $\vec{p}$ d'un point matériel. Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour étudier un mouvement.</i> Extraire et exploiter des informations pour expliquer le principe de dispositifs de déviation magnétique d'une particule chargée, dont le spectromètre de masse.
Conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé.	<i>Mettre en œuvre une démarche d'investigation pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.</i>
Mouvement d'un satellite. Révolution de la Terre autour du Soleil.	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.
<b>Mesure du temps et oscillateur, amortissement</b>	<i>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les différents paramètres influençant la période d'un oscillateur mécanique ;</li> <li>- son amortissement.</li> </ul>

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p>Travail d'une force. Force conservative ; énergie potentielle.</p> <p>Forces non conservatives : exemple des frottements.</p>	<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>Énergie mécanique.</p>	<p>Analyser les transferts énergétiques au cours d'un mouvement d'un point matériel.</p>
<p>Étude énergétique des oscillations libres d'un système mécanique. Dissipation d'énergie. Facteur de qualité : approche énergétique.</p>	<p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un oscillateur et déterminer le facteur de qualité d'un oscillateur faiblement amorti.</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 son unité.</p>
<p>Définition du temps atomique.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations sur les horloges atomiques.</p>
<p><b>Temps et relativité restreinte</b> Invariance de la vitesse de la lumière.</p>	
<p>Postulat d'Einstein. Tests expérimentaux de l'invariance de la vitesse de la lumière.</p> <p>Caractère relatif du temps.</p>	<p>Savoir que la vitesse de la lumière dans le vide ne dépend ni du mouvement de la source ni de celui de l'observateur.</p>
<p>Notion d'événement. Temps propre. Dilatation des durées. Preuves expérimentales.</p>	<p>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.</p>
<p><b>Temps et évolution chimique : cinétique et catalyse</b> Réactions lentes, rapides ; durée d'une réaction chimique.</p>	<p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour suivre dans le temps une synthèse organique et en estimer la durée.</i></p>
<p>Facteurs cinétiques. Évolution d'une quantité de matière au cours du temps. Temps de demi-réaction.</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>Catalyse homogène, hétérogène et enzymatique</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.</p>

## Structure et transformation de la matière

Notions et contenus	Compétences exigibles
<b>Représentation spatiale des molécules</b> Chiralité.	Extraire et exploiter des informations sur la chiralité.
Carbone asymétrique. Chiralité des acides $\alpha$ -aminés. Représentation de Cram.	Identifier les atomes de carbone asymétrique d'une molécule donnée. Utiliser la représentation de Cram.
Énantiomérie, mélange racémique, diastéréoisomérisation ( <i>Z/E</i> , deux atomes de carbone asymétriques). Séparation de stéréoisomères.	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>
Conformation : rotation autour d'une liaison simple, aspect énergétique.	<i>Visualiser, à partir d'un modèle moléculaire ou d'un logiciel de simulation, les différentes conformations d'une molécule.</i>
Formule topologique des molécules organiques.	Utiliser la représentation topologique des molécules organiques.
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>
<b>Transformation en chimie organique</b>	Reconnaître les fonctions alcène, alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, amine, amide. Utiliser le nom officiel d'une espèce chimique organique pour en déterminer les groupes caractéristiques et le squelette carboné.
Aménagement de structure, aménagement de fonction.	Distinguer un aménagement de structure d'un aménagement de fonction, pour une synthèse organique donnée prise dans le domaine de l'industrie, du laboratoire ou du vivant.
Grandes catégories de réactions en chimie organique : substitution, addition, élimination. Réactivité de molécules organiques : liaison polarisée, site donneur et site accepteur d'électrons.	Déterminer la catégorie d'une réaction (substitution, addition, élimination) à partir de l'examen de la nature des réactifs et des produits.
Réaction entre des donneurs et accepteurs d'électrons sur les exemples de réactions suivants : saponification des esters, synthèse des amides à partir des dérivés d'acide, passage des carbonyles aux alcools.	Déterminer le sens de polarisation des liaisons en lien avec l'électronégativité (table fournie). Identifier un site donneur, un site accepteur d'électrons. Utiliser le formalisme des flèches courbes pour traduire les déplacements électroniques entre un site donneur et un site accepteur d'électrons sans détailler l'ensemble du mécanisme réactionnel.

Notions et contenus	Compétences exigibles
<b>Réaction chimique par échange de proton</b> Transfert de proton.	Extraire et exploiter des informations sur le transfert de proton dans le milieu biologique et sur l'aspect historique de la notion d'acido-basicité. Utiliser le formalisme des flèches courbes pour interpréter le transfert d'un proton.
Le pH : définition, mesure.	<i>Mesurer le pH d'une solution aqueuse.</i>
Théorie de Brönsted : acides faibles, bases faibles ; notion d'équilibre ; couple acide-base ; constante d'acidité $K_a$ . Échelle des $pK_a$ dans l'eau, produit ionique de l'eau ; domaines de prédominance (cas des acides carboxyliques, des amines, des acides $\alpha$ -aminés).	Reconnaître un acide, une base dans la théorie de Brönsted. Utiliser les symbolismes $\rightarrow$ , $\leftarrow$ et $\rightleftharpoons$ dans l'écriture des réactions chimiques pour rendre compte des situations observées. Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide-base connaissant le pH du milieu et le $pK_a$ du couple. <i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour déterminer une constante d'acidité.</i>
Réactions quasi-totales en faveur des produits : - acide fort, base forte dans l'eau ; - mélange d'un acide fort et d'une base forte dans l'eau.	Déterminer le pH d'une solution aqueuse d'acide fort ou de base forte de concentration usuelle.
Réaction entre un acide fort et une base forte : aspect thermique de la transformation. Sécurité.	<i>Mettre en évidence l'influence des quantités de matière mises en jeu sur l'élévation de température observée.</i>
Contrôle du pH : solution tampon ; importance en milieu biologique.	Extraire et exploiter des informations sur le contrôle du pH dans un milieu biologique.

## Énergie, matière et rayonnement

Notions et contenus	Compétences exigibles
<b>Du macroscopique au microscopique</b>	Extraire et exploiter des informations sur un dispositif expérimental permettant de visualiser les atomes et les molécules (microscope à force atomique, microscope à effet tunnel, etc.).
Constante d'Avogadro.	Évaluer des ordres de grandeurs relatifs aux domaines microscopique et macroscopique.
Mouvement brownien.	Extraire et exploiter des informations pour décrire le mouvement brownien.
<b>Transferts d'énergie entre systèmes macroscopiques</b> Notions de système et d'énergie interne. Interprétation microscopique.	Savoir que l'énergie interne d'un système macroscopique résulte de contributions microscopiques.
Capacité thermique.	Connaître et exploiter la relation entre la variation d'énergie interne et la variation de température pour un corps dans un état condensé.
Transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement. Flux thermique. Résistance thermique. Notion d'irréversibilité.	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.

Notions et contenus	Compétences exigibles
Bilans d'énergie.	Établir un bilan énergétique faisant intervenir transfert thermique et travail.
<b>Transferts quantiques d'énergie</b> Émission et absorption quantiques. Émission stimulée et amplification d'une onde lumineuse. Oscillateur optique : principe du laser.	Connaître le principe de l'émission stimulée et les principales propriétés du laser (directivité, monochromaticité, concentration spatiale et temporelle de l'énergie).  <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un laser comme outil d'investigation ou pour transmettre de l'information.</i>
Transitions d'énergie : électroniques, vibratoires.	Associer un domaine spectral à la nature de la transition mise en jeu.
<b>Dualité onde-particule</b> Photon et onde lumineuse.	Savoir que la lumière présente des aspects ondulatoire et particulaire.
Particule matérielle et onde de matière ; relation de de Broglie.	Extraire et exploiter des informations sur les ondes de matière et sur la dualité onde-particule. Connaître et utiliser la relation $p = h/\lambda$ . Identifier des situations physiques où le caractère ondulatoire de la matière est significatif.
Interférences photon par photon, particule de matière par particule de matière.	Extraire et exploiter des informations sur l'aspect probabiliste des phénomènes quantiques.

**AGIR**  
**Défis du XXI<sup>ème</sup> 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 ?*

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

Notions et contenus	Compétences exigibles
<b>Enjeux énergétiques</b> Nouvelles chaînes énergétiques.	Extraire et exploiter des informations sur des réalisations ou des projets scientifiques répondant à des problématiques énergétiques contemporaines.
Économies d'énergie.	Faire un bilan énergétique dans les domaines de l'habitat ou du transport. Argumenter sur des solutions permettant de réaliser des économies d'énergie.
<b>Apport de la chimie au respect de l'environnement</b> Chimie durable : <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> <li>- Valorisation du CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	Extraire et exploiter des informations en lien avec : <ul style="list-style-type: none"> <li>- la chimie durable ;</li> <li>- la valorisation du CO<sub>2</sub>.</li> </ul> Comparer les avantages et les inconvénients de procédés de synthèse du point de vue du respect de l'environnement.
<b>Contrôle de la qualité par dosage</b> Dosages par étalonnage : <ul style="list-style-type: none"> <li>- spectrophotométrie ;</li> <li>- conductimétrie.</li> </ul>	<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>
Dosages par titrages direct et indirect. Réaction support de titrage ; caractère quantitatif. Équivalence dans un titrage ; repérage de l'équivalence pour un titrage pH-métrique, conductimétrique et par utilisation d'un indicateur de fin de réaction.	Distinguer un titrage direct d'un titrage indirect d'après le protocole expérimental. Établir la réaction support de titrage à partir d'un protocole expérimental. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce 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> Interpréter qualitativement un changement de pente dans un titrage conductimétrique.

## Synthétiser des molécules, fabriquer de nouveaux matériaux

Notions et contenus	Compétences exigibles
<p><b>Stratégie de la synthèse organique</b>            Protocole de synthèse organique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identification des réactifs, du solvant, du catalyseur, des produits ;</li> <li>- détermination des quantités, 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>	<p>Effectuer une analyse critique de protocoles expérimentaux pour identifier les espèces mises en jeu, les quantités et les paramètres expérimentaux. Justifier le choix des techniques de synthèses et d'analyses utilisées.</p> <p>Comparer les avantages et les inconvénients de deux protocoles.</p>
<p><b>Sélectivité en chimie organique</b>            Composé polyfonctionnel : réactif chimiosélectif, protection de fonctions.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations :</p> <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> <p><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></p>
<p><b>Polymères naturels et synthétiques</b></p>	<p>Extraire et exploiter des informations sur les matériaux polymères d'origine naturelle ou synthétique.</p>
<p>Macromolécule, monomère, motif, groupes fonctionnels, réactions de polymérisation.</p>	<p>Reconnaître le motif, identifier les groupes fonctionnels dans une macromolécule.</p>
<p>Structure des polymères : conformation, configuration des macromolécules, interactions intermoléculaires, réticulation.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations pour relier quelques propriétés physiques et chimiques d'un matériau polymère à sa structure microscopique.</p>
<p>Polymères biocompatibles.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations sur les matériaux polymères biocompatibles.</p>
<p>Matériaux biodégradables ; réaction de dépolymérisation.</p>	<p><i>Pratiquer une démarche expérimentale pour montrer le caractère biodégradable d'un matériau.</i></p>

## Transmettre et stocker de l'information

Notions et contenus	Compétences exigibles
<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>
<b>Signal analogique et signal numérique</b> Conversion d'un signal analogique en signal numérique.	Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.
Échantillonnage ; quantification ; numérisation.	<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>
<b>Procédés physiques de transmission</b> Propagation libre et propagation guidée. Transmission : <ul style="list-style-type: none"> <li>- par câble ;</li> <li>- par fibre optique : notion de mode ;</li> <li>- transmission hertzienne.</li> </ul>	Exploiter des informations pour comparer les différents types de transmission.
Débit binaire. Atténuations.	Caractériser une transmission numérique par son débit binaire. Évaluer l'affaiblissement d'un signal à l'aide du coefficient d'atténuation. <i>Mettre en œuvre un dispositif de transmission de données (câble, fibre optique).</i>
<b>Stockage optique</b> Écriture et lecture des données sur un disque optique. Capacités de stockage.	Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle. Relier la capacité de stockage et son évolution au phénomène de diffraction.

## Créer et innover

Notions et contenus	Compétences exigibles
Culture scientifique et technique ; relation science-société. Métiers de l'activité scientifique (partenariat avec une institution de recherche, une entreprise, etc).	Rédiger une synthèse de documents pouvant porter sur : <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>