

## Annexe 3

# Programme de physique-chimie et mathématiques de première STL

---

## Sommaire

### Introduction générale

### Programme de physique-chimie

Objectifs de formation

Organisation des programmes

Les compétences de la démarche scientifique

Repères pour l'enseignement

Mesure et incertitudes

Constitution de la matière

Transformation chimique de la matière

Mouvements et interactions

Ondes et signaux

### Programme de mathématiques

Intentions majeures

Géométrie dans le plan

Analyse

## Introduction générale

L'enseignement de spécialité physique-chimie et mathématiques vise à donner aux élèves une formation scientifique solide les préparant à des poursuites d'études dans les domaines des sciences appliquées ou de la production, notamment en instituts universitaires de technologie et en sections de techniciens supérieurs mais aussi en classes préparatoires (TB, TSI et TPC) et dans certaines filières de l'université.

Si les disciplines qui composent cet enseignement de spécialité ont chacune leurs enjeux propres, le programme qui suit donne une cohérence et une unité à l'ensemble. Les modes de pensée spécifiques à chaque champ disciplinaire s'acquièrent au travers d'un corpus limité de savoirs, savoir-faire et méthodes qui trouvent leur efficacité lors de l'étude de problèmes communs sur lesquels les différentes disciplines apportent des éclairages complémentaires.

Les professeurs de physique-chimie et de mathématiques s'attachent à travailler conjointement les notions qui se prêtent à un croisement fructueux, notamment celles qui sont signalées dans le texte du programme. Il est en effet essentiel d'organiser des passerelles pédagogiques afin que les apports de chacune de ces deux disciplines puissent enrichir la compréhension de concepts communs et l'assimilation de méthodes partagées.

C'est notamment le cas du calcul infinitésimal (dérivée et primitive) où il est essentiel de préciser les démarches à l'œuvre dans les calculs menés avec des variations  $\Delta x$  ou  $\Delta t$  très petites mais finies et leurs liens avec les résultats acquis par passage à la limite. Il importe notamment d'adopter des notations parlantes et concertées. Cela nécessite un travail pédagogique commun des deux professeurs. De même, l'approche statistique des incertitudes de mesure ou encore la modélisation du travail d'une force par le produit scalaire appellent une réelle collaboration des deux professeurs.

Les contenus et méthodes abordés dans l'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques sont suffisamment riches pour permettre aux élèves de conduire des projets variés en vue de l'épreuve orale terminale du baccalauréat.

## Programme de physique-chimie

### Objectifs de formation

Dans la continuité de la classe de seconde générale et technologique, le programme de physique-chimie de la classe de première STL vise à former aux méthodes et démarches scientifiques en mettant particulièrement en avant la **pratique expérimentale** et l'activité de **modélisation**. L'objectif est triple :

- donner une vision authentique de la physique et de la chimie ;
- permettre de poursuivre des études supérieures scientifiques et technologiques dans de nombreux domaines ;
- transmettre une culture scientifique et ainsi permettre aux élèves de faire face aux évolutions scientifiques et technologiques qu'ils rencontreront dans leurs activités professionnelles.

Le programme accorde une place importante aux **concepts** et en propose une approche concrète et **contextualisée**. Il porte l'ambition de permettre aux élèves d'accéder à une compréhension fine des phénomènes abordés et de leur faire percevoir la portée unificatrice et universelle des lois de la physique-chimie. La démarche de **modélisation** occupe une place centrale en physique-chimie pour établir un lien entre les objets, les expériences et les faits d'une part, et les modèles et les théories d'autre part. Une telle approche, dans laquelle le **raisonnement** occupe une place importante, permet de construire une image à la fois fidèle et motivante de ce qu'est un enseignement de physique et de chimie dans une

formation post-baccalauréat. L'enseignement apporte certains éléments constitutifs de cette démarche, tels que : simplifier la situation initiale ; établir des liens entre des grandeurs ; choisir un modèle adapté pour expliquer des faits ; procéder à des prévisions et les confronter aux faits ; exploiter des analogies pertinentes ; recourir à une simulation pour expérimenter sur un modèle ; réaliser des mesures et estimer leur précision ; analyser et critiquer un protocole de mesure ; choisir, concevoir et mettre en œuvre un dispositif expérimental pour tester une loi, vérifier une prévision issue d'un modèle, mesurer une grandeur.

Autre composante essentielle de la formation scientifique, la **pratique expérimentale** joue un rôle fondamental dans l'enseignement de la physique et de la chimie. Elle établit un rapport critique avec le monde réel, où les observations et les résultats des expériences sont parfois déroutants, où chaque geste demande à être analysé et maîtrisé, où les mesures permettent de déterminer des valeurs de grandeurs avec une incertitude qu'il faut pouvoir évaluer au mieux. La maîtrise de la précision dans le contexte des activités expérimentales participe à l'éducation des élèves à la construction d'une vision critique des informations données sous forme numérique, et permet de les confronter à une norme, étape indispensable à l'évaluation des risques et à la prise de décision.

La formation scientifique nécessite la maîtrise d'outils de programmation, de codage et de traitements de données. Les programmes de physique-chimie sont l'occasion d'exploiter ces outils et de développer les compétences des élèves dans ce domaine.

## Organisation des programmes

Une attention particulière est portée à la continuité avec les enseignements de la classe de seconde générale et technologique. Ainsi, le programme de première est structuré autour des quatre thèmes : « Constitution de la matière », « Transformation chimique de la matière », « Mouvements et interactions » et « Ondes et signaux ». Les aspects énergétiques seront principalement abordés en classe de terminale. Ces thèmes permettent un dialogue fructueux avec les autres disciplines scientifiques et en particulier les mathématiques. Ainsi les notions de nombre dérivé, de fonction dérivée et de produit scalaire se trouvent réinvesties dans l'enseignement de la physique-chimie. D'autre part, cet enseignement étant commun aux élèves qui suivent les spécialités de biotechnologies et de sciences physiques et chimiques en laboratoire, les concepts introduits dans les quatre thèmes du programme trouvent leurs applications dans les domaines de la biologie-biochimie et des biotechnologies.

Dans l'écriture des programmes, chaque thème comporte plusieurs parties, chacune d'elles présente une introduction spécifique indiquant les objectifs de formation. Cette introduction est complétée par un tableau en deux colonnes identifiant, d'une part, les notions et contenus à connaître et, d'autre part, les capacités exigibles dans lesquelles sont précisées les capacités expérimentales. Par ailleurs, les notions mathématiques et les capacités numériques associées aux notions et contenus sont mentionnées ; le langage de programmation conseillé est le langage Python. L'organisation du programme n'impose pas la progression pédagogique qui relève de la liberté pédagogique du professeur.

## Les compétences de la démarche scientifique

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

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

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

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

## Repères pour l'enseignement

Dans le cadre de la mise en œuvre du programme de physique-chimie de la classe de première STL, le professeur est invité à privilégier la mise en activité des élèves, à valoriser **l'approche expérimentale**, à contextualiser les apprentissages, à procéder régulièrement à des **synthèses** pour structurer les savoirs et savoir-faire pour ensuite les appliquer dans des contextes différents et à tisser des liens avec les autres enseignements notamment les

mathématiques, la biochimie-biologie et la biotechnologie. Dès que l'occasion le permet, une mise en perspective de ces savoirs avec l'**histoire des sciences** et l'**actualité scientifique** est à mettre en œuvre.

Les évaluations, variées dans leurs formes et dans leurs objectifs, valorisent les compétences différentes de chaque élève. Une identification claire des attendus favorise l'autoévaluation des élèves.

## Mesure et incertitudes

La pratique de laboratoire conduit à confronter les élèves à la conception, la mise en œuvre et l'analyse critique de protocoles de mesures. Évaluer l'incertitude d'une mesure, caractériser la fiabilité et la validité d'un protocole, sont des éléments essentiels de la formation dans la série sciences et technologies de laboratoire. Ces notions, transversales au programme de physique-chimie, sont abordées en prenant appui sur le contenu de chacun des modules des enseignements de spécialité du programme du cycle terminal.

En complément du programme de la classe de seconde générale et technologique, celui de la classe de première STL introduit l'identification des sources d'erreurs ainsi que les notions de justesse et fidélité d'une mesure. L'approche statistique et l'évaluation de l'incertitude associée (type A) sont complétées par l'introduction de la notion de répétabilité. L'évaluation de type B d'une incertitude-type est abordée dans le cas d'une mesure effectuée avec un instrument de mesure dont les caractéristiques sont données.

La différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence, si elle existe, est appréciée en l'évaluant en nombre d'incertitudes-types.

Notions et contenu	Capacités exigibles
<p>Sources d'erreurs.</p> <p>Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.</p> <p>Justesse et fidélité.</p> <p>Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures.</p> <p>Incertitude-type sur une mesure unique.</p> <p>Expression du résultat.</p> <p>Valeur de référence.</p> <p>Notion mathématique : écart-type d'une série statistique (programme de la classe de seconde).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure.</li> <li>- Exploiter des séries de mesures indépendantes (histogramme, moyenne et écart-type) pour comparer plusieurs méthodes de mesure d'une grandeur physique, en termes de justesse et de fidélité.</li> <li>- Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type.</li> <li>- Procéder à une évaluation de type B d'une incertitude-type pour une source d'erreur en exploitant une relation fournie et/ou les notices constructeurs.</li> <li>- Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée.</li> <li>- Discuter de la validité d'un résultat en comparant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence d'une part et l'incertitude-type d'autre part.</li> </ul> <p><b>Capacités numériques :</b> À l'aide d'un tableur ou d'un programme informatique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- traiter des données expérimentales ;</li> <li>- représenter les histogrammes associés à des séries de mesures.</li> </ul>

## Constitution de la matière

### • De la structure spatiale des espèces chimiques à leurs propriétés physiques

Les schémas de Lewis, déjà abordés en classe de seconde, sont exploités afin de prévoir la géométrie de molécules ou d'ions constitués d'éléments des trois premières lignes de la classification périodique, dans le cadre de la théorie VSEPR. Ce premier modèle permet d'interpréter certaines propriétés physiques des espèces chimiques, avec des allers-retours entre l'échelle macroscopique et l'échelle microscopique.

Une attention particulière est accordée aux molécules organiques afin de familiariser les élèves avec des molécules rencontrées notamment en biochimie-biologie et leurs différentes représentations.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Schéma de Lewis d'une molécule ou d'un ion. Théorie VSEPR.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpréter ou établir le schéma de Lewis de molécules ou d'ions contenant des doublets liants, doublets non-liants, doubles liaisons, triples liaisons.</li> <li>- Utiliser la théorie VSEPR pour déterminer la géométrie d'espèces de formules chimiques <math>AX_nE_m</math>, avec <math>n+m \leq 4</math>, l'atome central étant donné.</li> <li>- Écrire des formes mésomères des ions nitrate et carbonate pour interpréter leur géométrie.</li> </ul> <p><b>Capacité numérique</b> : utiliser un logiciel de représentation moléculaire pour visualiser une molécule.</p>
Électronégativité, liaison covalente polarisée. Polarité d'une molécule. Liaisons intermoléculaires. Lien entre structure et propriétés physiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Représenter les charges partielles localisées sur les atomes d'une liaison covalente en utilisant des valeurs d'électronégativité tabulées.</li> <li>- Relier la polarité éventuelle d'une molécule et sa géométrie.</li> <li>- Définir et identifier les liaisons hydrogène et de Van der Waals ; représenter les liaisons hydrogène.</li> <li>- Connaître et comparer les ordres de grandeur des énergies des liaisons intermoléculaires et covalentes.</li> <li>- Interpréter ou classer qualitativement les valeurs des températures ou des énergies de changement d'état d'espèces chimiques en comparant leurs structures.</li> </ul>
Formules chimiques de molécules organiques : chaîne carbonée, groupe caractéristique. Isomérisation. Représentation de Cram. Conformations.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Écrire les formules développées, semi-développées et topologiques de molécules organiques.</li> <li>- Repérer les groupes caractéristiques dans une formule chimique donnée.</li> <li>- Identifier des isomères de chaîne, de position ou de fonction.</li> <li>- Dessiner la représentation de Cram de différents conformères non cycliques.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales/numériques</b> : construire, à partir de modèles moléculaires ou à l'aide d'un logiciel de représentation, différentes conformations d'une même molécule.</p>
Fonction chimique. Nomenclature de molécules organiques. Acide $\alpha$ -aminé, acide gras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Associer les fonctions alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique et amine à un groupe caractéristique.</li> <li>- Associer le nom d'une molécule organique non cyclique à sa formule semi-développée.</li> <li>- Identifier et représenter un acide <math>\alpha</math>-aminé et un acide gras.</li> </ul>

<p>Atome de carbone asymétrique. Énantiomérie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier un atome de carbone asymétrique.</li> <li>- Définir une relation d'énantiomérisation.</li> <li>- Dessiner la représentation de Cram de deux énantiomères.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales/numériques</b> : reconnaître deux énantiomères dans le cas d'un seul atome de carbone asymétrique, à partir de modèles moléculaires ou à l'aide d'un logiciel de représentation.</p>
--	--

• **Solvants et solutés**

Cette partie aborde la notion de concentration, exprimée en mol.L<sup>-1</sup> ; les notions de concentration (en g.L<sup>-1</sup>), de solvant et de soluté ayant été vues en seconde. L'accent est mis sur les gestes expérimentaux. Les phénomènes qui influent sur la dissolution d'une espèce chimique dans un solvant sont décrits, en réinvestissant les notions de liaisons intermoléculaires, tout en conservant une approche expérimentale.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Isotopes. Masse molaire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer la composition du noyau des isotopes d'un élément chimique à partir du nombre de masse A et du numéro atomique Z.</li> <li>- Déterminer la valeur de la masse molaire d'un élément chimique à partir de sa composition isotopique.</li> <li>- Déterminer la valeur de la masse molaire d'une espèce chimique à partir de sa formule brute.</li> </ul>
<p>Masse volumique, densité, pureté. Quantité de matière. Concentration. Dilution.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer la masse d'un échantillon liquide ou solide à partir de sa densité ou de sa masse volumique.</li> <li>- Déterminer une quantité de matière à partir du volume ou de la masse d'un solide ou d'un liquide en tenant compte de sa pureté.</li> <li>- Connaître et exploiter l'expression de la concentration en mol.L<sup>-1</sup> d'une espèce moléculaire ou ionique dissoute.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : réaliser une gamme étalon par dilution.</p>
<p>Solvants usuels. Dissolution d'une espèce moléculaire ou ionique ; bilan de matière.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer et identifier des solvants polaires et apolaires usuels.</li> <li>- Décrire la dissolution d'une espèce ionique ou moléculaire en faisant intervenir les liaisons intermoléculaires entre soluté et solvant.</li> <li>- Modéliser par une équation de réaction la dissolution d'une espèce solide moléculaire ou ionique.</li> <li>- Effectuer un bilan de matière lors de la dissolution totale d'une espèce solide ionique.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : préparer une solution aqueuse de concentration donnée par dissolution ou dilution.</p>

<p>Solubilité. Solution saturée. Influence du pH et de la température.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir la solubilité molaire et massique d'une espèce chimique.</li> <li>- Exploiter des données sur la solubilité pour établir qu'une solution est saturée ou non.</li> <li>- Relier la solubilité d'une espèce chimique dans l'eau ou dans un solvant organique à sa structure en utilisant les termes : hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe, amphiphile.</li> <li>- Comparer les solubilités d'une espèce chimique dans l'eau ou dans un solvant organique en analysant les structures du soluté et des solvants.</li> <li>- Interpréter qualitativement l'influence du pH sur la solubilité d'une espèce chimique dans l'eau.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : mettre en œuvre un protocole pour étudier l'influence du pH et de la température sur la solubilité d'une espèce chimique.</p>
--	--

## Transformation chimique de la matière

### • Réactions acido-basiques en solution aqueuse

Le caractère acide ou basique des solutions aqueuses par mesure du pH est connu depuis le collège. Le concept de couple acide/base est présenté en utilisant le modèle de Brønsted du transfert de proton. La notion de transformation chimique non totale, appliquée aux réactions acido-basiques, est abordée à partir de la mesure de pH. Le  $pK_a$  d'un couple acide/base est introduit expérimentalement et sa valeur ainsi déterminée permet de définir les domaines de prédominance. Les milieux tampons, omniprésents en biologie, sont présentés à travers les propriétés des solutions tampons.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Acides et bases. Couple acide/base. Solutions acides et basiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir un acide comme un donneur de proton et une base comme un accepteur de proton, en utilisant le schéma de Lewis de l'espèce considérée.</li> <li>- Identifier l'acide et la base dans un couple donné.</li> <li>- Prévoir le sens d'évolution du pH d'une solution aqueuse par dilution.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : étalonner un pH-mètre et mesurer un pH.</p>
<p>Acides et bases usuels.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaître et écrire les formules chimiques de quelques espèces usuelles tels que les acides forts (chlorhydrique, nitrique, sulfurique), les acides faibles (phosphorique, éthanoïque, dioxyde de carbone en solution aqueuse, ion ammonium), les bases fortes (soude ou hydroxyde de sodium, potasse ou hydroxyde de potassium) et les bases faibles (ammoniac, ion carbonate, ion phosphate).</li> </ul>

<p>pH en solution aqueuse. Acides forts, bases fortes. Acides faibles, bases faibles.</p> <p>Autoprotolyse de l'eau ; constante d'autoprotolyse de l'eau. pK<sub>a</sub> d'un couple acide-base ; domaines de prédominance. Solutions tampons.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaître la relation <math>\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])</math> et l'utiliser pour estimer la valeur du pH ou de la concentration en ions <math>\text{H}_3\text{O}^+</math>.</li> <li>- Écrire l'équation de la réaction totale d'un acide fort ou une base forte avec l'eau en utilisant le symbolisme de la simple flèche.</li> <li>- Écrire l'équation de la réaction non totale d'un acide faible ou une base faible avec l'eau en utilisant le symbolisme de la double flèche.</li> <li>- Recenser les espèces spectatrices.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : mesurer le pH d'une solution aqueuse d'un acide ou d'une base pour en apprécier le caractère fort ou faible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Écrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau.</li> <li>- Connaître la relation <math>K_e = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{HO}^-]</math> et la valeur de <math>K_e</math> à 25 °C pour en déduire le pH de l'eau pure.</li> <li>- Définir le pK<sub>a</sub> d'un couple acide/base comme étant le pH d'une solution équimolaire d'acide faible et de base faible conjugués.</li> <li>- Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide/base en fonction du pH du milieu et du pK<sub>a</sub> du couple, notamment dans le cas des acides α-aminés.</li> <li>- Citer les propriétés d'une solution tampon.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : préparer une solution tampon par mélange de solutions d'un acide et de sa base conjuguée.</p>
--	--

• **Cinétique d'une réaction chimique**

Certaines transformations chimiques sont tellement rapides qu'elles paraissent instantanées, d'autres sont suffisamment lentes pour permettre la mesure de la vitesse de transformation d'un réactif ou de formation d'un produit. L'objectif de cette partie est de caractériser ces vitesses de transformation ou de formation. Le temps de demi-réaction permet d'estimer la durée d'une transformation chimique modélisée par une réaction unique. L'effet d'un catalyseur est observé expérimentalement, notamment dans le domaine biologique.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Vitesse d'apparition d'un produit, vitesse de disparition d'un réactif. Temps de demi-réaction. Notion mathématique : nombre dérivé.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir les vitesses de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : suivre l'évolution temporelle de la concentration d'un réactif ou d'un produit pour déterminer la valeur de la vitesse d'apparition d'un produit ou de disparition d'un réactif en estimant la valeur du nombre dérivé en un point de la courbe d'évolution.</p> <p><b>Capacité numérique</b> : utiliser un tableur pour déterminer la valeur approchée d'un nombre dérivé à partir de données expérimentales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimer un temps de demi-réaction en exploitant une courbe ou un tableau de valeurs (temps, concentration).</li> </ul>
<p>Facteurs cinétiques. Catalyse homogène, hétérogène et enzymatique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exploiter des données expérimentales pour mettre en évidence l'influence de la température ou des concentrations des réactifs sur la vitesse de disparition ou d'apparition.</li> <li>- Définir un catalyseur et l'identifier dans une transformation chimique.</li> <li>- Qualifier la nature de la catalyse.</li> </ul>

## Mouvements et interactions

Cette partie s'inscrit dans la continuité du programme de seconde avec l'ambition de conforter la démarche de modélisation à laquelle se prête bien la mécanique en se limitant au modèle du point matériel. Tout en renforçant les acquis de seconde concernant la relation entre position et vitesse, le programme introduit la notion d'accélération en se limitant à des mouvements rectilignes. On attend des élèves qu'ils soient en mesure d'estimer la vitesse d'un objet à partir d'un relevé de positions ou d'estimer l'accélération à partir d'un relevé de vitesses. On attend également qu'ils déterminent la position d'un objet à partir de sa vitesse en travaillant par intervalles de temps suffisamment petits. C'est l'occasion de construire des liens avec les mathématiques autour de la notion de nombre dérivé.

La deuxième partie qui porte sur les interactions a pour objectifs d'exploiter le principe d'inertie et d'utiliser la seconde loi de Newton en associant une variation de vitesse (en valeur et/ou en direction) à une force résultante non nulle. Il est précisé aux élèves que les lois de Newton ne sont valables que dans un référentiel galiléen mais l'identification d'un référentiel galiléen n'est pas exigible. On s'intéresse ensuite aux objets en mouvement de chute verticale avec ou sans force de frottement fluide. L'objectif est triple : à partir d'observations expérimentales, identifier les effets des forces de frottement sur une chute, confronter les résultats au modèle de la chute libre, estimer des ordres de grandeurs avant de chercher à modéliser une situation.

Enfin, l'approche énergétique ne concerne que les mouvements rectilignes avec ou sans forces de frottement fluides. L'objectif est d'estimer des puissances moyennes à fournir pour accélérer un objet, ou le maintenir à vitesse constante alors qu'il existe des forces de frottement fluides. Cette partie prépare l'introduction de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique en terminale.

Si la rédaction est centrée sur les notions et méthodes de la mécanique, il ne s'agit cependant pas d'en proposer une présentation décontextualisée. Les supports de travail sont nombreux et appartiennent à des domaines aussi variés que les transports, l'aéronautique, l'exploration spatiale, la biophysique, le sport, la géophysique, la planétologie, l'astrophysique ou encore l'histoire des sciences.

### Mouvements

Notions et contenus	Capacités exigibles
Notion de référentiel. Vitesse moyenne. Coordonnées du vecteur vitesse : $v_x = \frac{dx}{dt}$ et $v_y = \frac{dy}{dt}$ . Accélération. Loi horaire, trajectoire. Notions mathématiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>- coordonnées cartésiennes d'un vecteur ;</li> <li>- nombre dérivé ;</li> <li>- fonction dérivée ;</li> <li>- calcul approché d'une primitive par la méthode d'Euler.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir un référentiel d'étude.</li> <li>- Estimer des ordres de grandeurs de valeurs de vitesses et d'accélération dans des situations de la vie courante.</li> <li>- Faire le lien entre la vitesse moyenne obtenue à partir des mesures de positions et la vitesse associée au nombre dérivé.</li> <li>- Citer et exploiter la relation entre les coordonnées de la position et celles du vecteur vitesse.</li> <li>- Exploiter la relation entre vitesse et accélération dans le cas d'un mouvement rectiligne à accélération constante.</li> <li>- Exploiter une loi de vitesse donnée en fonction du temps pour construire une approximation des positions par incréments de temps. Expliquer l'influence de la valeur des incréments de temps.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : mesurer la vitesse d'un objet.</p>

	<p><b>Capacités numériques</b> : dans le cas d'un mouvement plan, utiliser un tableur, un logiciel ou un programme informatique pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- représenter graphiquement l'évolution temporelle des coordonnées de position et la trajectoire à partir d'un tableau de valeurs de positions ;</li> <li>- calculer les coordonnées du vecteur vitesse à partir d'un tableau de valeurs de positions ;</li> <li>- calculer les positions successives à partir d'un tableau de valeurs de vitesses.</li> </ul>
<b>Interactions</b>	
Notions et contenus	Capacités exigibles
<p>Notion de référentiel galiléen. Actions mécaniques sur un objet en mouvement. Lois de Newton. Notions mathématiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- addition de vecteurs ;</li> <li>- projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier et caractériser des actions mécaniques sur un objet.</li> <li>- Modéliser une action mécanique par une force.</li> <li>- Établir un bilan de forces.</li> <li>- Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un système à l'équilibre ou en mouvement rectiligne uniforme.</li> <li>- Dans le cas d'un mouvement plan, utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système : <ul style="list-style-type: none"> <li>o pour en déduire une estimation de la variation de vitesse sur un intervalle de temps, les forces appliquées au système étant connues ;</li> <li>o pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu.</li> </ul> </li> <li>- Citer et exploiter la seconde loi de Newton dans le cas d'un mouvement rectiligne.</li> </ul>
<p>Exemples de forces s'exerçant sur un objet :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- poids ;</li> <li>- force d'interaction gravitationnelle ;</li> <li>- poussée d'Archimède ;</li> <li>- force de frottement fluide ;</li> <li>- force exercée par un support.</li> </ul> <p>Notion mathématique : primitives des polynômes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer et exploiter l'expression du poids et de la force d'interaction gravitationnelle.</li> <li>- Exploiter l'expression de la poussée d'Archimède et de forces de frottement.</li> <li>- Estimer l'ordre de grandeur des forces en présence et les comparer.</li> <li>- Caractériser un mouvement de chute libre verticale.</li> <li>- Établir la loi d'évolution de la vitesse et de la position en fonction du temps dans le cas du modèle de la chute libre verticale.</li> <li>- Exploiter des résultats expérimentaux pour expliquer l'effet d'un frottement et de la poussée d'Archimède sur une chute verticale en les confrontant au modèle de la chute libre.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre un protocole pour confronter des résultats expérimentaux au modèle de la chute libre.</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole pour mesurer une force de frottement fluide et en déduire la viscosité du fluide.</li> </ul>

<b>Aspects énergétiques</b>	
<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b>
Énergie cinétique. Transfert d'énergie par travail mécanique. Puissance moyenne. Notions mathématiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>- produit scalaire ;</li> <li>- projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer et exploiter les relations définissant l'énergie cinétique et le travail d'une force constante lors d'un mouvement rectiligne.</li> <li>- Associer une variation d'énergie cinétique au travail des forces.</li> <li>- Citer et exploiter la relation entre travail et puissance moyenne.</li> <li>- Estimer une puissance moyenne nécessaire pour :               <ul style="list-style-type: none"> <li>o modifier la valeur d'une vitesse sur une durée donnée ;</li> <li>o maintenir une vitesse constante en présence de frottements.</li> </ul> </li> </ul>

## Ondes et signaux

### • Ondes mécaniques

Cette partie permet de consolider les notions abordées dans le programme de seconde et au collège concernant l'acoustique. La notion d'onde progressive est abordée, elle sera approfondie en terminale.  
 L'approche expérimentale est privilégiée avec l'utilisation de capteurs, de microcontrôleurs, de logiciels d'analyse ou de simulation d'un signal sonore.

<b>Notions ou contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b>
Ondes mécaniques : ondes progressives à une dimension.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer des exemples d'ondes mécaniques progressives.</li> <li>- Distinguer une onde longitudinale d'une onde transversale.</li> <li>- Représenter graphiquement, à différents instants, l'état d'un système parcouru par une onde.</li> <li>- Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.</li> </ul>
Ondes sonores et ultrasonores ; propagation. Notions mathématiques : fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncer qu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde sonore.</li> <li>- Associer une onde sonore ou ultrasonore à la propagation d'une vibration du milieu et d'une pression acoustique.</li> <li>- Définir les grandeurs physiques associées à une onde mécanique sinusoïdale : célérité, amplitude, période, fréquence, longueur d'onde.</li> <li>- Citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et période ou fréquence.</li> <li>- Citer l'ordre de grandeur de la célérité du son dans un gaz, un liquide et un solide.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mesurer la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde sonore ou ultrasonore.</li> <li>- Déterminer expérimentalement des distances à partir de la mesure d'un temps de vol d'une onde sonore ou ultrasonore.</li> </ul>
Niveau d'intensité sonore ; audition.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer deux grandeurs influençant la perception sensorielle : le niveau sonore et la fréquence d'un son.</li> </ul>

Risque auditif.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Citer le domaine des fréquences audibles.</li> <li>- Exploiter une courbe audiométrique de l'oreille humaine.</li> <li>- Identifier des situations d'exposition au risque auditif.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : mesurer un niveau d'intensité sonore en décibel (dB).</p>
-----------------	---

• **Ondes électromagnétiques**

Cette partie introduit la notion d'onde électromagnétique, à partir des ondes lumineuses. Les différents types d'ondes électromagnétiques et leurs utilisations sont balayés. L'exploitation de spectres de différentes sources lumineuses permet d'illustrer les principales techniques de production de la lumière.

Le modèle corpusculaire de la lumière est également introduit afin d'aborder l'interaction lumière – matière et l'interprétation des spectres de raies. Les propriétés du laser sont mises en évidence expérimentalement.

<b>Notions et contenus</b>	<b>Capacités exigibles</b>
Ondes électromagnétiques. Modèle ondulatoire de la lumière.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Énoncer qu'une onde électromagnétique peut se propager dans le vide.</li> <li>- Citer la valeur de la célérité de la lumière dans le vide ou l'air.</li> <li>- Définir les grandeurs physiques associées à une onde électromagnétique sinusoïdale : amplitude, période, fréquence, longueur d'onde, célérité.</li> <li>- Citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.</li> </ul>
Spectre des ondes électromagnétiques ; rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, micro-ondes, ondes radio. Sources lumineuses. Spectres d'émission et spectres d'absorption.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classer les ondes électromagnétiques selon leur fréquence et leur longueur d'onde dans le vide.</li> <li>- Citer les ordres de grandeur des longueurs d'onde limites du spectre visible.</li> <li>- Citer des domaines d'utilisation des différents types d'ondes électromagnétiques.</li> <li>- Caractériser différentes sources lumineuses à l'aide de leur spectre : laser, LED, lampe à incandescence, lampe spectrale etc.</li> <li>- Distinguer spectres d'émission et spectres d'absorption, spectres continus et spectres de raies.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mettre en œuvre un protocole pour observer le spectre de différentes sources lumineuses.</li> <li>- Mettre en œuvre un protocole pour observer un spectre d'absorption d'une solution.</li> </ul>
Photon, énergie d'un photon.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière.</li> <li>- Citer et exploiter la relation entre l'énergie d'un photon et la fréquence de l'onde.</li> <li>- Classer les ondes électromagnétiques selon l'énergie du photon.</li> <li>- Interpréter et exploiter la présence de raies dans un spectre à l'aide de données tabulées.</li> </ul>

## Programme de mathématiques

### Intentions majeures

En étroite articulation avec le programme de mathématiques du tronc commun, qu'il permet à la fois de compléter et d'approfondir, le programme de mathématiques de l'enseignement de spécialité physique-chimie et mathématiques est organisé autour de deux thèmes : géométrie dans le plan et analyse. Il vise deux objectifs :

- permettre l'acquisition de connaissances et le développement de compétences mathématiques immédiatement utiles pour la physique, la chimie et les biotechnologies (produit scalaire, fonctions trigonométriques, dérivées, techniques et automatismes de calcul) ;
- développer des capacités d'abstraction, de raisonnement et d'analyse critique dont le rôle est essentiel dans la réussite d'études supérieures.

Les activités menées en lien avec la physique-chimie donnent l'occasion de développer plus particulièrement les compétences « modéliser » et « représenter ».

### Géométrie dans le plan

#### • Trigonométrie

##### Contenus

- Cercle trigonométrique, radian.
- Mesures d'un angle orienté, mesure principale.
- Fonctions circulaires sinus et cosinus : périodicité, variations, parité. Valeurs remarquables en  $0, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \pi$ .
- Fonctions  $t \mapsto A \cos(\omega t + \varphi)$  et  $t \mapsto A \sin(\omega t + \varphi)$  : amplitude, périodicité, phase à l'origine, courbes représentatives.

##### Capacités attendues

- Effectuer des conversions de degré en radian, de radian en degré.
- Résoudre, par lecture sur le cercle trigonométrique, des équations du type  $\cos(x) = a$  et  $\sin(x) = a$ .
- Connaître et utiliser les relations entre sinus et cosinus des angles associés :  $x$  ;  $-x$  ;  $\pi - x$  ;  $\pi + x$  ;  $\frac{\pi}{2} - x$  ;  $\frac{\pi}{2} + x$ .
- Utiliser ces relations pour justifier les propriétés de symétrie des courbes des fonctions circulaires.

##### Commentaires

- On vise une bonne familiarisation des élèves avec les fonctions trigonométriques, en appui sur le cercle trigonométrique.
- Les élèves sont entraînés à mémoriser certains résultats sous forme d'images mentales basées sur le cercle trigonométrique.
- En lien avec la physique, on utilise le vocabulaire « phase instantanée » pour désigner l'expression  $(\omega t + \varphi)$  et « phase à l'origine » pour le paramètre  $\varphi$ .

##### Liens avec l'enseignement de physique-chimie

Grandeurs physiques associées à une onde mécanique sinusoïdale : amplitude, période, fréquence.

- **Produit scalaire**

**Contenus**

- Définition géométrique : si  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$  sont non nuls, alors  $\vec{u} \cdot \vec{v} = \|\vec{u}\| \times \|\vec{v}\| \times \cos(\theta)$  où  $\theta$  est une mesure de l'angle entre  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$  ; si  $\vec{u}$  ou  $\vec{v}$  est nul, alors  $\vec{u} \cdot \vec{v} = 0$ .
- Projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.
- Interprétation du produit scalaire en termes de projections orthogonales (du vecteur  $\vec{u}$  sur l'axe dirigé par  $\vec{v}$  ou du vecteur  $\vec{v}$  sur l'axe dirigé par  $\vec{u}$ ).
- Propriétés du produit scalaire : bilinéarité, symétrie.
- Expressions, dans une base orthonormée, du produit scalaire de deux vecteurs, de la norme d'un vecteur.
- Caractérisation de l'orthogonalité.
- Théorème d'Al-Kashi, égalité du parallélogramme.

**Capacités attendues**

- Calculer la projection d'un vecteur sur un axe.
- Interpréter  $\|\vec{u}\| \cos(\theta)$  en termes de projection.
- Utiliser un produit scalaire pour démontrer l'orthogonalité de deux vecteurs, pour calculer un angle non orienté.
- Utiliser un produit scalaire pour calculer des longueurs.

**Commentaires**

- Les situations de géométrie repérée sont uniquement traitées dans un repère orthonormé.
- Le théorème d'Al-Kashi est présenté comme une généralisation du théorème de Pythagore.

**Liens avec l'enseignement de physique-chimie**

L'étude du travail d'une force lors d'un mouvement rectiligne permet de réinvestir la notion de produit scalaire et de projection d'un vecteur sur un axe. On démontre que le travail d'une force perpendiculaire à la trajectoire est nul ou encore que le travail de la force résultante est la somme des travaux des forces en présence (illustration de la propriété de bilinéarité du produit scalaire).

## Analyse

### • Dérivées

#### Contenus

##### *Point de vue local*

- Notations :  $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)_{x_0}$ ,  $\frac{dy}{dx}(x_0)$ ,  $\frac{df}{dx}(x_0)$ ,  $f'(x_0)$ .
- Approximation affine d'une fonction au voisinage d'un point.

##### *Point de vue global*

Calcul des dérivées :

- d'une somme, d'un produit, de l'inverse, d'un quotient ;
- de  $x \mapsto x^n$  pour  $n$  entier naturel non nul ;  $x \mapsto \frac{1}{x}$  ;
- d'un polynôme ;
- des fonctions cosinus et sinus ;
- de  $x \mapsto f(ax + b)$ ,  $t \mapsto A \cos(\omega t + \varphi)$  et  $t \mapsto A \sin(\omega t + \varphi)$ .

#### Capacités attendues

- Utiliser les différentes notations du taux de variation et du nombre dérivé en un point.
- Effectuer des calculs approchés à l'aide de l'approximation affine en un point.
- Calculer une fonction dérivée.
- Étudier le sens de variation d'une fonction.

#### Commentaires

- Pour la fonction  $x \mapsto x^n$ , on généralise les résultats étudiés pour  $n = 2$  et  $n = 3$  dans le cadre de l'enseignement commun.
- On fait remarquer la forme unifiée de l'expression de la dérivée de  $x \mapsto x^n$  pour  $n \geq -1$  comme moyen mnémotechnique.
- Pour la dérivée d'un produit, on présente le principe de la démonstration à partir du taux de variation.
- Le résultat pour le quotient est admis à ce stade. Il pourra être démontré en terminale à partir de la composition.

#### Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Si la relation  $y = f(x)$  traduit une dépendance entre deux grandeurs, les notations  $\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right)_{x_0}$ ,  $\frac{dy}{dx}(x_0)$  ou  $\frac{df}{dx}(x_0)$  favorisent l'interprétation du nombre dérivé comme taux de variation infinitésimal.
- L'approximation affine de  $f$  au voisinage de  $x_0$  permet de calculer, au premier ordre, l'accroissement de la grandeur  $y = f(x)$  en fonction de celui de la grandeur  $x$  :  $\Delta y = f'(x_0) \Delta x$ .
- Cas particulier où la variable est le temps : lien entre nombre dérivé et vitesse, coordonnées du vecteur vitesse, accélération ; vitesse d'apparition d'un produit, de disparition d'un réactif.

- **Primitives**

**Contenus**

- Définition d'une primitive.
- Deux primitives d'une même fonction sur un intervalle différent d'une constante.
- Primitives d'un polynôme.
- Primitives des fonctions  $t \mapsto A \cos(\omega t + \varphi)$  et  $t \mapsto A \sin(\omega t + \varphi)$ .
- Exemples de calcul approché d'une primitive par la méthode d'Euler.

**Capacités attendues**

- Calculer des primitives.
- Construire point par point, par la méthode d'Euler, une approximation de la courbe représentative de la solution d'un problème de Cauchy du type :  $y' = f(t)$  et  $y(t_0) = y_0$ .

**Commentaires**

- Le théorème affirmant que deux primitives d'une même fonction sur un intervalle différent d'une constante est admis mais commenté : on peut justifier par un argument cinématique qu'une fonction de dérivée identiquement nulle est constante ou encore, par un argument géométrique, que deux fonctions ayant en tout point le même nombre dérivé ont des « courbes parallèles », l'une étant obtenue à partir de l'autre par une translation verticale.
- Pour la méthode d'Euler, on prend une fonction dont l'expression explicite d'une primitive n'est pas connue à ce stade (par exemple  $t \mapsto \frac{1}{t}$  ou  $t \mapsto \frac{1}{1+t^2}$ ).

**Liens avec l'enseignement de physique-chimie**

- Exploiter une loi de vitesse donnée en fonction du temps pour construire une approximation des positions par incréments de temps. Expliquer l'influence de la valeur des incréments de temps.
- Calculer la loi horaire à partir de la vitesse ou de l'accélération dans le cas d'un mouvement à accélération constante.
- Établir la loi d'évolution de la vitesse et de la position en fonction du temps dans le cas du modèle de la chute libre verticale.

**Situation algorithmique**

Construire différents points d'une approximation de courbe intégrale par la méthode d'Euler.