

Annexe

Programme de physique-chimie de seconde générale et technologique

Préambule

Objectifs de formation

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

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

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

Organisation du programme

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

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

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

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

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

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; - utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

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

Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

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

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

Mesure et incertitudes

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

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

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

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

Contenus disciplinaires

Constitution et transformations de la matière

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

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

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

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

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

Notions étudiées au collège (cycle 4)

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

Échelle microscopique : molécules, atomes et ions, constituants de l'atome (noyau et électrons) et du noyau (neutrons et protons), formule chimique d'une molécule, formules O_2 , H_2 , N_2 , H_2O , CO_2 .

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

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

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

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

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

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

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

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

Notions abordées au collège (cycle 4)

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

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

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

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

Mouvement et interactions

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

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

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

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

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

Notions abordées au collège (cycle 4)

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

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

Vecteur déplacement d'un point. Vecteur vitesse moyenne d'un point. Vecteur vitesse d'un point. Mouvement rectiligne.	Définir le vecteur vitesse moyenne d'un point. Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$, où M et M' sont les positions successives à des instants voisins séparés de Δt ; le représenter. Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme. <i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesse ; décrire la variation du vecteur vitesse.</i> Capacité numérique : représenter des vecteurs vitesse d'un système modélisé par un point lors d'un mouvement à l'aide d'un langage de programmation. Capacités mathématiques : représenter des vecteurs. Utiliser des grandeurs algébriques.
2. Modéliser une action sur un système	
Modélisation d'une action par une force. Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton). Caractéristiques d'une force. Exemples de forces : - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.	Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens. Exploiter le principe des actions réciproques. Distinguer actions à distance et actions de contact. Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues <i>a priori</i>. Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle. Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète. Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.
3. Principe d'inertie	
Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.	Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).

Ondes et signaux

1. Émission et perception d'un son

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

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

Notions abordées au collège (cycle 4)

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

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

2. Vision et image

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

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

Notions abordées au collège (cycle 4)

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

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

3. Signaux et capteurs

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

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

Notions abordées au collège (cycle 4)

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

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

Annexe

Programme de physique-chimie de première générale

Préambule

Objectifs de formation

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

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

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

Organisation du programme

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

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

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

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

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

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

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

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonnement	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.) - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.

Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; - utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.
--------------------	---

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

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

Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

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

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

Mesure et incertitudes

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

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

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

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

Contenus disciplinaires

Constitution et transformations de la matière

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Notions abordées en seconde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Notions abordées en seconde

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

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

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

Mouvement et interactions

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

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

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

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

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

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

Notions abordées en seconde

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

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

Force de gravitation et champ de gravitation. Force électrostatique et champ électrostatique.	Utiliser les expressions vectorielles : - de la force de gravitation et du champ de gravitation ; - de la force électrostatique et du champ électrostatique. Caractériser localement une ligne de champ électrostatique ou de champ de gravitation. <i>Illustrer l'interaction électrostatique. Cartographier un champ électrostatique.</i>
2. Description d'un fluide au repos	
Échelles de description. Grandeurs macroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression, température. Modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte. Actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes. Loi fondamentale de la statique des fluides.	Expliquer qualitativement le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique des entités qui le constituent. Utiliser la loi de Mariotte. <i>Tester la loi de Mariotte, par exemple en utilisant un dispositif comportant un microcontrôleur.</i> Exploiter la relation $F = P.S$ pour déterminer la force pressante exercée par un fluide sur une surface plane S soumise à la pression P . Dans le cas d'un fluide incompressible au repos, utiliser la relation fournie exprimant la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_2 - P_1 = \rho g(z_1 - z_2)$. <i>Tester la loi fondamentale de la statique des fluides.</i>
3. Mouvement d'un système	
Vecteur variation de vitesse. Lien entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci. Rôle de la masse.	Utiliser la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci : - pour en déduire une estimation de la variation de vitesse entre deux instants voisins, les forces appliquées au système étant connues ; - pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu. <i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système modélisé par un point matériel en mouvement pour construire les vecteurs variation de vitesse. Tester la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées au système.</i> Capacité numérique : Utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci. Capacité mathématique : Sommer et soustraire des vecteurs.

L'énergie : conversions et transferts

1. Aspects énergétiques des phénomènes électriques

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

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

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

Notions abordées au collège (cycle 4) et en seconde

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

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

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

2. Aspects énergétiques des phénomènes mécaniques

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

Notions abordées au collège (cycle 4)

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

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

Ondes et signaux

1. Ondes mécaniques

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

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

Notions abordées en seconde

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

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

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

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

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

Notions abordées en seconde

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

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

B) Modèles ondulatoire et particulaire de la lumière

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

Capacités expérimentales

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

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

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

Constitution et transformations de la matière

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

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

Mouvement et interactions

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

L'énergie : conversions et transferts

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

Ondes et signaux

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

Annexe

Programme de physique-chimie de terminale générale

Préambule

Objectifs de formation

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

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

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

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

Organisation du programme

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

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

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

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

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

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

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

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.

Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; - utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

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

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

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

Repères pour l'enseignement

Le professeur est invité à :

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

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

Mesure et incertitudes

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

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

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

Contenus disciplinaires

Constitution et transformations de la matière

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

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

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

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

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

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

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
A) Modéliser des transformations acide-base par des transferts d'ion hydrogène H^+	
Transformation modélisée par des transferts d'ion hydrogène H^+ : acide et base de Brønsted, couple acide-base, réaction acide-base.	Identifier, à partir d'observations ou de données expérimentales, un transfert d'ion hydrogène, les couples acide-base mis en jeu et établir l'équation d'une réaction acide-base.
Couples acide-base de l'eau, de l'acide carbonique, d'acides carboxyliques, d'amines.	Représenter le schéma de Lewis et la formule semi-développée d'un acide carboxylique, d'un ion carboxylate, d'une amine et d'un ion ammonium.
Espèce amphotère.	Identifier le caractère amphotère d'une espèce chimique.
B) Analyser un système chimique par des méthodes physiques	
pH et relation $pH = -\log([H_3O^+]/c^\circ)$ avec $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, concentration standard.	Déterminer, à partir de la valeur de la concentration en ion oxonium H_3O^+ , la valeur du pH de la solution et inversement. <i>Mesurer le pH de solutions d'acide chlorhydrique (H_3O^+, Cl^-) obtenues par dilutions successives d'un facteur 10 pour tester la relation entre le pH et la concentration en ion oxonium H_3O^+ apporté.</i> Capacité mathématique : Utiliser la fonction logarithme décimal et sa réciproque.

Absorbance ; loi de Beer-Lambert Conductance, conductivité ; loi de Kohlrausch Spectroscopie infrarouge et UV-visible. Identification de groupes caractéristiques et d'espèces chimiques.	Exploiter la loi de Beer-Lambert, la loi de Kohlrausch ou l'équation d'état du gaz parfait pour déterminer une concentration ou une quantité de matière. Citer les domaines de validité de ces relations. <i>Mesurer une conductance et tracer une courbe d'étalonnage pour déterminer une concentration.</i> Exploiter, à partir de données tabulées, un spectre d'absorption infrarouge ou UV-visible pour identifier un groupe caractéristique ou une espèce chimique.
C) Analyser un système par des méthodes chimiques	
Titre massique et densité d'une solution. Titrage avec suivi pH-métrique. Titrage avec suivi conductimétrique.	<i>Réaliser une solution de concentration donnée en soluté apporté à partir d'une solution de titre massique et de densité fournis.</i> Établir la composition du système après ajout d'un volume de solution titrante, la transformation étant considérée comme totale. Exploiter un titrage pour déterminer une quantité de matière, une concentration ou une masse. Dans le cas d'un titrage avec suivi conductimétrique, justifier qualitativement l'évolution de la pente de la courbe à l'aide de données sur les conductivités ioniques molaires. <i>Mettre en œuvre le suivi pH-métrique d'un titrage ayant pour support une réaction acide-base.</i> <i>Mettre en œuvre le suivi conductimétrique d'un titrage.</i> Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, l'évolution des quantités de matière des espèces en fonction du volume de solution titrante versé.
2. Modéliser l'évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation	
A) Suivre et modéliser l'évolution temporelle d'un système siège d'une transformation chimique	
Cette partie prolonge l'étude de la modélisation macroscopique des transformations chimiques en abordant leurs caractéristiques cinétiques : vitesse volumique de disparition d'un réactif, vitesse volumique d'apparition d'un produit et temps de demi-réaction. La vitesse volumique, dérivée temporelle de la concentration de l'espèce, est privilégiée car elle est indépendante de la taille du système. L'approche expérimentale permet d'éclairer le choix d'un outil de suivi de la transformation, de mettre en évidence les facteurs cinétiques et le rôle d'un catalyseur, de déterminer un temps de demi-réaction et de tester l'existence d'une loi de vitesse. La « vitesse de réaction », dérivée temporelle de l'avancement de réaction, n'est pas au programme. Les mécanismes réactionnels sont présentés comme des modèles microscopiques élaborés pour rendre compte des caractéristiques cinétiques par l'écriture d'une succession d'actes élémentaires. Les exemples de mécanismes réactionnels sont empruntés à tous les domaines de la chimie. Les domaines d'application sont variés : santé, alimentation, environnement, synthèses au laboratoire ou dans l'industrie, etc.	

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

B) Comparer la force des acides et des bases	
Constante d'acidité K_A d'un couple acide-base, produit ionique de l'eau K_e .	Associer K_A et K_e aux équations de réactions correspondantes. <i>Estimer la valeur de la constante d'acidité d'un couple acide-base à l'aide d'une mesure de pH.</i>
Réaction d'un acide ou d'une base avec l'eau, cas limite des acides forts et des bases fortes dans l'eau.	Associer le caractère fort d'un acide (d'une base) à la transformation quasi-totale de cet acide (cette base) avec l'eau. Prévoir la composition finale d'une solution aqueuse de concentration donnée en acide fort ou faible apporté. Comparer la force de différents acides ou de différentes bases dans l'eau. <i>Mesurer le pH de solutions d'acide ou de base de concentration donnée pour en déduire le caractère fort ou faible de l'acide ou de la base.</i>
Solutions courantes d'acides et de bases.	Capacité numérique : Déterminer, à l'aide d'un langage de programmation, le taux d'avancement final d'une transformation, modélisée par la réaction d'un acide sur l'eau. Capacité mathématique : Résoudre une équation du second degré. Citer des solutions aqueuses d'acides et de bases courantes et les formules des espèces dissoutes associées : acide chlorhydrique ($H_3O^+(aq)$, $Cl^-(aq)$), acide nitrique ($H_3O^+(aq)$, $NO_3^-(aq)$), acide éthanoïque ($CH_3COOH(aq)$), soude ou hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$), ammoniac ($NH_3(aq)$).
Diagrammes de prédominance et de distribution d'un couple acide-base ; espèce prédominante, cas des indicateurs colorés et des acides alpha-aminés.	Représenter le diagramme de prédominance d'un couple acide-base. Exploiter un diagramme de prédominance ou de distribution. Justifier le choix d'un indicateur coloré lors d'un titrage. Capacité numérique : Tracer, à l'aide d'un langage de programmation, le diagramme de distribution des espèces d'un couple acide-base de pK_A donné.
Solution tampon.	Citer les propriétés d'une solution tampon.
C) Forcer le sens d'évolution d'un système	
Passage forcé d'un courant pour réaliser une transformation chimique. Constitution et fonctionnement d'un électrolyseur.	Modéliser et schématiser, à partir de résultats expérimentaux, les transferts d'électrons aux électrodes par des réactions électrochimiques. Déterminer les variations de quantité de matière à partir de la durée de l'électrolyse et de la valeur de l'intensité du courant. <i>Identifier les produits formés lors du passage forcé d'un courant dans un électrolyseur. Relier la durée, l'intensité du courant et les quantités de matière de produits formés.</i>

Stockage et conversion d'énergie chimique.	Citer des exemples de dispositifs mettant en jeu des conversions et stockages d'énergie chimique (piles, accumulateurs, organismes chlorophylliens) et les enjeux sociétaux associés.
4. Élaborer des stratégies en synthèse organique	
Cette partie a pour objectif de réinvestir la plupart des notions introduites depuis la classe de seconde sur la constitution de la matière et les propriétés des transformations chimiques. Les différents modèles macroscopiques et microscopiques élaborés permettent de développer des raisonnements pour expliciter ou élaborer des stratégies limitant l'impact environnemental et visant le développement durable de ces activités. Elle s'appuie sur des activités concrètes des chimistes, essentielles dans de nombreux domaines de la vie quotidienne (santé, habillement, alimentation, transport, contrôle qualité, etc.). Pour la réalisation des synthèses écoresponsables de composés organiques, sont recherchés des réactifs, solvants, catalyseurs et protocoles minimisant les apports d'énergie et les déchets et augmentant la vitesse, la sélectivité et le rendement. Des banques de réactions sont mises à disposition des élèves pour analyser ou élaborer des synthèses multi-étapes et proposer éventuellement des améliorations. Notions abordées en classe de première (enseignement de spécialité) : Formules brutes et semi-développées, squelette carboné saturé, groupes caractéristiques et familles fonctionnelles (alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques), lien entre nom et formule chimique, étapes d'un protocole (transformation, séparation, purification, identification), rendement d'une synthèse.	
Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Structure et propriétés Formule topologique. Familles fonctionnelles : esters, amines, amides et halogénoalcane. Squelettes carbonés insaturés, cycliques. Isomérisation de constitution. Polymères.	Exploiter des règles de nomenclature fournies pour nommer une espèce chimique ou représenter l'entité associée. Représenter des formules topologiques d'isomères de constitution, à partir d'une formule brute ou semi-développée. Identifier le motif d'un polymère à partir de sa formule. Citer des polymères naturels et synthétiques et des utilisations courantes des polymères.
Optimisation d'une étape de synthèse Optimisation de la vitesse de formation d'un produit et du rendement d'une synthèse.	Identifier, dans un protocole, les opérations réalisées pour optimiser la vitesse de formation d'un produit. Justifier l'augmentation du rendement d'une synthèse par introduction d'un excès d'un réactif ou par élimination d'un produit du milieu réactionnel. <i>Mettre en œuvre un protocole de synthèse pour étudier l'influence de la modification des conditions expérimentales sur le rendement ou la vitesse.</i>

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

Mouvement et interactions

Après le principe d'inertie abordé en classe de seconde et un premier lien entre variation du vecteur vitesse et somme des forces étudié en classe de première, ce thème traite notamment de la seconde loi de Newton et de quelques-unes de ses conséquences. La notion d'accélération nécessite une attention particulière car le terme est utilisé dans la vie courante avec une signification différente de l'acception scientifique. Les aspects vectoriels, la dérivée d'un vecteur, le caractère algébrique des projections de l'accélération sont des objectifs importants de la partie « Décrire un mouvement ».

La seconde loi de Newton conduit ensuite à l'établissement et à la résolution des équations générales du mouvement dans des situations variées. L'étude des mouvements dans un champ uniforme permet d'appréhender des situations relevant du quotidien ; l'étude des mouvements dans un champ de gravitation ouvre les domaines de l'astronomie, de l'astrophysique, de la conquête spatiale et de l'observation de la Terre depuis l'espace.

Enfin, dans la continuité de l'introduction de la loi fondamentale de la statique des fluides en classe de première, ce thème se conclut par une introduction à la dynamique des fluides, avec notamment la mise en œuvre de la relation de Bernoulli, qui permet de décrire de très nombreux comportements dans des domaines aussi divers que la médecine, la biologie, l'aéronautique, la géophysique, etc.

Si la rédaction du programme est volontairement concise et centrée sur les notions et méthodes, il ne s'agit nullement de proposer aux élèves une présentation décontextualisée de la mécanique ; au contraire, tout en veillant au champ de validité des modèles utilisés, il est aisé de recourir à des domaines d'études variés : transports, biophysique, sport, planétologie, etc.

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

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

Vecteur position, vecteur vitesse, variation du vecteur vitesse, notion de champ, exemples de forces, lien entre forces extérieures et variation du vecteur vitesse, énergies cinétique, potentielle et mécanique, travail d'une force, trajectoire de la Terre dans un référentiel fixe par rapport aux étoiles, conception géocentrique vs conception héliocentrique, référentiel géocentrique, trajectoire de la Lune.

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
1. Décrire un mouvement	
Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point. Coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet pour un mouvement circulaire. Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvement circulaire uniforme.	Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps. Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse. Citer et exploiter les expressions des coordonnées des vecteurs vitesse et accélération dans le repère de Frenet, dans le cas d'un mouvement circulaire. Caractériser le vecteur accélération pour les mouvements suivants : rectiligne, rectiligne uniforme, rectiligne uniformément accéléré, circulaire, circulaire uniforme. <i>Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.</i> Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement. Capacité mathématique : Dériver une fonction.
2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement	
Deuxième loi de Newton Centre de masse d'un système. Référentiel galiléen. Deuxième loi de Newton. Équilibre d'un système.	Justifier qualitativement la position du centre de masse d'un système, cette position étant donnée. Discuter qualitativement du caractère galiléen d'un référentiel donné pour le mouvement étudié. Utiliser la deuxième loi de Newton dans des situations variées pour en déduire : - le vecteur accélération du centre de masse, les forces appliquées au système étant connues ; - la somme des forces appliquées au système, le mouvement du centre de masse étant connu.

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

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

L'énergie : conversions et transferts

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ondes et signaux

1. Caractériser les phénomènes ondulatoires

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

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

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

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

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

	<i>des interférences de deux ondes lumineuses, en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i> Capacité numérique : Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, la somme de deux signaux sinusoïdaux périodiques synchrones en faisant varier la phase à l'origine de l'un des deux.
Effet Doppler. Décalage Doppler.	Décrire et interpréter qualitativement les observations correspondant à une manifestation de l'effet Doppler. Établir l'expression du décalage Doppler dans le cas d'un observateur fixe, d'un émetteur mobile et dans une configuration à une dimension. Exploiter l'expression du décalage Doppler dans des situations variées utilisant des ondes acoustiques ou des ondes électromagnétiques. <i>Exploiter l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse.</i>

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

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

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

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

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

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
A) Former des images	
Modèle optique d'une lunette astronomique avec objectif et oculaire convergents. Grossissement.	Représenter le schéma d'une lunette afocale modélisée par deux lentilles minces convergentes ; identifier l'objectif et l'oculaire. Représenter le faisceau émergent issu d'un point objet situé « à l'infini » et traversant une lunette afocale. Établir l'expression du grossissement d'une lunette afocale. Exploiter les données caractéristiques d'une lunette commerciale.

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

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

Capacités expérimentales

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

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

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

Constitution et transformations de la matière

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

Mouvement et interactions

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

L'énergie : conversions et transferts

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

Ondes et signaux

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

Annexe

Programme d'enseignement scientifique de première générale

PRÉAMBULE

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

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

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

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

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

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

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

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

PROGRAMME

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

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

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

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

Objectifs généraux de formation

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

De même, les activités humaines exercent sur l'environnement des effets que la science permet de comprendre et de contrôler. Les conséquences de l'activité humaine sur l'environnement et leur contrôle seront particulièrement développées dans le programme de terminale.

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

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

Suggestions pédagogiques

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

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

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

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

- **Une place particulière pour les mathématiques**

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

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

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

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

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

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

- **Un usage explicite des outils numériques**

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

Objectifs thématiques

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

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

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

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

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

1 - Une longue histoire de la matière

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

Histoire, enjeux et débats

De Fraunhofer à Bethe : les éléments dans les étoiles.

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

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

Industrie des métaux et du verre.

1.1 - Un niveau d'organisation : les éléments chimiques

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

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

Prérequis et limites

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

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

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

1.2 - Des édifices ordonnés : les cristaux

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

Savoirs	Savoir-faire
Le chlorure de sodium solide (présent dans les roches, ou issu de l'évaporation de l'eau de mer) est constitué d'un empilement régulier d'ions : c'est l'état cristallin.	Utiliser une représentation 3D informatisée du cristal de chlorure de sodium. Relier l'organisation de la maille au niveau microscopique à la structure du cristal au niveau macroscopique.
Plus généralement, une structure cristalline est définie par une maille élémentaire répétée périodiquement. Un type cristallin est défini par la forme géométrique de la maille, la nature et la position dans cette maille des entités qui le constituent. Les cristaux les plus simples peuvent être décrits par une maille cubique que la géométrie du cube permet de caractériser. La position des entités dans cette maille distingue les réseaux cubique simple et cubique à faces centrées. La structure microscopique du cristal conditionne certaines de ses propriétés macroscopiques, dont sa masse volumique.	Pour chacun des deux réseaux (cubique simple et cubique à faces centrées) : - représenter la maille en perspective cavalière ; - calculer la compacité dans le cas d'entités chimiques sphériques tangentes ; - dénombrer les atomes par maille et calculer la masse volumique du cristal.
Un composé de formule chimique donnée peut cristalliser sous différents types de structures qui ont des propriétés macroscopiques différentes. Ainsi les minéraux se caractérisent par leur composition chimique et leur organisation cristalline. Une roche est formée de l'association de cristaux d'un même minéral ou de plusieurs minéraux. Des structures cristallines existent aussi dans les organismes biologiques (coquille, squelette, calcul rénal, etc.).	Distinguer, en termes d'échelle et d'organisation spatiale, maille, cristal, minéral, roche. Les identifier sur un échantillon ou une image.
Dans le cas des solides amorphes, l'empilement d'entités se fait sans ordre géométrique. C'est le cas du verre. Certaines roches volcaniques contiennent du verre, issu de la solidification très rapide d'une lave.	Mettre en relation la structure amorphe ou cristalline d'une roche et les conditions de son refroidissement.

Prérequis et limites

Les notions, déjà connues, d'entité chimique, de roche et de minéral sont remobilisées. L'objectif est de présenter l'organisation de la matière propre à l'état cristallin à partir d'exemples. La diversité des systèmes cristallins et des minéraux est seulement évoquée. La description de l'état cristallin est l'occasion d'utiliser les mathématiques (géométrie du cube et de la sphère, calculs de volumes, proportions) pour décrire la nature et quantifier ses propriétés.

1.3 - Une structure complexe : la cellule vivante

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

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

2 - Le Soleil, notre source d'énergie

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

Histoire, enjeux, débats

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

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

L'albédo terrestre : un paramètre climatique majeur.

Distinction météorologie/climatologie.

2.1 - Le rayonnement solaire

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

Savoirs	Savoir-faire
L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée. Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps. Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement. Le spectre du rayonnement émis par la surface (modélisé par un spectre de <i>corps noir</i>) dépend seulement de la température de surface de l'étoile. La longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température absolue de la surface de l'étoile (loi de Wien).	Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil. À partir d'une représentation graphique du spectre d'émission du corps noir à une température donnée, déterminer la longueur d'onde d'émission maximale. Appliquer la loi de Wien pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de la longueur d'onde d'émission maximale.
La puissance radiative reçue du Soleil par une surface plane est proportionnelle à l'aire de la surface et dépend de l'angle entre la normale à la surface et la direction du Soleil. De ce fait, la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre dépend : - de l'heure (variation diurne) ; - du moment de l'année (variation saisonnière) ; - de la latitude (zonation climatique).	Sur un schéma, identifier les configurations pour lesquelles la puissance reçue par une surface est maximale ou minimale. Analyser, interpréter et représenter graphiquement des données de températures. Calculer des moyennes temporelles de températures. Comparer des distributions temporelles de températures

Prérequis et limites

Les notions de base concernant l'énergie et la puissance, déjà connues, sont remobilisées.

La loi de Planck n'est pas explicitée : toutes les analyses spectrales sont réalisées à partir de représentations graphiques.

La relation entre la température absolue, exprimée en kelvin, et la température en degrés Celsius est fournie, ainsi que la loi de Wien.

2.2 - Le bilan radiatif terrestre

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

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

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

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

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

Prérequis et limites

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

Aucun développement sur les mécanismes cellulaires et moléculaires n'est exigible.

2.4 - Le bilan thermique du corps humain

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

Savoirs	Savoir-faire
La température du corps reste stable parce que l'énergie qu'il libère est compensée par l'énergie dégagée par la respiration cellulaire ou les fermentations. Globalement, la puissance thermique libérée par un corps humain dans les conditions de vie courante, au repos, est de l'ordre de 100 W.	Représenter sur un schéma qualitatif les différents échanges d'énergie entre l'organisme et le milieu extérieur. Utiliser des données quantitatives sur l'apport énergétique d'aliments dans un bilan d'énergie correspondant à des activités variées.

Prérequis et limites

Les notions de conservation et de conversion d'énergie, déjà connues, sont remobilisées.

La respiration et le rôle énergétique des aliments, déjà connus, sont remobilisés.

Aucun développement n'est attendu concernant les mécanismes cellulaires et moléculaires.

3 - La Terre, un astre singulier

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

Histoire, enjeux et débats

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

Histoire de la définition du mètre.

Quelques grandes étapes de l'étude de l'âge de la Terre : Buffon, Darwin, Kelvin, Rutherford.

Modalités de la construction d'une approche scientifique d'une question controversée pour aboutir à un résultat stabilisé.

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

3.1 - La forme de la Terre

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

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

Prérequis et limites

La connaissance de la loi des sinus ($\frac{a}{\sin \hat{A}} = \frac{b}{\sin \hat{B}} = \frac{c}{\sin \hat{C}}$) n'est pas exigible. Elle est fournie

pour mettre en œuvre le principe de triangulation plane (calcul d'une longueur à partir de la mesure d'une autre longueur et de deux angles).

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

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

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

3.2 - L'histoire de l'âge de la Terre

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

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

Prérequis et limites

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

3.3 - La Terre dans l'Univers

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

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

Prérequis et limites

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

4 - Son et musique, porteurs d'information

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

La compréhension des mécanismes auditifs s'inscrit dans une perspective d'éducation à la santé.

Histoire, enjeux, débats

L'histoire de l'analyse temps-fréquence depuis Fourier.

La controverse entre d'Alembert, Euler et Daniel Bernoulli sur le problème des cordes vibrantes.

L'histoire des gammes, de Pythagore à Bach.

Des algorithmes au cœur de la composition musicale : de l'Offrande musicale de Bach à la musique contemporaine.

Les enjeux culturels et économiques de la numérisation et de la compression des sons.

La santé auditive.

4.1 - Le son, phénomène vibratoire

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

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

Prérequis et limites

Les notions de son et de fréquence, déjà connues des élèves, sont remobilisées.

La sinusoïde est définie à partir de sa représentation graphique. Aucune construction mathématique de la fonction n'est attendue.

La formule donnant la fréquence fondamentale d'une corde vibrante en fonction de ses caractéristiques n'est pas exigible.

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

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

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

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

4.3 - Le son, une information à coder

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

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

Prérequis et limites

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

4.4 - Entendre la musique

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

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

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

5 - Projet expérimental et numérique

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

Le projet expérimental et numérique comporte trois dimensions :

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

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

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

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

Prérequis et limites

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

Annexe

Programme d'enseignement scientifique de terminale générale

Préambule

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

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

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

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

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

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

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

Programme

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

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

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

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

Objectifs généraux de formation

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La compréhension de ces transformations est indispensable à la prise de décision ; elle distingue l'approche purement scientifique d'autres approches (économiques, éthiques, etc.). De même, les activités humaines exercent sur l'environnement des effets que la science permet de comprendre et de contrôler.

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

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

Suggestions pédagogiques

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

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

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

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

- **Une place particulière pour les mathématiques**

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

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

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

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

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

- **Un usage explicite des outils numériques**

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

Objectifs thématiques

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

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

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

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

Thème 1 : Science, climat et société

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

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

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

Histoire, enjeux et débats

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

1.1 L'atmosphère terrestre et la vie

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

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

Savoirs	Savoir-faire
Il y a environ 4,6 milliards d'années, l'atmosphère primitive était composée de N_2, CO_2 et H_2O. Sa composition actuelle est d'environ 78 % de N_2 et 21 % de O_2, avec des traces d'autres gaz (dont H_2O, CO_2, CH_4, N_2O). Le refroidissement de la surface de la Terre primitive a conduit à la liquéfaction de la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère initiale. L'hydrosphère s'est formée, dans laquelle s'est développée la vie. Les premières traces de vie sont datées d'il y a au moins 3,5 milliards d'années. Par leur métabolisme photosynthétique, des cyanobactéries ont produit le dioxygène qui a oxydé, dans l'océan, des espèces chimiques réduites. Le dioxygène s'est accumulé à partir de 2,4 milliards d'années dans l'atmosphère. Sa concentration atmosphérique actuelle a été atteinte il y a 500 millions d'années environ. Les sources et puits de dioxygène atmosphérique sont aujourd'hui essentiellement liés aux êtres vivants (photosynthèse et respiration) et aux combustions. Sous l'effet du rayonnement ultraviolet solaire, le	Analyser des données, en lien avec l'évolution de la composition de l'atmosphère au cours des temps géologiques. Déterminer l'état physique de l'eau pour une température et une pression donnée à partir de son diagramme d'état. Mettre en relation la production de O_2 dans l'atmosphère avec des indices géologiques (oxydes de fer rubanés, stromatolithes ...). Ajuster les équations des réactions chimiques d'oxydation du fer par le dioxygène. Interpréter des spectres

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

différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO ₂ atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement.	de variations climatiques passées (pollens, glaciers).
Depuis un siècle et demi, on mesure un réchauffement climatique global (environ +1°C). Celui-ci est la réponse du système climatique à l'augmentation du forçage radiatif (différence entre l'énergie radiative reçue et l'énergie radiative émise) due aux émissions de gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère : CO₂, CH₄, N₂O et vapeur d'eau principalement. Lorsque la concentration des GES augmente, l'atmosphère absorbe davantage le rayonnement thermique infrarouge émis par la surface de la Terre. En retour, il en résulte une augmentation de la puissance radiative reçue par le sol de la part de l'atmosphère. Cette puissance additionnelle entraîne une perturbation de l'équilibre radiatif qui existait à l'ère préindustrielle. L'énergie supplémentaire associée est essentiellement stockée par les océans, mais également par l'air et les sols, ce qui se traduit par une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et la montée du niveau des océans.	Déterminer la capacité d'un gaz à influencer l'effet de serre atmosphérique à partir de son spectre d'absorption des ondes électromagnétiques. Interpréter des documents donnant la variation d'un indicateur climatique en fonction du temps (date de vendanges, niveau de la mer, extension d'un glacier, ...). Analyser la variation au cours du temps de certaines grandeurs telles que l'augmentation de la teneur atmosphérique en CO₂, la variation de température moyenne, des indicateurs de l'activité économique mondiale.
L'évolution de la température terrestre moyenne résulte de plusieurs effets amplificateurs (rétroaction positive), dont : - l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère ; - la décroissance de la surface couverte par les glaces et diminution de l'albédo terrestre ; - le dégel partiel du permafrost provoquant une libération de GES dans l'atmosphère. L'océan a un rôle amortisseur en absorbant à sa surface une fraction importante de l'apport additionnel d'énergie. Cela conduit à une élévation du niveau de la mer causée par la dilatation thermique de l'eau. À celle-ci s'ajoute la fusion des glaces continentales. Cette accumulation d'énergie dans les océans rend le changement climatique irréversible à des échelles de temps de plusieurs siècles. À court terme, un accroissement de la végétalisation constitue un puits de CO₂ et a donc un effet de rétroaction négative (stabilisatrice).	Identifier les relations de causalité (actions et rétroactions) qui sous-tendent la dynamique d'un système. Réaliser et interpréter une expérience simple, mettant en évidence la différence d'impact entre la fusion des glaces continentales et des glaces de mer. Estimer la variation du volume de l'océan associée à une variation de température donnée, en supposant cette variation limitée à une couche superficielle d'épaisseur donnée.
Prérequis et limites Les notions d'équilibre radiatif de la Terre et d'effet de serre atmosphérique, étudiées en classe de première, sont mobilisées. L'étude des paramètres orbitaux de la Terre et de leur influence sur le climat n'est pas au programme.	

1.3 Le climat du futur

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

Savoirs	Savoir-faire
Les modèles climatiques s'appuient sur : - la mise en équations des mécanismes essentiels qui agissent sur le système Terre ; - des méthodes numériques de résolution. Les résultats des modèles sont évalués par comparaison aux observations <i>in situ</i> et spatiales ainsi qu'à la connaissance des paléoclimats. Ces modèles, nombreux et indépendants, réalisent des projections climatiques. Après avoir anticipé les évolutions des dernières décennies, ils estiment les variations climatiques globales et locales à venir sur des décennies ou des siècles.	Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci, ou par la lecture de graphiques.
L'analyse scientifique combinant observations, éléments théoriques et modélisations numériques permet aujourd'hui de conclure que l'augmentation de température moyenne depuis le début de l'ère industrielle est liée à l'activité humaine : CO₂ produit par la combustion d'hydrocarbures, la déforestation, la production de ciment ; CH₄ produit par les fuites de gaz naturel, la fermentation dans les décharges, certaines activités agricoles. Les modèles s'accordent à prévoir, avec une forte probabilité d'occurrence, dans des fourchettes dépendant de la quantité émise de GES : - une augmentation de 1,5 à 5°C de la température moyenne entre 2017 et la fin du XXI^e siècle ; - une élévation du niveau moyen des océans entre le début du XXI^e siècle et 2100 pouvant atteindre le mètre ; - des modifications des régimes de pluie et des événements climatiques extrêmes ; - une acidification des océans ; - un impact majeur sur les écosystèmes terrestres et marins.	Exploiter les résultats d'un modèle climatique pour expliquer des corrélations par des liens de cause à effet.

Prérequis et limites

Les notions déjà connues sur la photosynthèse et les écosystèmes sont mobilisées. Les équations mathématiques utilisées dans les modèles climatiques ne sont pas évoquées.

1.4 Énergie, choix de développement et futur climatique

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

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

écosystèmes et les conditions de vie des êtres humains, principalement les plus fragiles. Les projections fournies par les modèles permettent de définir les aléas et peuvent orienter les prises de décision. Les mesures d'adaptation découlent d'une analyse des risques et des options pour y faire face.	Analyser des extraits de documents du GIEC ou d'accords internationaux proposant différents scénarios.
Prérequis et limites Les notions de formes et de transfert d'énergie, ainsi que celle de puissance, déjà connues, sont mobilisées. La notion de risques naturels étudiée au collège et en classe de seconde (SVT) est convoquée.	

Thème 2 : Le futur des énergies

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

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

Histoire, enjeux, débat

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

2.1 Deux siècles d'énergie électrique

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

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

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

des spectres de raies d'émission des atomes s'explique de cette façon. L'exploitation technologique des matériaux semi-conducteurs, en particulier du silicium, en est également une conséquence. Ces matériaux sont utilisés en électronique et sont constitutifs des capteurs photovoltaïques. Ceux-ci absorbent l'énergie radiative et la convertissent en énergie électrique.	solaire pour décider si ce matériau est susceptible d'être utilisé pour fabriquer un capteur photovoltaïque. Tracer la caractéristique $i(u)$ d'une cellule photovoltaïque et exploiter cette représentation pour déterminer la résistance d'utilisation maximisant la puissance électrique délivrée.
Prérequis et limites Les spectres de raies d'émission atomiques ainsi que les notions de caractéristique $i(u)$ et de point de fonctionnement d'un dipôle électrique, déjà connues, sont utilisés. La loi de Faraday est hors programme.	
2.2 Les atouts de l'électricité L'énergie électrique présente de nombreux avantages : une distribution aisée, sûre et à faible impact écologique ; l'existence de réseaux de distribution très étendus ; la disponibilité de convertisseurs de bon rendement permettant de transformer l'énergie électrique en d'autres formes d'énergie ou, symétriquement, d'obtenir de l'énergie électrique. L'existence de procédés d'obtention d'énergie électrique sans combustion justifie le rôle central que cette forme d'énergie est amenée à jouer à l'avenir.	
Savoirs	Savoir-faire
Trois méthodes permettent d'obtenir de l'énergie électrique sans nécessiter de combustion : - la conversion d'énergie mécanique, soit directe (dynamos, éoliennes, hydroliennes, barrages hydroélectriques), soit indirecte à partir d'énergie thermique (centrales nucléaires, centrales solaires thermiques, géothermie) ; - la conversion de l'énergie radiative reçue du Soleil (panneaux photovoltaïques) ; - la conversion électrochimique (piles ou accumulateurs conventionnels, piles à hydrogène). Ces méthodes sans combustion ont néanmoins un impact sur l'environnement et la biodiversité ou présentent des risques spécifiques (pollution chimique, déchets radioactifs, accidents industriels...). Pour faire face à l'intermittence liée à certains modes de production ou à la consommation, l'énergie électrique doit être convertie sous une forme stockable : - énergie chimique (accumulateurs) ; - énergie potentielle (barrages) ; - énergie électromagnétique (super-capacités).	Décrire des exemples de chaînes de transformations énergétiques permettant d'obtenir de l'énergie électrique à partir de différentes ressources primaires d'énergie. Calculer le rendement global d'un système de conversion d'énergie. Analyser des documents présentant les conséquences de l'utilisation de ressources géologiques (métaux rares, etc.). Comparer différents dispositifs de stockage d'énergie selon différents critères (masses mises en jeu, capacité et durée de stockage, impact écologique).

Prérequis et limites Les lois de l'électricité, les notions d'énergie et de puissance électriques ainsi que celles d'énergie cinétique et potentielle, déjà rencontrées, sont mobilisées. Aucune expression d'énergie stockée par un système donné n'est exigible.	
2.3 Optimisation du transport de l'électricité La minimisation des pertes par effet Joule dans la distribution d'électricité le long d'un réseau entre dans le cadre général des problèmes mathématiques de transport et d'optimisation sous contraintes. Ces problèmes, très difficiles à résoudre car non linéaires, nécessitent des traitements numériques lorsqu'ils mettent en jeu un nombre important d'inconnues ou de données. Présentés ici dans le cadre du transport d'électricité, les graphes sont des modèles mathématiques utilisés pour traiter des problèmes relevant de domaines variés : transport d'information dans un réseau informatique, réseaux sociaux, transactions financières, analyses génétiques, etc.	
Savoirs	Savoir-faire
Au cours du transport, une partie de l'énergie électrique, dissipée dans l'environnement par effet Joule, ne parvient pas à l'utilisateur. L'utilisation de la haute tension dans les lignes électriques limite les pertes par effet Joule, à puissance transportée fixée.	Faire un schéma d'un circuit électrique modélisant une ligne à haute tension. Utiliser les formules littérales reliant la puissance à la résistance, l'intensité et la tension pour identifier l'influence de ces grandeurs sur l'effet Joule.
Un réseau de transport électrique peut être modélisé mathématiquement par un graphe orienté dont les arcs représentent les lignes électriques et dont les sommets représentent les sources distributrices, les nœuds intermédiaires et les cibles destinataires. Dans ce modèle, l'objectif est de minimiser les pertes par effet Joule sur l'ensemble du réseau sous les contraintes suivantes : - l'intensité totale sortant d'une source est limitée par la puissance maximale distribuée ; - l'intensité totale entrant dans chaque nœud intermédiaire est égale à l'intensité totale qui en sort ; - l'intensité totale arrivant à chaque cible est imposée par la puissance qui y est utilisée.	Modéliser un réseau de distribution électrique simple par un graphe orienté. Exprimer mathématiquement les contraintes et la fonction à minimiser. Sur l'exemple d'un réseau comprenant uniquement deux sources, un nœud intermédiaire et deux cibles, formuler le problème de minimisation des pertes par effet Joule et le résoudre pour différentes valeurs numériques correspondant aux productions des sources et aux besoins des cibles.
Prérequis et limites Les relations quantitatives associées à l'effet Joule sont connues pour le courant continu. Elles sont admises ou fournies pour le courant alternatif. La notion de facteur de puissance est hors programme. La notion de graphe, abordée dans l'enseignement de sciences numériques et technologie de seconde, est ici mobilisée. Il convient d'insister sur la différence entre les deux types de modèles introduits dans ce sous-thème, le modèle de circuit électrique et le modèle mathématique de graphe. Les connaissances sur les fonctions sont mobilisées.	

2.4 Choix énergétiques et impacts sur les sociétés

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

Savoirs	Savoir-faire
- Pour que soit mise en œuvre une adaptation efficace aux changements inéluctables et qu'en soit atténué l'impact négatif, les choix énergétiques supposent une compréhension globale du système Terre. - Ces choix doivent tenir compte de nombreux critères et paramètres : disponibilité des ressources et adéquation aux besoins, impacts (climatique, écologique, sanitaire, agricole), vulnérabilités et gestion des risques, faisabilité, conséquences économiques et sociales. L'analyse de ces éléments de décision conduit le plus souvent à une recherche de diversification ou d'évolution des ressources (mix énergétique). - Les durées longues, liées à l'inertie de certains systèmes (infrastructures énergétiques, transports, production industrielle), sont à confronter à l'urgence de l'action. - La transition écologique des sociétés repose sur la créativité scientifique et technologique, comme sur l'invention de nouveaux comportements individuels et collectifs (consommations, déplacements, relations Nord-Sud).	Analyser d'un point de vue global les impacts de choix énergétiques majeurs : exemple du nucléaire. Dans une étude de cas, analyser des choix énergétiques locaux selon les critères et les paramètres mentionnés.

Prérequis et limites

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

Thème 3 : Une histoire du vivant

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

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

étapes : identification du type de modèle le mieux adapté pour traduire la réalité, détermination des paramètres du modèle, confrontation des résultats du modèle à des observations, qui peut conduire à limiter son domaine de validité ou à le modifier.

L'être humain a construit des machines pour traiter l'information et a créé des langages pour les commander. Avec les méthodes de l'intelligence artificielle, il continue d'étendre les capacités de traitement de données et les domaines d'application de l'informatique.

Histoire, enjeux et débats

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

3.1 La biodiversité et son évolution

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

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

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

3.2 L'évolution comme grille de lecture du monde

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

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

Prérequis et limites

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

3.3 L'évolution humaine

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

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

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

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

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

Annexe 2

Programme de physique-chimie et mathématiques de première STI2D

Sommaire

Introduction

Programme de physique-chimie

Préambule

Mesure et incertitudes

Énergie

Matière et matériaux

Ondes et information

Programme de mathématiques

Intentions majeures

Géométrie dans le plan

Nombres complexes

Analyse

Introduction

L'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques vise à donner aux élèves une formation scientifique solide les préparant à la poursuite d'études. Si chacune des disciplines qui le composent a ses enjeux propres, les programmes qui suivent ont été conçus pour donner une cohérence et une unité à l'ensemble. Les modes de pensée spécifiques à chaque champ disciplinaire s'acquièrent au travers d'un ensemble 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. Il est essentiel d'organiser des passerelles pédagogiques entre les deux disciplines afin que les élèves 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 Δx ou Δt 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, le travail statistique sur les 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

Préambule

- **Objectifs de formation**

La série « Sciences et technologies pour l'industrie et le développement durable » (STI2D) est une série à dominante scientifique et technologique. Les élèves l'ayant choisie doivent être initiés, dans ces domaines, aux concepts, démarches méthodologiques et savoir-faire expérimentaux qui leur permettront de progresser et de réussir quel que soit leur choix d'orientation dans l'enseignement supérieur : BTS ou DUT de l'industrie et du développement durable, licences scientifiques et technologiques, formations d'ingénieurs et CPGE de la filière TSI, etc. Ce programme d'enseignement de physique-chimie poursuit cet objectif, dans la continuité des apprentissages du collège et de la classe de seconde. Il s'agit de renforcer la culture scientifique des futurs bacheliers de la série STI2D, de les faire accéder à une compréhension plus globale des concepts et notions de physique-chimie étudiés, d'améliorer leurs capacités d'investigation, d'analyse et de raisonnement, de les faire progresser dans la maîtrise de la démarche expérimentale scientifique et des compétences qui lui sont associées.

Pour étayer cet objectif, il s'avère indispensable de conforter les outils mathématiques nécessaires pour la conceptualisation, la modélisation et le calcul des grandeurs associées aux notions de physique et de chimie du programme, sans oublier que leur utilisation prépare à la poursuite d'études supérieures. Le professeur veille à la meilleure articulation possible du programme de physique-chimie avec les programmes de mathématiques, notamment celui des enseignements communs et de cette spécialité.

L'ambition de conduire les élèves à une compréhension de l'utilité et de la portée universelle des notions et de la méthodologie de la physique-chimie ne doit pas faire perdre de vue leurs applications constantes et généralisées dans le domaine technologique. Les réalisations technologiques fournissent naturellement les exemples de contextualisation et d'application de l'enseignement de physique-chimie. La connaissance scientifique nourrit ces réalisations ; certaines d'entre elles, à leur tour, améliorent les capacités d'investigation et de compréhension du réel. La mise en évidence de cette articulation, à travers la permanence d'un contexte technologique illustrant les notions de physique et de chimie étudiées, donne d'abord du sens à cet enseignement pour les élèves ; au-delà, elle permet de leur fournir des clés pour s'approprier les grands défis scientifiques et technologiques du XXI^e siècle, en particulier ceux de l'énergie, du réchauffement climatique et du traitement de l'eau.

• **Contenus et progression**

Partant de ces objectifs généraux, quatre domaines d'études ont été privilégiés : la mesure et les incertitudes, l'énergie, la matière et les matériaux, les ondes et l'information.

- Le premier domaine permet de poursuivre la sensibilisation des élèves, commencée en seconde, au rôle de la mesure pour approcher et quantifier les phénomènes physiques et chimiques, suivre leur évolution dans le temps, observer leurs discontinuités, élaborer des modèles et délimiter leurs domaines de validité, ainsi qu'à l'importance de présenter chaque résultat final d'une mesure avec la mention de l'incertitude-type et de l'unité associées. Les notions sont introduites en s'appuyant sur les thématiques abordées dans les trois autres domaines et dans une logique de progressivité, à l'occasion de travaux pratiques, mais aussi de façon récurrente lors d'exercices et de résolutions de problèmes tout au long du cycle terminal.

Les trois autres domaines sont conçus selon l'approche systémique que doit conduire le technologue lors de l'étude des objets ou installations et répondent aux questions suivantes : quels sont les échanges d'énergie ou de matière entre le système étudié et le milieu extérieur ? Quels sont les supports pour les échanges d'information entre le système étudié et le milieu extérieur ?

- Le deuxième domaine, l'énergie, constitue le pôle central du programme de physique-chimie du cycle terminal de STI2D. En classe de première, les élèves sont sensibilisés aux enjeux de l'énergie, à ses différentes formes, à ses conversions, à son transport et sa distribution, à son stockage, afin d'être familiarisés à la diversité et à la complexité des problèmes liés à l'énergie. Ils sont amenés à identifier les conditions nécessaires pour qualifier une ressource d'énergie de « renouvelable ». Tout au long du cycle terminal, les grandes formes d'énergie (électrique, interne, chimique, mécanique, électromagnétique) sont étudiées, ainsi que les principales notions qui leur sont associées. L'étude de l'énergie mécanique aborde explicitement la notion d'actions mécaniques. Les notions fondamentales sont introduites en classe de première ; puis on procède à leur approfondissement et à des applications plus complexes en classe terminale.
- Dans le troisième domaine, la matière et les matériaux sont envisagés d'abord du point de vue de la présentation des propriétés des matériaux (électriques, thermiques, mécaniques, optiques, chimiques) qui permet d'éclairer les choix technologiques. L'organisation de la matière en lien avec les propriétés physiques des matériaux (atomes, liaisons entre atomes, molécules, macromolécules, ions et solutions aqueuses) complète cette approche. Les transformations chimiques importantes dans le domaine industriel (combustion, oxydo-réduction et corrosion) sont ensuite étudiées. Les notions fondamentales sont mobilisées et approfondies dès la classe de première, pour être développées en classe terminale avec des applications importantes : transformations chimiques, physiques et nucléaires, effets

énergétiques associés, corrosion, piles et accumulateurs, traitement de l'eau, contraintes industrielles, acidification des océans, etc.

- Les ondes sonores et électromagnétiques sont étudiées comme exemples de vecteurs d'information. En classe de première sont introduites les caractéristiques d'une onde, les phénomènes de propagation, d'absorption, de réflexion. Puis sont approfondies les caractéristiques, propriétés particulières et notions associées aux ondes sonores et aux ondes électromagnétiques.

Tout au long du cycle terminal, en particulier en conclusion des grands domaines du cours (énergie, matière et matériaux, ondes et information), un mini-projet d'application illustrant la thématique est proposé aux élèves. Le programme propose une série d'exemples de thèmes possibles pour ces mini-projets, sans exhaustivité, en laissant aux professeurs et à leurs élèves l'initiative et le choix des contenus dans les thématiques industrielles ou sociétales du développement durable.

• Place des compétences expérimentales

Les compétences expérimentales des élèves sont systématiquement construites à travers les grands domaines d'études, au cours de séances régulières de pratique expérimentale, mais également dans le cadre d'exercices et de résolutions de problèmes. Il s'agit d'abord de se familiariser avec les appareils de mesure et leur utilisation, de développer le savoir-faire expérimental et la capacité à suivre un protocole.

Sur cette base, les élèves sont amenés également à conceptualiser la démarche expérimentale, à choisir et décrire la façon d'obtenir une mesure en lui associant une incertitude, à choisir et positionner un instrument d'acquisition ou de mesure, à élaborer et proposer un protocole expérimental simple, à proposer un ou des modèles possibles des phénomènes étudiés dans des conditions de mesure et d'observation spécifiées et en précisant les limites de ces modèles.

Les compétences expérimentales sont valorisées au même titre que les capacités théoriques : outre qu'elle valide des modèles donnés, la démarche expérimentale permet aux élèves de concevoir de nouveaux modèles simples et d'évaluer leurs limites de validité.

• Compétences de la démarche scientifique

Il est rappelé ci-dessous les compétences retenues dès le programme de seconde pour caractériser la démarche scientifique. Dans le souci de veiller à la continuité de l'enseignement de physique-chimie au lycée, elles continuent de structurer la formation et l'évaluation des élèves tout au long du cycle terminal. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences doivent être mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence ; ces exemples ne prétendent à aucune exhaustivité.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher, sélectionner et organiser l'information en lien avec la problématique. - Représenter la situation par un schéma.

Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité. - Proposer un protocole expérimental.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer une valeur mesurée à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations à la démarche ou au modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés - Échanger entre pairs.

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.

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves au cours du cycle sur les notions et capacités exigibles du programme. L'approche spiralaire permet le développement progressif du niveau de maîtrise attendu.

La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves des questions mettant en jeu le respect d'autrui, la responsabilité individuelle et collective, la sécurité pour soi et pour autrui, l'éducation à l'environnement et au développement durable. Une ouverture sur l'histoire des sciences peut être porteuse de sens et éclairer le cheminement de la connaissance.

Les différentes parties du programme sont présentées autour des rubriques suivantes : notions et contenus, capacités exigibles et activités expérimentales, repères pour l'enseignement, liens avec les mathématiques et exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application.

Mesure et incertitudes

Notions et contenu	Capacités exigibles
Grandeurs et unités. Système international d'unités.	- Distinguer les notions de grandeur, valeur et unité. - Citer les sept unités de base du système international.
Sources d'erreurs. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Justesse et fidélité. Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures. Écriture d'un résultat. Valeur de référence.	- Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. - 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. - Procéder à une évaluation par une approche statistique (type A) d'une incertitude-type. - Estimer une incertitude-type sur une mesure unique. - Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée et en indiquant l'unité correspondante. - 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.

Repères pour l'enseignement

Le professeur insiste sur l'importance d'associer une unité à chaque résultat de mesure ou de calcul.

L'incertitude-type rend compte de l'étendue des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur physique.

La valeur attendue, si elle existe ou si elle est issue de l'exploitation d'un modèle, est appelée valeur de référence.

On indique que l'écart maximal raisonnable entre le résultat d'une mesure et une valeur de référence peut être évalué en nombre d'incertitudes-types. L'évaluation de cet écart peut contribuer à délimiter le domaine de validité d'un modèle.

Liens avec les mathématiques

L'écart-type est étudié en classe de seconde.

La fluctuation d'échantillonnage est abordée dans le programme de mathématiques des enseignements communs.

Énergie

• L'énergie et ses enjeux

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Formes d'énergie.	- Citer les différentes formes d'énergie utilisées dans les domaines de la vie courante, de la production et des services. - Distinguer les formes d'énergie des différentes sources d'énergie associées.
Énergie et puissance.	- Énoncer et exploiter la relation entre puissance, énergie et durée. - Évaluer et citer des ordres de grandeur des puissances mises en jeu dans les secteurs de l'énergie, de l'habitat, des transports, des communications, etc.
Les conversions et les chaînes énergétiques. Stockage de l'énergie.	- Identifier les principales conversions d'énergie : électromécanique, photoélectrique, électrochimique, thermodynamique (conversions réalisées par une machine thermique), etc. - Schématiser une chaîne énergétique ou une conversion d'énergie en distinguant formes d'énergie, sources d'énergie et convertisseurs. - <i>Évaluer ou mesurer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée.</i>
Principe de la conservation de l'énergie. Rendement.	- Énoncer le principe de conservation de l'énergie pour un système isolé. - Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique et calculer un rendement pour une chaîne énergétique ou un convertisseur. - <i>Déterminer le rendement d'une chaîne énergétique ou d'un convertisseur</i>
Ressource d'énergie dite « renouvelable ».	- Énoncer qu'une ressource d'énergie est qualifiée de « renouvelable » si son renouvellement naturel est assez rapide à l'échelle de temps d'une vie humaine.

Repères pour l'enseignement

Le professeur contextualise son enseignement dans les domaines thématiques de la vie courante, de la production et des services. Il fournit aux élèves des éléments de compréhension pour aborder les grands débats de société du XXI^e siècle (ressources énergétiques, climat, etc.).

Liens avec les mathématiques

Nombre dérivé.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Stockage de l'énergie de freinage par volant d'inertie.
- Étude énergétique d'un voilier de course : justification des choix énergétiques.
- Utilisation de super-condensateurs dans la charge rapide de bus électrique.
- Étude de la récupération d'énergie de bus hybrides et de rames de tramway.

• **Énergie chimique**

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transformation chimique d'un système et conversion d'énergie associée ; effets thermiques associés.	- Identifier le système chimique. - Identifier un effet thermique associé à la transformation chimique d'un système. - Associer à une transformation chimique exothermique (endothermique) une diminution (augmentation) de l'énergie du système.
Un exemple de transformations exothermiques : les combustions.	- Identifier, dans une réaction de combustion, le combustible et le comburant. - Identifier l'apport d'énergie nécessaire pour initier une combustion et interpréter l'auto-entretien de celle-ci.
Pouvoir calorifique d'un combustible (en kJ.kg^{-1})	- Comparer les pouvoirs calorifiques de différents combustibles. - <i>Mettre en œuvre une expérience pour déterminer le pouvoir calorifique d'un combustible.</i>
Protection contre les risques liés aux combustions.	- Citer les dangers liés aux combustions et les moyens de prévention et de protection associés.

Repères pour l'enseignement

Dans ce chapitre, on se préoccupe seulement des aspects énergétiques associés aux transformations chimiques, la modélisation de ces transformations par des réactions étant donnée. L'établissement de ces réactions, l'écriture des équations et leur interprétation en termes d'oxydo-réduction pour les combustions sont abordés dans le domaine « Matière et matériaux ».

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Détermination du pouvoir calorifique d'une cartouche de gaz à partir de ressources documentaires.
- Retardateurs de flammes, extincteurs.

• **Énergie électrique**

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Circuit électrique : symboles et conventions générateur et récepteur. Comportement générateur ou récepteur d'un dipôle.	- <i>Réaliser un circuit électrique à partir d'un schéma donné, et inversement, les symboles étant fournis.</i> - Représenter le branchement d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'un système d'acquisition ou d'un oscilloscope sur un schéma électrique.

Tension électrique, intensité électrique. Grandeurs périodiques : valeur moyenne, valeur efficace, composante continue et composante alternative. Grandeurs sinusoïdales.	- Visualiser, à l'aide d'un système d'acquisition, des représentations temporelles d'une tension électrique périodique, d'un courant électrique périodique dans un circuit et en analyser les caractéristiques (période, fréquence, composantes continue et alternative). - Choisir le réglage des appareils pour mesurer une valeur moyenne ou une valeur efficace. - Mesurer la valeur moyenne d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit. - Mesurer la valeur efficace d'une tension électrique, d'une intensité électrique dans un circuit.
Loi des mailles, loi des nœuds.	- Utiliser les conventions d'orientation permettant d'algébriser tensions et intensités électriques. - Utiliser la loi des nœuds et la loi des mailles dans un circuit comportant trois mailles au plus.
Puissance et énergie électriques. Comportement énergétique d'un dipôle. Loi d'Ohm. Effet Joule.	- Analyser les transferts d'énergie dans un circuit électrique, à partir du signe de la puissance et de la convention choisie. - Calculer la puissance moyenne et l'énergie électrique mises en jeu sur une durée donnée dans le cas d'un récepteur et d'un générateur électrique. - Analyser le domaine de validité d'un modèle à partir d'un ensemble de mesures (dipôles passifs résistifs). - Mesurer la puissance moyenne et l'énergie électrique transportée par une ligne électrique pendant une durée donnée.
Sécurité électrique.	- Adopter un comportement responsable et respecter les règles de sécurité électriques lors des manipulations.

Repères pour l'enseignement

Les circuits électriques étudiés sont inspirés de circuits simples utilisés dans les systèmes techniques réels.

L'étude de l'électrocinétique est réalisée dans le cas de signaux variables : le régime continu et le régime sinusoïdal sont présentés comme des cas particuliers.

L'étude portant sur les signaux variables est principalement fondée sur l'exploitation de chronogrammes (on se place très souvent dans des cas où ceux-ci sont composés de segments de droite) : l'utilisation et l'introduction des outils mathématiques sont progressives.

Tous les types de composants (résistor, bobine, condensateur, diode, etc.) sont utilisés après avoir simplement indiqué leur nom, leur symbole et la grandeur qui les caractérise. On ne se préoccupe pas des phénomènes physiques mis en jeu, mais de leur comportement en générateur ou en récepteur et du bilan énergétique.

Dans les schémas électriques, on veille à ne faire apparaître que la borne « COM » à côté des symboles des appareils de mesure (jamais de bornes « plus » ou « moins » ou « étoile »).

Le professeur distingue dans les notations utilisées valeur moyenne, valeur efficace et valeur instantanée d'une grandeur électrique telle que la tension par exemple.

Liens avec les mathématiques

Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Détection de métaux par variation d'inductance.
- Détermination de l'hyperbole de dissipation d'un résistor et limites du modèle.
- Modèle du moteur à courant continu dans un contexte donné.

• Énergie interne

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Température.	- Associer qualitativement la température d'un corps à l'agitation interne de ses constituants microscopiques. - Citer les deux échelles de températures et les unités correspondantes (degré Celsius et kelvin). - Convertir en kelvin, une température exprimée en degré Celsius et réciproquement. - Citer plusieurs exemples de thermomètres et identifier leurs principes de fonctionnement. - <i>Mesurer des températures.</i>
Énergie interne d'un système.	- Relier l'énergie interne d'un système à des contributions d'origine microscopique (énergie cinétique et énergie potentielle d'interaction).
Capacité thermique massique.	- Exprimer et calculer la variation d'énergie interne d'un solide ou d'un liquide lors d'une variation de température.
Énergie massique de changement d'état.	- Définir et exploiter la capacité thermique massique. - Définir et exploiter l'énergie massique de changement d'état d'une espèce chimique.
Les différents modes de transferts thermiques : conduction, convection, rayonnement.	- Prévoir le sens d'un transfert thermique entre deux systèmes pour déterminer leur état final. - Décrire qualitativement les trois modes de transferts thermiques en citant des exemples. - <i>Réaliser expérimentalement le bilan thermique d'une enceinte en régime stationnaire.</i>

Repères pour l'enseignement

Le professeur souligne la polysémie du terme « chaleur » et des termes qui lui sont associés (« chaud », « froid », etc.) dans le langage courant et leurs significations sensorielles qui conduisent souvent à une confusion entre chaleur et température.

Le terme de chaleur est utilisé pour nommer un transfert thermique d'origine microscopique entre deux systèmes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude d'un ballon d'eau chaude dans le contexte de l'habitat.
- Étude d'une installation thermique.
- Le grand four solaire d'Odeillo en lien avec l'énergie transportée par la lumière.

• **Énergie mécanique**

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Référentiels et trajectoires. Notion de solide. Mouvement de translation d'un solide.	- Choisir un référentiel et caractériser un mouvement par rapport à celui-ci. - Distinguer différents types de translation. - Comparer les trajectoires des différents points d'un solide en translation. - Assimiler le mouvement d'un solide en translation à celui d'un point matériel (centre de masse) concentrant toute sa masse.
Mouvement rectiligne : vitesse moyenne. Vitesse. Accélération.	- Écrire et exploiter la relation entre distance parcourue, durée du parcours et vitesse moyenne pour un point en mouvement rectiligne. - Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la limite de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit. - Dans le cas d'un mouvement rectiligne, définir la vitesse comme la dérivée par rapport au temps de la position $x(t)$ et l'accélération comme la dérivée par rapport au temps de la vitesse. - <i>Mesurer des vitesses et accélérations dans le cas d'un mouvement rectiligne.</i>
Actions de contact et actions à distance. Exemples de forces s'exerçant sur un objet : - poids ; - force exercée par un support ; - force élastique ; - force de frottement fluide. Résultante des forces appliquées à un solide.	- Exploiter la représentation d'une force s'exerçant en un point par un vecteur : direction, sens et norme. - Identifier, inventorier, caractériser et modéliser par des forces, les actions mécaniques s'exerçant sur un solide. - Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un solide à l'équilibre ou en translation rectiligne uniforme.

Travail d'une force.	- Écrire et exploiter l'expression du travail d'une force constante.
Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation.	- Écrire et exploiter la relation de définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation. - Relier une modification de l'énergie cinétique d'un solide en translation rectiligne à la nature de son mouvement (accélééré ou décélééré).
Transfert d'énergie par travail mécanique.	- Associer une variation d'énergie cinétique d'un solide en translation au travail des forces appliquées.
Puissance moyenne.	- Citer et exploiter la relation entre travail et puissance moyenne. - Déterminer la puissance moyenne nécessaire pour modifier la valeur d'une vitesse pendant une durée donnée.
Energie potentielle associée à une force conservative ; exemple des énergies potentielles de pesanteur et élastique.	- Exprimer et évaluer l'énergie mécanique d'un solide en translation. - Analyser des variations de vitesse d'un solide en translation en termes d'échanges entre énergie cinétique et énergie potentielle (de pesanteur ou élastique).
Énergie mécanique.	- <i>Analyser le mouvement d'un solide en translation en termes de conservation et de non-conservation de l'énergie mécanique.</i>
Gain ou dissipation d'énergie mécanique.	- Estimer la puissance moyenne nécessaire pour maintenir constante la vitesse d'un solide en translation, en présence de frottements. - <i>Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique d'un solide en mouvement de translation rectiligne.</i>

Repères pour l'enseignement

Le professeur veille à adopter une approche contextualisée à partir de l'étude de systèmes réels simplifiés et assimilés du point de vue de leur mouvement à un point matériel. Il réduit l'étude du mouvement de translation d'un solide à celle de son centre de masse.

La notion de vitesse est introduite à partir de celle de la vitesse moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit, puis elle est définie par la dérivée de la position, en lien avec l'enseignement de mathématiques.

Les vitesses et accélérations sont mesurées à l'aide de capteurs dédiés ou évaluées en utilisant des logiciels de pointage.

Liens avec les mathématiques

Dérivées.

Produit scalaire.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude de la chute libre avec ou sans frottements ; vitesse limite.
- Étude d'un vélo à assistance électrique : étude de l'efficacité énergétique d'un vélo à assistance électrique sur des trajets rectilignes horizontaux et inclinés.
- Puissance développée par un remonte-pente pour tracter un skieur.

• **Énergie transportée par la lumière**

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Puissance transportée par la lumière, irradiance. Lumière émise par un laser. Protection contre les risques associés à l'utilisation d'un laser.	- Utiliser un appareil pour déterminer ou mesurer une irradiance (ou éclairement énergétique, en $W.m^{-2}$) : pyranomètre, solarimètre, etc. - Calculer la puissance reçue par une surface, l'irradiance du rayonnement étant donnée. - Citer les principales caractéristiques de la lumière émise par un laser. - Estimer l'irradiance d'un laser, la puissance émise étant connue, pour conclure sur ses domaines d'utilisation et les mesures de protection associées.
Conversion photovoltaïque.	- Effectuer expérimentalement le bilan énergétique et déterminer le rendement d'un panneau photovoltaïque.

Repères pour l'enseignement

L'étude du laser peut être contextualisée dans le domaine de la production industrielle (métallerie par exemple) ou dans celui de la santé (chirurgie).

Les phénomènes physiques mis en jeu dans un panneau photovoltaïque ou un laser ne sont pas abordés, seuls certains aspects énergétiques sont traités.

Liens avec les mathématiques

Géométrie dans le plan.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et mini-projet d'application

Étude de la production d'une mini-centrale solaire à l'aide de panneaux solaires.

Matière et matériaux

• **Propriétés des matériaux et organisation de la matière**

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Famille de matériaux : matériaux métalliques, organiques, minéraux, composites.	- Citer des métaux et alliages usuels et quelques exemples de matériaux organiques, minéraux et composites. - Conduire des tests permettant de distinguer et d'identifier des matériaux à partir de banques de données (densités, aspects, combustions, corrosions, etc.).
Propriétés des matériaux : électriques, thermiques, mécaniques, optiques, magnétiques et chimiques.	- Choisir, à partir d'un cahier des charges, des matériaux en fonction de propriétés physiques attendues : électriques, thermiques, mécaniques, optiques et magnétiques. - Déterminer ou mesurer quelques caractéristiques physiques de matériaux (résistivité électrique, résistance thermique surfacique, indice de réfraction, etc.).
Cycle de vie d'un matériau.	- Rechercher, extraire et exploiter des informations relatives à la production industrielle, l'utilisation et le recyclage de quelques matériaux usuels.

Schéma de Lewis de molécules et d'ions polyatomiques usuels.	- Établir les schémas de Lewis de l'eau, du dioxygène, du dioxyde de carbone et du chlorure d'hydrogène. - Reconnaître une molécule et une macromolécule organique. Passer des formules développées aux formules semi-développées et aux formules brutes.
Molécules et macromolécules organiques.	- Reconnaître les groupes caractéristiques des fonctions alcool et acide carboxylique.
Masses molaires atomique et moléculaire. Concentration d'un soluté (en g.L ⁻¹ ou en mol.L ⁻¹).	- Calculer une masse molaire moléculaire à partir des masses molaires atomiques des éléments qui composent la molécule. - <i>Déterminer une concentration d'un soluté dans une solution à partir du protocole de préparation de celle-ci ou à partir de mesures expérimentales.</i> - <i>Réaliser une solution de concentration donnée par dilution ou dissolution d'un soluté.</i>
Règlement CLP (Classification, Labelling, Packaging) européen.	- <i>Adapter son attitude en fonction des pictogrammes des produits utilisés et aux consignes de sécurité correspondantes.</i>

Repères pour l'enseignement

L'approche à privilégier est celle de démarches contextualisées de choix de matériaux répondant à un cahier des charges. Une interprétation microscopique de quelques propriétés de ces matériaux permet de revenir sur les modélisations, introduites en classe de seconde, de l'atome, de l'état solide, du cortège électronique et des molécules et de la prolonger par les notions de molécules et macromolécules « organiques » en lien avec les matériaux plastiques de synthèse et les matériaux organiques naturels (papier, carton, caoutchouc, etc.).

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Le CND (Contrôle Non Destructif) pour la détection des défauts d'un matériau.
- Étude documentaire sur les propriétés et applications des nanomatériaux.

• Combustions

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Combustions, combustibles. Carburants, agro-carburants.	- Citer des carburants fossiles et des agro-carburants usuels et connaître l'impact de leur utilisation sur l'environnement. - <i>Identifier les produits d'une combustion complète pour établir l'équation de la réaction correspondante.</i> - Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction de combustion complète d'un hydrocarbure ou d'un « biocarburant » pour prévoir le réactif limitant et les quantités de matière des produits formés. - Écrire et exploiter une équation chimique de combustion incomplète pour un carburant donné, les produits étant indiqués.

Alcanes, alcènes, alcools.	- Identifier un alcane ou un alcène à partir de sa formule brute et de sa formule semi-développée.
Chaînes carbonées, groupes caractéristiques.	- Identifier le groupe caractéristique et la chaîne carbonée d'un alcool à partir de sa formule semi-développée.

Repères pour l'enseignement

Les carburants étudiés sont limités aux alcanes, alcènes et alcools. La modélisation des combustions par des réactions d'un carburant avec le dioxygène sont abordées expérimentalement dans le prolongement de la seconde. La notion de réactif limitant est réinvestie et des raisonnements mobilisant la proportionnalité sont mis en œuvre pour déterminer des quantités de produits formés et notamment le dioxyde de carbone pour lequel une sensibilisation à l'impact sur le réchauffement climatique sera indiqué. Ces raisonnements permettent notamment de déterminer l'énergie libérée par un système chimique lors d'une combustion à partir du pouvoir calorifique et de la masse de combustible et de faire ainsi le lien avec la partie « Énergie chimique ».

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude d'un chauffage d'appoint ou d'un chauffage au bioéthanol.
- La carburant bioéthanol : comparaison avec les carburants actuels.
- Nouvelle génération de biocarburants.

• Oxydo-réduction, corrosion des matériaux, piles

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transfert d'électrons lors d'une transformation chimique ; réactions d'oxydo-réduction.	- À partir d'expériences ou de données expérimentales, identifier un transfert d'électrons entre des espèces chimiques et en déduire la réaction d'oxydo-réduction modélisant la transformation. - Définir et distinguer un oxydant, un réducteur, une oxydation, une réduction et un couple oxydant/réducteur. - Écrire une demi-équation électronique, le couple oxydant/réducteur étant donné. - Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction, les deux couples oxydant/réducteur étant donnés.
Corrosion des matériaux. Aciers inoxydables, métaux nobles. Protection contre la corrosion.	- Exploiter l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction pour analyser une situation de corrosion d'un matériau. - Citer des métaux ou des alliages résistants à la corrosion. - Citer et interpréter des méthodes de protection contre la corrosion.
Piles.	- Analyser le fonctionnement d'une pile en termes de transfert d'électrons et de réaction d'oxydo-réduction. - Étudier le fonctionnement d'une pile.

Repères pour l'enseignement

L'étude des phénomènes de corrosion ou de dispositifs comme les piles permet de contextualiser l'étude des réactions d'oxydo-réduction dans les domaines de la vie courante et de l'industrie. Après avoir identifié des transferts d'électrons entre espèces chimiques, différentes notions théoriques liées à l'oxydo-réduction sont introduites puis remobilisées

pour analyser les corrosions de matériaux et les piles en fonctionnement, ainsi que pour comprendre les méthodes de protection des matériaux sensibles à la corrosion.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Production de dioxygène au sein de la station spatiale internationale : réaction d'oxydo-réduction en milieu basique.
- Protection par anode sacrificielle.

Ondes et information

• Notion d'onde

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Ondes mécaniques. Ondes électromagnétiques. Phénomènes de propagation. Onde longitudinale, onde transversale.	- Citer des exemples d'ondes mécaniques (sonores, sismiques, etc.) et leurs milieux matériels de propagation. - Distinguer le cas particulier de l'onde électromagnétique qui ne nécessite pas de milieu matériel de propagation. - Associer la propagation d'une onde à un transfert d'énergie sans déplacement de matière. - Distinguer une onde longitudinale d'une onde transversale. - <i>Mettre en œuvre un guide d'onde.</i>
Ondes périodiques. Ondes sinusoïdales. Période. Longueur d'onde. Relation entre période, longueur d'onde et célérité.	- Définir et déterminer (par une mesure ou un calcul) les grandeurs physiques caractéristiques associées à une onde périodique. - Pour une onde sinusoïdale, citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.
Onde et transport de l'information.	- Associer une onde à une perturbation qui se propage, dont les caractéristiques peuvent transporter des informations. - Associer le transport de l'information à la propagation entre l'émetteur et le récepteur d'une onde modulée selon un code donné.
Phénomènes de transmission, de réflexion, d'absorption.	- <i>Mettre en œuvre un dispositif expérimental permettant d'observer les phénomènes de transmission, d'absorption et de réflexion d'une onde.</i>

Repères pour l'enseignement

L'enseignement s'appuie sur les systèmes communicants mis en œuvre dans les domaines de la vie courante et de l'industrie.

Liens avec les mathématiques

- Géométrie dans le plan.
- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude des systèmes communicants dans le domaine de la domotique.
- Transport d'information en téléphonie mobile.

• Ondes sonores

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Propriétés, propagation des ondes sonores et ultrasonores.	- Énoncer qu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde sonore ou ultrasonore. - Déterminer ou mesurer les grandeurs physiques associées à une onde sonore ou ultrasonore : célérité, période, amplitude, fréquence et longueur d'onde. - Citer l'ordre de grandeur de la célérité du son dans l'air. - <i>Évaluer la célérité du son dans quelques milieux : air, eau, métal.</i> - <i>Déterminer des distances à partir de la propagation d'un signal avec ou sans réflexion.</i>
Phénomène de réflexion. Intensité et puissance acoustiques.	- Identifier et citer les deux grandeurs influençant la perception sensorielle d'un son : amplitude et fréquence. - Associer qualitativement fréquence et amplitude à la hauteur et à l'intensité acoustique d'un son. - Citer l'ordre de grandeur des limites du domaine de fréquences audibles par l'oreille humaine. - Exploiter la relation entre la puissance et l'intensité acoustiques.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

Principe de l'échographie en imagerie médicale.

• Ondes électromagnétiques

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Ondes électromagnétiques (rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, radio). Relation entre longueur d'onde, célérité de la lumière et fréquence.	- Ordonner les domaines des ondes électromagnétiques en fonction de la fréquence et de la longueur d'onde dans le vide. - Citer les longueurs d'ondes perceptibles par l'œil humain. - Citer la valeur de la célérité d'une onde électromagnétique dans le vide.
Sources lumineuses : rayonnement solaire, corps chauffés, diodes électroluminescentes, lasers, lampes spectrales, lampes UV.	- Citer quelques caractéristiques du rayonnement émis par différentes sources lumineuses d'usage courant. - Extraire d'une documentation fournie et exploiter les principales caractéristiques (longueur d'onde, puissance, directivité) d'un laser. - Citer les risques et les précautions associés à l'utilisation de sources lumineuses variées.

Repères pour l'enseignement

Les valeurs limites des différentes plages des ondes électromagnétiques (rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, radio) ne sont pas exigibles.

Liens avec les mathématiques

- Géométrie dans le plan.
- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

- Couverture anti-onde : efficacité de la cage de Faraday.
- Télémétrie laser.
- Transmission par fibre optique.
- Utilisation des ondes électromagnétique dans le diagnostic médical et le traitement des patients.
- Étude des mesures préventives des risques des rayons X pour les travailleurs exposés.

Programme de mathématiques

Intentions majeures

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

- permettre l'acquisition de connaissances et le développement de compétences mathématiques immédiatement utiles pour la physique et la chimie (produit scalaire, fonctions trigonométriques, dérivées, techniques et automatismes de calcul) ;
- développer des capacités d'abstraction, de raisonnement et d'analyse critique essentielles à 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 φ .

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 θ 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 traitées uniquement 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).

Nombres complexes

Contenus

- Forme algébrique :
 - définition, conjugué, module ;
 - représentation dans un repère orthonormé direct ; affixe d'un point, d'un vecteur ;
 - somme, produit, quotient ;
 - conjugué d'une somme, d'un produit, d'un quotient ;
 - module d'un produit et d'un quotient.
- Argument et forme trigonométrique.

Capacités attendues

- Calculer et interpréter géométriquement la partie réelle, la partie imaginaire, le conjugué, le module et un argument d'un nombre complexe.
- Passer de la forme algébrique à la forme trigonométrique et *vice versa*.

Commentaires

La notation exponentielle et les opérations entre nombres complexes sous forme trigonométrique sont étudiées en classe terminale.

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..

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

Relation entre la puissance, l'énergie et la durée.

- 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 diffèrent 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 diffèrent 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 $t \mapsto \frac{1}{1+t^2}$).

Situations algorithmiques

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

Annexe 3

Programme de physique-chimie et mathématiques de terminale STI2D

Sommaire

Introduction

Programme de physique-chimie

Préambule

Mesure et incertitudes

Énergie

Matière et matériaux

Ondes et signaux

Programme de mathématiques

Intentions majeures

Analyse

Nombres complexes

Introduction

L'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques vise à donner aux élèves une formation scientifique solide les préparant à la poursuite d'études. Si chacune des disciplines qui le composent a ses enjeux propres, les programmes qui suivent ont été conçus pour donner une cohérence et une unité à l'ensemble. Les modes de pensée spécifiques à chaque champ disciplinaire s'acquièrent au travers d'un ensemble 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. Il est essentiel d'organiser des passerelles pédagogiques entre les deux disciplines afin que les élèves 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 Δx ou Δt 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, le travail statistique sur les 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

Préambule

- **Objectifs de formation**

La série sciences et technologies pour l'industrie et le développement durable (STI2D) est une série à dominantes scientifique et technologique. Les élèves l'ayant choisie doivent être initiés, dans ces domaines, aux concepts, démarches méthodologiques et savoir-faire expérimentaux qui leur permettront de progresser et de réussir quel que soit leur choix d'orientation dans l'enseignement supérieur : BTS ou DUT de l'industrie et du développement durable, licences scientifiques et technologiques, formations d'ingénieurs et CPGE de la filière TSI, etc. Ce programme d'enseignement de physique-chimie poursuit cet objectif sur le cycle terminal, dans la continuité des apprentissages du collège et de la classe de seconde. Il s'agit de renforcer la culture scientifique des futurs bacheliers de la série STI2D, de les faire accéder à une compréhension plus globale des concepts et notions de physique-chimie étudiés, d'améliorer leurs capacités d'investigation, d'analyse et de raisonnement, de les faire progresser dans la maîtrise de la démarche expérimentale scientifique et des compétences qui lui sont associées.

Pour étayer cet objectif, il s'avère indispensable de conforter les outils mathématiques nécessaires à la conceptualisation, à la modélisation et au calcul des grandeurs associées aux notions de physique et de chimie du programme, sans oublier que leur utilisation prépare à la poursuite d'études supérieures. Le professeur veille à la meilleure articulation possible du programme de physique-chimie avec les programmes de mathématiques, notamment celui des enseignements communs et de cette spécialité.

L'ambition de conduire les élèves à une compréhension de l'utilité et de la portée universelle des notions et de la méthodologie de la physique-chimie ne doit pas faire perdre de vue leurs applications constantes et généralisées dans le domaine technologique. Les réalisations technologiques fournissent naturellement les exemples de contextualisation et d'application de l'enseignement de physique-chimie. La connaissance scientifique nourrit ces réalisations ; certaines d'entre elles, à leur tour, améliorent les capacités d'investigation et de compréhension du réel. La mise en évidence de cette articulation, à travers la permanence d'un contexte technologique illustrant les notions de physique et de chimie étudiées, donne d'abord du sens à cet enseignement pour les élèves ; au-delà, elle permet de leur fournir des clés pour s'approprier les grands défis scientifiques et technologiques du XXI^e siècle, en particulier ceux de l'énergie, du réchauffement climatique et du traitement de l'eau.

• **Contenus et progression**

Partant de ces objectifs généraux, quatre domaines d'études sont privilégiés : la mesure et les incertitudes, l'énergie, la matière et les matériaux, les ondes et l'information.

- Le premier domaine permet de poursuivre la sensibilisation des élèves, commencée en classe de seconde, au rôle de la mesure pour approcher et quantifier les phénomènes physiques et chimiques, suivre leur évolution dans le temps, observer leurs discontinuités, élaborer des modèles et délimiter leurs domaines de validité, ainsi qu'à l'importance de présenter chaque résultat final d'une mesure avec la mention de l'incertitude-type et de l'unité associées. Les notions sont introduites puis appliquées en s'appuyant sur les thématiques abordées dans les trois autres domaines et dans une logique de progressivité, à l'occasion de travaux pratiques, mais aussi de façon récurrente lors d'exercices et de résolutions de problèmes tout au long du cycle terminal.

Les trois autres domaines sont conçus selon l'approche systémique que doit conduire le technologue lors de l'étude des objets ou installations pour répondre aux questions suivantes : quels sont les échanges d'énergie ou de matière entre le système étudié et le milieu extérieur ? Quels sont les supports pour les échanges d'information entre le système étudié et le milieu extérieur ?

- Le deuxième domaine, l'énergie, constitue le pôle central du programme de physique-chimie du cycle terminal de STI2D. En classe de première, les élèves sont sensibilisés aux enjeux de l'énergie, à ses différentes formes, à ses conversions, à son transport et sa distribution, à son stockage, afin d'être familiarisés à la diversité et à la complexité des problèmes liés à l'énergie. Ils sont amenés à identifier les conditions nécessaires pour qualifier une ressource d'énergie de « renouvelable ». Tout au long du cycle terminal, les grandes formes d'énergie (électrique, interne, chimique, mécanique, électromagnétique) sont étudiées, ainsi que les principales notions qui leur sont associées. L'étude de l'énergie mécanique aborde explicitement la notion d'actions mécaniques. Les notions fondamentales sont introduites en classe de première ; puis on procède à leur approfondissement et à des applications plus complexes en classe terminale.
- Dans le troisième domaine, la matière et les matériaux sont envisagés d'abord du point de vue de la présentation des propriétés des matériaux (électriques, thermiques, mécaniques, optiques, chimiques) qui permet d'éclairer les choix technologiques. L'organisation de la matière en lien avec les propriétés physiques des matériaux (atomes, liaisons entre atomes, molécules, macromolécules, ions et solutions aqueuses) complète cette approche. Les transformations chimiques importantes dans le domaine industriel (combustion, oxydo-réduction et corrosion, réaction acido-basique) sont ensuite étudiées. Les notions fondamentales sont mobilisées et approfondies dès la classe de première pour être développées en classe terminale avec des applications importantes : transformations chimiques,

physiques et nucléaires, effets énergétiques associés, corrosion, piles et accumulateurs, traitement de l'eau, contraintes industrielles, acidification des océans, etc.

- Les ondes sonores et électromagnétiques sont étudiées comme exemples de vecteurs d'information. En classe de première sont introduites les caractéristiques d'une onde, les phénomènes de propagation, d'absorption, de réflexion. Puis sont approfondies les caractéristiques, représentations spectrales, propriétés particulières et notions associées aux ondes sonores et aux ondes électromagnétiques.

Tout au long du cycle terminal, en particulier en conclusion des grands domaines du cours (énergie, matière et matériaux, ondes et information), un mini-projet d'application illustrant la thématique est proposé aux élèves. Le programme propose une série d'exemples de thèmes possibles pour ces mini-projets, sans exhaustivité, en laissant aux professeurs et à leurs élèves l'initiative et le choix des contenus dans les thématiques industrielles ou sociétales du développement durable.

• Place des compétences expérimentales

Les compétences expérimentales des élèves sont systématiquement construites à travers les grands domaines d'études, au cours de séances régulières de pratique expérimentale, mais également dans le cadre d'exercices et de résolutions de problèmes. Il s'agit d'abord de se familiariser avec les appareils de mesure et leur utilisation, de développer le savoir-faire expérimental et la capacité à suivre un protocole.

Sur cette base, les élèves sont amenés également à conceptualiser la démarche expérimentale, à choisir et décrire la façon d'obtenir une mesure en lui associant une incertitude, à choisir et positionner un instrument d'acquisition ou de mesure, à élaborer et proposer un protocole expérimental simple, à proposer un ou des modèles possibles des phénomènes étudiés dans des conditions de mesure et d'observation spécifiées et en précisant les limites de ces modèles.

Les compétences expérimentales sont valorisées au même titre que les capacités théoriques : outre qu'elle valide des modèles donnés, la démarche expérimentale permet aux élèves de concevoir de nouveaux modèles simples et d'évaluer leurs limites de validité.

• Compétences de la démarche scientifique

Sont rappelées ci-dessous les compétences retenues dès le programme de seconde pour caractériser la démarche scientifique. Dans le souci de veiller à la continuité de l'enseignement de physique-chimie au lycée, elles continuent de structurer la formation et l'évaluation des élèves tout au long du cycle terminal. L'ordre de leur présentation ne préjuge en rien de celui dans lequel les compétences doivent être mobilisées par l'élève dans le cadre d'activités. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence ; ces exemples ne prétendent à aucune exhaustivité.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher, sélectionner et organiser l'information en lien avec la problématique. - Représenter la situation par un schéma.

Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité. - Proposer un protocole expérimental.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer une valeur mesurée à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations à la démarche ou au modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

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

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves au cours du cycle sur les notions et capacités exigibles du programme. L'approche spiralaire sur le cycle terminal permet le développement progressif du niveau de maîtrise attendu.

La mise en œuvre des programmes doit aussi être l'occasion d'aborder avec les élèves des questions mettant en jeu le respect d'autrui, la responsabilité individuelle et collective, la sécurité pour soi et pour autrui, l'éducation à l'environnement et au développement durable. Une ouverture sur l'histoire des sciences peut être porteuse de sens et éclairer le cheminement de la connaissance.

Les différentes parties du programme sont présentées autour des rubriques suivantes : notions et contenus, capacités exigibles et activités expérimentales, repères pour l'enseignement, liens avec les mathématiques et exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application.

Mesure et incertitudes

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Dispersion des mesures. Incertitude-type sur une série de mesures ou une mesure unique.	- Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type par une approche statistique (type A). - <i>Utiliser un outil numérique pour évaluer une incertitude-type par une approche statistique (type A).</i> - Procéder à l'évaluation d'une incertitude-type associée à une mesure unique en exploitant une relation fournie.
Incertitude-type composée.	- Comparer le poids des différentes sources d'erreur, à partir de l'incertitude-type associée à chacune d'elles. - <i>Utiliser un outil numérique pour évaluer l'incertitude-type composée associée à une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs incertitudes.</i> - Faire des propositions pour améliorer un protocole de mesure.
Valeur de référence. Validité d'un résultat.	- Évaluer le nombre d'incertitudes-types séparant le résultat d'une mesure de la valeur de référence. - Discuter selon le contexte de la validité d'un résultat de mesure en fonction du nombre d'incertitudes-types le séparant d'une valeur de référence.
Écriture d'un résultat.	- Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique pour écrire un résultat avec l'incertitude associée et l'unité correspondante. - Arrondir un résultat d'une mesure en cohérence avec l'incertitude associée.

Repères pour l'enseignement

Le professeur insiste sur l'importance d'associer une unité et une incertitude-type à chaque résultat de mesure ou de calcul.

Il met l'accent sur le mode d'obtention des valeurs des incertitudes-types en privilégiant l'utilisation d'outils numériques.

La valeur attendue, si elle existe ou si elle est issue de l'exploitation d'un modèle, est appelée valeur de référence.

On indique que l'écart maximal raisonnable entre le résultat d'une mesure et une valeur de référence peut être évalué en nombre d'incertitudes-types. Le nombre d'incertitudes-types admissible dépend du contexte d'étude, le professeur exploite différents exemples.

Liens avec les mathématiques

- L'écart-type d'une série de mesures est étudié en classe de seconde.
- La fluctuation d'échantillonnage est abordée dans les programmes de mathématiques des enseignements communs.

Énergie

• L'énergie et ses enjeux

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Énergie et puissance.	- Définir la puissance instantanée comme la limite de la puissance moyenne pour un intervalle de temps infiniment petit. - Définir la puissance instantanée comme la dérivée par rapport au temps de l'énergie. - Déterminer l'énergie mise en jeu par un système pendant un intervalle de temps donné à partir de la courbe représentant la puissance en fonction du temps. - <i>Utiliser un outil numérique (tableur, logiciel ou programme informatique) pour calculer les valeurs de la puissance d'un système à partir d'un tableau de valeurs de l'énergie mise en jeu au cours du temps.</i> - <i>Utiliser un outil numérique (tableur, logiciel ou programme informatique) pour calculer les valeurs de l'énergie mise en jeu au cours du temps à partir d'un tableau de valeurs de la puissance d'un système.</i> - Estimer la durée de fonctionnement d'un système autonome.
Puissance absorbée et puissance utile. Rendement d'une conversion, d'un transfert d'énergie.	- Exploiter la relation permettant de calculer le rendement d'une conversion ou d'un transfert d'énergie.
Réversibilité des conversions d'énergie.	- Définir un fonctionnement réversible et non-réversible pour un convertisseur.

Repères pour l'enseignement

Le professeur contextualise son enseignement dans les différents domaines de la vie courante, de la production et des services. Il met en évidence les ordres de grandeurs des rendements de différents moteurs (électriques, thermiques ...). Il fournit aux élèves des éléments de compréhension pour aborder les grands débats de société du XXI^e siècle (ressources énergétiques, climat ...).

Le calcul de l'énergie correspondant à l'aire sous la courbe de la puissance en fonction du temps est mis en relation avec l'intégrale étudiée en mathématiques, notamment l'approximation du calcul de l'intégrale par la méthode des rectangles.

Liens avec les mathématiques

- Nombre dérivé, fonction dérivée.
- Intégrale et aire sous une courbe.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Comparaison des modes de production d'énergie pour des véhicules autonomes.
- Transformation d'un vélo classique en vélo à assistance électrique.
- Comparer l'autonomie de véhicules de différentes motorisations.

• Énergie chimique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Piles, accumulateurs. Conversion d'énergie chimique en énergie électrique.	- Distinguer une pile d'un accumulateur. - Calculer l'énergie totale stockée dans une batterie d'accumulateurs ou une pile à partir des caractéristiques tension et quantité d'électricité stockée. - <i>Exploiter les principales caractéristiques des piles ou accumulateurs (tension à vide, capacité, énergies massique et volumique, nombre de cycles de charge et décharge) pour les utiliser dans des applications spécifiques.</i>

Repères pour l'enseignement

Le professeur montre la contribution de la physique à l'évolution technologique des piles et des accumulateurs.

Liens avec les mathématiques

- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Choisir les piles ou accumulateurs en fonction d'un cahier des charges donné.
- Systèmes embarqués.
- Étude comparative de batteries de véhicules électriques ou hybrides.

• Énergie électrique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Le régime sinusoïdal. Puissance active et puissance apparente.	- Indiquer que la puissance apparente S, égale au produit des valeurs efficaces de la tension et de l'intensité du courant, est une grandeur de dimensionnement d'une installation ou d'un équipement électrique. - Indiquer que la puissance active P est égale à la puissance moyenne mise en jeu par une installation ou d'un équipement électrique. - <i>Mesurer une puissance active P et apparente S en régime sinusoïdal.</i> - <i>Utiliser un outil numérique (tableur, logiciel ou programme informatique) pour calculer la valeur de la puissance active d'un système à partir des évolutions temporelles de la tension et de l'intensité du courant.</i> - Calculer le facteur de puissance $k = P/S$ d'un récepteur en régime sinusoïdal.
Transport et distribution de l'énergie électrique.	- Représenter le schéma simplifié de l'organisation du transport et de la distribution de l'énergie électrique pour une ligne monophasée. - Distinguer et citer les caractéristiques essentielles du réseau de distribution électrique. - Relier qualitativement le facteur de puissance d'un équipement de puissance donnée aux pertes dans les lignes d'alimentation.

	- Citer les rôles du transformateur (élévation de tension, diminution de tension, isolation galvanique). - <i>Mesurer le rendement et le rapport de transformation d'un transformateur monophasé.</i> - Relier qualitativement l'augmentation, pour une charge donnée, de la tension de distribution à la diminution des pertes dans les lignes d'alimentation.
Protection des individus contre les risques du courant électrique.	- Exploiter des documents mettant en évidence les seuils de dangerosité du courant électrique. - Citer des dispositifs de protection des individus contre les risques du courant électrique : isolation, alimentation en très basse tension et disjoncteur différentiel dans une installation domestique.
Protection des matériels contre les risques du courant électrique.	- Citer des dispositifs de protection des matériels contre les risques du courant électrique : fusible et disjoncteur.

Repères pour l'enseignement

Pour préparer les élèves à la modélisation, le professeur pourra introduire la représentation complexe d'un courant électrique sinusoïdal.

Liens avec les mathématiques

- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.
- Nombres complexes.
- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Limitation des pertes dans un réseau électrique en régime sinusoïdal.
- Gestion et optimisation de la distribution ou de la consommation de l'énergie électrique.

• Énergie interne

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Flux thermique.	- Définir le flux thermique à travers une paroi comme un débit d'énergie équivalent à une puissance. - Calculer le flux thermique à travers une paroi.
Conduction et résistance thermique. Conductivité thermique.	- Exploiter la relation entre flux thermique à travers une paroi en régime permanent, résistance thermique et écart de température. - Relier qualitativement l'augmentation de la résistance thermique d'une paroi à la diminution du flux thermique la traversant pour un même écart de température. - Calculer la valeur de la résistance thermique d'une paroi à partir de son épaisseur et de la conductivité thermique du matériau. - Calculer la résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs couches de matériaux différents. - <i>Déterminer expérimentalement la résistance thermique d'une paroi.</i>

Liens avec les mathématiques

- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude de l'efficacité énergétique d'un double ou d'un triple vitrage.
- Comparaison des structures de bâtiments à énergie positive : impact de l'ossature bois ou de la structure béton sur l'efficacité énergétique.
- Exploitation de la thermographie infra-rouge pour contrôler l'isolation thermique d'un bâtiment.

• Énergie mécanique

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Principe fondamental de la dynamique.	- Déterminer, à partir de l'accélération, la résultante des forces appliquées à un système dont le mouvement est rectiligne. - Déterminer les caractéristiques de l'accélération d'un système dans le cas d'un mouvement rectiligne à partir des forces extérieures appliquées. - <i>Exploiter numériquement des résultats expérimentaux pour valider le modèle de la chute libre.</i> - <i>Mesurer des accélérations et en déduire la résultante des forces extérieures appliquées au système étudié.</i>
Force de frottement entre un fluide et un solide. Force de frottement entre solides. Transfert d'énergie par travail mécanique.	- <i>Exploiter des mesures pour modéliser une force de résistance aérodynamique lors d'un déplacement d'un solide à vitesse constante.</i> - Exploiter la relation entre la variation d'énergie cinétique d'un solide en translation et le travail des forces extérieures appliquées pour déterminer une force de frottement supposée constante (frottement solide-solide).
Mouvement de rotation. Actions mécaniques : moment d'une force, couple de forces et moment d'un couple.	- Écrire et exploiter la relation entre vitesse linéaire et vitesse angulaire. - Définir et calculer le moment d'une force et d'un couple de forces. - Exploiter graphiquement la caractéristique mécanique d'un moteur pour déterminer le point de fonctionnement d'un ensemble moteur-charge en régime permanent.
Force pressante et pression dans un fluide incompressible en équilibre. Statique des fluides.	- Définir la pression exercée sur une surface à partir de la résultante des forces pressantes appliquées. - Distinguer la pression absolue de la pression relative. - Citer et exploiter le principe fondamental de l'hydrostatique. - <i>Mesurer des pressions ou des différences de pression.</i>

Repères pour l'enseignement

Les vitesses et les accélérations sont soit mesurées à l'aide de capteurs spécifiques soit évaluées avec des logiciels de pointage.

Les aspects cinématiques du mouvement d'un point sont traités dans la partie « Mathématiques » du programme et éventuellement réinvestis dans cette partie de physique.

L'étude de la notion de pression, de la statique des fluides incompressibles permet une première approche des concepts qui seront remobilisés lors de l'étude de la dynamique des fluides dans l'enseignement supérieur.

Liens avec les mathématiques

- Dérivées.
- Produit scalaire (programme de première).
- Lecture et exploitation de courbes.
- Géométrie dans le plan.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Ballon sonde atmosphérique : thermographie par ballon captif relié au sol (évolution de la pression liée à l'altitude).
- Étude de la flottabilité d'un engin sous-marin.
- Les mouvements avec frottement : propulsion axiale d'un engin sous-marin ou d'un ballon dirigeable.

• Énergie transportée par la lumière

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Modèle corpusculaire de la lumière (le photon). Énergie d'un photon.	- Interpréter les échanges d'énergie entre la matière et la lumière à l'aide de la notion de photon. - Citer et exploiter la relation $\Delta E = h.f$ reliant une variation d'énergie à la fréquence des photons émis ou reçus.
Conversion photovoltaïque. Conversion photothermique.	- Identifier les formes d'énergie mises en jeu dans une conversion photovoltaïque et une conversion photothermique. - Exploiter les caractéristiques tension-courant d'un panneau photovoltaïque pour identifier son point de fonctionnement. - Réaliser le bilan de puissance pour déterminer le rendement d'une conversion photovoltaïque et d'une conversion photothermique.

Repères pour l'enseignement

Les phénomènes physiques mis en jeu dans un panneau photovoltaïque ne sont pas abordés, seuls des aspects énergétiques sont traités.

Liens avec les mathématiques

- Géométrie dans le plan.
- Lecture et exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projet d'application

- Comparaison du rendement de conversion de divers panneaux solaires photovoltaïques (monocristallins, polycristallins, amorphes).
- Étude de l'autonomie énergétique d'une habitation équipée de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques.
- La voile solaire.

Matière et matériaux

• Propriétés des matériaux et organisation de la matière

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Changements d'état et transferts thermiques.	- Associer, dans le cas de l'eau, un changement d'état à l'établissement ou à la rupture de liaisons hydrogène entre molécules. - Utiliser un diagramme d'état (P, T) pour déterminer l'état final d'un fluide lors d'une transformation physique d'un corps pur. - <i>Établir expérimentalement le bilan énergétique de la transformation physique d'une entité chimique.</i> - Utiliser l'énergie massique de changement d'état et les capacités thermiques massiques pour calculer les énergies mises en jeu.
Radioactivité naturelle et artificielle. Rayonnement radioactif de type alpha, beta et gamma. Activité. Loi de décroissance radioactive et demi-vie. $N(t) = N(0) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$ où τ est la demi-vie de l'espèce considérée.	- Distinguer la radioactivité naturelle de la radioactivité artificielle. - Citer les différents types de rayonnement radioactif et préciser la nature des particules émises. - Citer la définition de l'activité d'une source radioactive et indiquer son unité. - Exploiter la définition de la demi-vie d'une espèce radioactive. - Comparer la décroissance radioactive de deux espèces connaissant leurs demi-vies respectives.
Réaction de fission. Réaction de fusion. Défaut de masse et énergie libérée.	- Distinguer une réaction de fission d'une réaction de fusion, l'équation nucléaire étant donnée. - Déterminer la valeur du défaut de masse lors d'une réaction nucléaire l'équation étant donnée. - Calculer l'énergie libérée lors d'une réaction nucléaire, le défaut de masse étant connu.

Repères pour l'enseignement

Ces notions sont contextualisées dans le cadre des débats de société sur les enjeux de la production d'énergie.

Le professeur établit l'équation d'une réaction de fission, les noyaux père et fils étant donnés, afin de permettre son exploitation avec les élèves.

Liens avec les mathématiques

- Fonction exponentielle, propriétés algébriques et représentation graphique.
- Fonction logarithme népérien.
- Équations différentielles.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Outils de diagnostic médical : comparaison des techniques radioscopiques non invasives sur le corps humain : tomographie, scintigraphie...
- Datation radioactive utilisée en archéologie ou géologie.
- Production d'énergie par fission et fusion, centrale nucléaire, projet ITER.
- Pompe à chaleur.

• Combustions

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Bilan énergétique d'une combustion complète.	- Utiliser le modèle de la réaction chimique pour déterminer l'énergie échangée entre le système chimique étudié et le milieu extérieur lors d'une combustion complète.

Repères pour l'enseignement

Les carburants étudiés sont limités aux alcanes, alcènes et alcools. Les notions abordées en première sont réinvesties pour établir le bilan énergétique à partir du bilan de matière. Les quantités de produits formés, notamment le dioxyde de carbone, sont exploitées pour illustrer la problématique du réchauffement climatique.

Liens avec les mathématiques

- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Étude comparée de la combustion d'une chaudière avec ou sans condensation.
- Étude comparée de dispositifs de chauffage à combustion (efficacité énergétique, bilan carbone, coût ...).

• Oxydo-réduction : piles, accumulateurs et piles à combustible

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transformation chimique et générateurs électriques. Piles, accumulateurs. Piles à combustible.	- Identifier l'oxydant et le réducteur mis en jeu dans une pile ou un accumulateur à partir de la polarité de la pile ou des couples oxydant/réducteur utilisés. - Exploiter les équations d'une réaction d'oxydo-réduction pour réaliser un bilan de matière dans le cas d'une charge puis d'une décharge d'un accumulateur. - Exploiter les équations d'une réaction d'oxydo-réduction pour réaliser un bilan de matière dans le cas d'une pile à combustible.

Repères pour l'enseignement

Les notions introduites en première sont mobilisées pour étudier la réversibilité des équations d'oxydo-réduction et de ses applications fonctionnelles.

L'utilisation d'un tableau d'avancement n'est ni utile, ni exigée.

Liens avec les mathématiques

- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Production d'énergie pour des systèmes autonomes.
- Véhicules à hydrogène.

• **Réactions chimiques acido-basiques**

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Définition d'un acide et d'une base. Couple acide-base. Définition du pH. Réaction acido-basique.	- Définir un acide comme un donneur de proton et une base comme un accepteur de proton. - Identifier un acide et une base dans un couple donné. - Citer et exploiter la relation entre la concentration en ions H_3O^+ d'une solution aqueuse et la valeur du pH. - Prévoir le sens d'évolution du pH lors d'une dilution d'une solution aqueuse de pH connu. - Écrire et exploiter l'équation chimique d'une réaction entre un acide et une base, les couples acide/base étant donnés. - <i>Mesurer le pH d'une solution aqueuse.</i> - <i>Proposer et réaliser un protocole permettant d'obtenir une solution de concentration molaire donnée par dilution.</i>

Repères pour l'enseignement

L'étude des réactions acido-basiques est contextualisée dans les problématiques de pollution et de traitement de l'eau, des pluies acides et de l'acidification des océans.

Liens avec les mathématiques

- Exploitation de courbes.
- Fonction logarithme décimal.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Traitement des pluies acides.
- Traitement d'eau des piscines par électrolyse au sel.
- Neutralisation des rejets industriels.

Ondes et signaux

• Notion d'onde

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Spectre d'amplitude d'un signal périodique.	- Comprendre qu'un signal périodique quelconque peut être décomposé en une somme d'un signal continu (composante continue) et de signaux sinusoïdaux. - Identifier la fréquence du fondamental d'un signal périodique. - Exploiter un spectre d'amplitude d'un signal périodique pour déterminer la valeur absolue de la composante continue, l'amplitude et la fréquence du fondamental et des harmoniques présents. - Déterminer le rang d'un harmonique à partir de sa fréquence et de la fréquence du signal. - <i>Relever expérimentalement le spectre d'amplitude d'une onde périodique : déterminer la fréquence du fondamental et des harmoniques.</i>
Transmission d'un signal.	- Déterminer l'intervalle de fréquence nécessaire pour transmettre un signal comportant un ensemble d'harmoniques choisis.

Repères pour l'enseignement

L'enseignement s'appuie sur les systèmes communicants mis en œuvre dans les différents domaines de la vie courante et de l'industrie.

Le professeur veille à montrer que le spectre d'amplitude seul ne suffit pas à caractériser un signal périodique. Il montre que deux signaux périodiques de formes différentes peuvent avoir le même spectre d'amplitude.

La définition et l'utilisation des décibels ne sont pas abordées dans ce cadre ; elles le sont uniquement dans le cadre des ondes sonores.

Liens avec les mathématiques

- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.
- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et mini-projets d'application

- Observation des transpositions en fréquence induits par les modulations.
- Utilisation de l'analyse spectrale pour la détection de pollution électromagnétique.

• Ondes sonores

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Spectre d'amplitude d'un son. Son pur et son complexe. Notion de timbre et de hauteur.	- <i>Utiliser un outil numérique pour relever le spectre d'amplitude d'un signal sonore périodique (son pur et son complexe).</i> - Déterminer la fréquence du fondamental et des harmoniques à partir du spectre d'amplitude d'un signal sonore. - Définir et distinguer la notion de timbre et de hauteur.
Intensité acoustique et niveau sonore.	- Exploiter la relation entre l'intensité acoustique et le niveau sonore.

	- Citer et exploiter l'unité correspondant au niveau sonore : le décibel (dB). - Exploiter des informations relatives aux courbes de sensibilité de l'oreille humaine (fréquences audibles, seuil d'audibilité, seuil de douleur, etc.). - <i>Mesurer des niveaux sonores.</i>
Transmission et absorption.	- <i>Mettre en évidence expérimentalement les phénomènes de transmission ou d'absorption d'un son par différents matériaux.</i>

Repères pour l'enseignement

Le professeur montre l'influence des harmoniques sur la forme du signal et le timbre du son.

Liens avec les mathématiques

- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.
- Fonction logarithme décimal.
- Exploitation de courbes.

Exemple de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

- Casque audio à réduction de bruit active.
- Étude comparative des solutions d'isolation acoustique.
- Étude de protection auditive.

• Ondes électromagnétiques

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Spectre des ondes électromagnétiques utilisées en communication.	- Positionner les domaines fréquentiels des ondes utilisés dans les télécommunications sur une échelle de fréquence ou de longueur d'onde, à partir de données fournies.
Transmission d'informations.	- Associer qualitativement la transmission d'informations différentes dans un même milieu à une transposition fréquentielle. - Relier le domaine de fréquence exploité à la dimension des antennes utilisées. - <i>Mettre en œuvre une transmission d'informations par infrarouge ou onde radio.</i> - <i>Mettre en œuvre une transmission par fibre optique.</i>

Repères pour l'enseignement

La structure de l'onde électromagnétique n'est pas introduite.

La relation entre longueur d'onde, fréquence et célérité vue en première est remobilisée pour ordonner les domaines de fréquence des ondes utilisés dans les télécommunications.

Liens avec les mathématiques

- Fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.
- Exploitation de courbes.

Exemples de situation-problème d'apprentissage et projets d'application

- Mise en œuvre de composants optoélectroniques dans un système de transmission.
- Étude des signaux d'une télécommande infra-rouge.
- Transmission par courant porteur en ligne.

Programme de mathématiques

Intentions majeures

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

- permettre l'acquisition de connaissances et le développement de compétences mathématiques immédiatement utiles pour la physique et la chimie (intégration, fonction exponentielle de base e) ;
- développer des capacités d'abstraction, de raisonnement et d'analyse critique dont le rôle est essentiel dans la réussite d'études supérieures.

Plusieurs concepts et outils mathématiques, déjà abordés en classe de première, seront utilement consolidés et réinvestis dans le cadre d'activités conjointes menées avec le professeur de physique-chimie.

La progression retenue pour la partie « Mathématiques » du programme doit tenir compte à la fois de l'avancement de l'enseignement commun de mathématiques et de l'utilisation des notions mathématiques dans l'enseignement de physique-chimie.

Analyse

• Intégration

Contenus

- Définition de l'intégrale entre a et b ($a < b$) d'une fonction f positive sur $[a;b]$ comme aire sous la courbe ; notation $\int_a^b f(x)dx$.
- Approximation d'une intégrale par la méthode des rectangles. Mise en relation des écritures $\sum_{i=1}^n f(x_i)\Delta x_i$ et $\int_a^b f(x)dx$.
- Définition de l'intégrale d'une fonction négative sur $[a;b]$; extension aux fonctions ne gardant pas un signe constant.
- Définition de $\int_a^b f(x)dx$ lorsque $a > b$.
- Propriétés de l'intégrale : linéarité, positivité, croissance, relation de Chasles.
- Valeur moyenne d'une fonction.
- Intégrale dépendant de sa borne supérieure : $F(x) = \int_a^x f(t)dt$; dérivée.
- $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$ où F est une primitive de f .

Capacités attendues

- Calculer l'intégrale d'une fonction sur un intervalle $[a;b]$.
- Calculer la valeur moyenne d'une fonction sur un intervalle $[a;b]$.
- Calculer une aire sous une courbe ou entre deux courbes.

Commentaires

- L'existence de l'intégrale est admise pour toutes les fonctions considérées.
- La formule de l'aire d'un rectangle (respectivement d'un trapèze) est utilisée pour calculer l'intégrale entre a et b d'une fonction constante (respectivement d'une fonction affine).
- La propriété de croissance de l'intégrale et la relation de Chasles sont mises en relation avec les propriétés des aires dans le cas de fonctions positives et admises dans le cas général.

- Un logiciel de géométrie dynamique permet de visualiser la méthode des rectangles et d'appréhender la fonction $x \mapsto F_a(x) = \int_a^x f(t)dt$.
- Dans une intégrale $\int_a^x f(t)dt$ on distingue le statut du paramètre a , de la variable x et de la variable muette t .
- La valeur moyenne d'une fonction positive sur un intervalle $[a;b]$ s'interprète comme l'une des dimensions d'un rectangle dont l'aire est égale à l'intégrale $\int_a^b f(x)dx$ et dont l'autre vaut $b - a$.
- Dans le cas d'une fonction f positive et croissante, la valeur de la dérivée en x_0 de la fonction $x \mapsto F_a(x) = \int_a^x f(t)dt$ est obtenue en encadrant le taux de variation de F_a entre x_0 et $x_0 + \Delta x$ par $f(x_0)$ et $f(x_0 + \Delta x)$.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Remobiliser la notion de primitive dans le cadre de la cinématique étudiée en physique.
- Déterminer l'énergie mise en jeu par un système pendant un intervalle de temps donné à partir de la courbe représentant la puissance en fonction du temps.
- Déterminer la puissance active, égale à la puissance moyenne mise en jeu par un dipôle linéaire en régime sinusoïdal à partir de la courbe représentant la puissance en fonction du temps sur une période.

Situations algorithmiques et numériques

- Calculer une valeur approchée d'une intégrale par la méthode des rectangles.
- Estimer une aire par la méthode de Monte-Carlo.

• La fonction exponentielle de base e

Contenus

- Nombre e et fonction $x \mapsto e^x$.
- Dérivée de la fonction $x \mapsto e^x$.
- Dérivée de la fonction $x \mapsto e^{kx}$ pour k réel.
- Courbe représentative.
- Limites en $-\infty$ et en $+\infty$.
- Croissance comparée en $+\infty$: $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n}$; $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^n e^{-x}$ pour n entier naturel non nul.

Capacités attendues

- Utiliser les propriétés algébriques de l'exponentielle pour transformer des expressions.
- Étudier les variations de fonctions somme, produit ou quotient de fonctions exponentielles (du type $x \mapsto e^{kx}$ pour k réel) et de fonctions polynômes.
- Déterminer les limites en $-\infty$ et en $+\infty$ de fonctions somme, produit ou quotient de fonctions exponentielles et de fonctions polynômes.

Commentaires

- L'introduction de la fonction exponentielle fait suite au travail sur les fonctions $x \mapsto a^x$ (pour $a > 0$) de l'enseignement commun. Le nombre e est introduit en recherchant, à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique, une valeur du paramètre a pour laquelle la fonction $x \mapsto a^x$ a une tangente en O de pente égale à 1. L'existence et l'unicité de cette valeur, notée e (appelée nombre d'Euler), sont admises.
- Une approche expérimentale permet de percevoir les résultats sur les limites. Dans les exercices, on étend naturellement et sans formalisme les résultats du cours à des

fonctions du type $x \mapsto \frac{e^{kx}}{x^n}$ ou $x \mapsto x^n e^{-kx}$ pour des valeurs numériques strictement positives du réel k et de l'entier n .

- L'égalité $\frac{e^{x_0+\Delta x} - e^{x_0}}{\Delta x} = e^{x_0} \times \frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x}$ permet de justifier la dérivée de $x \mapsto e^x$ en x_0 .
- La dérivée de $x \mapsto e^{kx}$ est obtenue par application du résultat sur la dérivation de $x \mapsto f(ax+b)$, au programme de la classe de première STI2D.

Situations algorithmiques et numériques

- Recherche d'une valeur approchée de e par balayage ou dichotomie sur les valeurs de a , le nombre dérivé en 0 de la fonction $x \mapsto a^x$ étant approché par le taux de variation pour un accroissement Δx arbitrairement fixé.

• La fonction logarithme népérien

Contenus

- Définition du logarithme népérien de a pour $a > 0$ comme unique solution de l'équation $e^x = a$; notation $\ln$.
- Sens de variation.
- Propriétés algébriques : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$, $\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln a - \ln b$, $\ln(a^n) = n \ln a$, $\ln(\sqrt{a}) = \frac{1}{2} \ln(a)$, $\ln(a^x) = x \ln a$ pour n entier, x réel, a et b réels strictement positifs.
- Lien avec le logarithme décimal.
- Courbe représentative.
- Limites en 0 et en $+\infty$.

Capacités attendues

- Utiliser les propriétés algébriques de la fonction logarithme népérien pour transformer des expressions.
- Résoudre des équations et des inéquations d'inconnue x du type : $e^{ax} = b$; $e^{ax} > b$; $\ln(x) = b$; $\ln(x) > b$.
- Étudier des fonctions somme, produit ou quotient de fonctions polynômes et de la fonction $x \mapsto \ln(x)$.

Commentaires

- Pour la définition du logarithme népérien de a , l'existence et l'unicité de la solution de l'équation $e^x = a$ pour $a > 0$ sont admises.
- La croissance de la fonction logarithme népérien peut être obtenue à partir de la définition du logarithme népérien et de la croissance de la fonction exponentielle.
- Le travail sur la fonction logarithme népérien est pensé en lien avec celui sur la fonction logarithme décimal de l'enseignement commun afin d'assurer la cohérence didactique.
- L'égalité $\ln(a^x) = x \ln a$ pour x non entier est admise. Elle peut être démontrée pour x entier.
- L'expression de la dérivée de la fonction $x \mapsto \ln(x)$ peut être admise dans un premier temps, puis justifiée en appliquant le théorème de dérivation d'une fonction composée à la fonction $x \mapsto e^{\ln(x)}$ et en exploitant l'identité : $e^{\ln(x)} = x$.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Calcul de la demi-vie d'un élément radioactif.
- Niveau d'une onde sonore.
- Calcul de pH.

• Équations différentielles

Contenus

- Notion d'équation différentielle ; notion de solution.
- Équations différentielles du type $y' = ay$; $y' = ay + b$.

Capacités attendues

- Vérifier qu'une fonction donnée est solution d'une équation différentielle.
- Déterminer l'ensemble des solutions d'une équation différentielle du type : $y' = ay + b$.
- Déterminer la solution d'une équation différentielle du type : $y' = ay + b$ vérifiant une condition initiale $y(x_0)$ donnée.

Commentaires

- Pour faciliter la compréhension de la notion d'équation différentielle, des exemples ne relevant pas uniquement du cadre linéaire à coefficients constants ou du premier ordre sont présentés. Par exemple : $2y - xy' = 0$, $y' + y^2 = 0$, $y'' + \omega^2 y = 0 \dots$
- Dans le cas de l'équation homogène $y' = ay$, il est possible de démontrer que la somme de deux solutions et le produit d'une solution par une constante sont encore solutions.
- L'unicité de la solution d'une équation différentielle vérifiant une condition initiale donnée est admise.
- Les notations de la dérivée, y' et $\frac{dy}{dx}$, sont toutes deux utilisées. La première privilégie l'aspect fonctionnel, la seconde, particulièrement adaptée aux sciences physiques, met en évidence le nom de la variable et exprime un rapport de variations infinitésimales entre deux grandeurs.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Loi de décroissance radioactive.

Situations algorithmiques et numériques

- Méthode d'Euler pour approcher la courbe représentative de la fonction exponentielle, solution de l'équation différentielle : $y' = y$ avec la condition initiale $y(0) = 1$.

• La composition de fonctions

Contenus

- Définition de la composée de deux fonctions ; notation $v \circ u$.
- Dérivée de la composée de deux fonctions : $(v \circ u)' = u' \times (v' \circ u)$.
- Expression d'une primitive de $u'f(u)$ en fonction d'une primitive de f et de la fonction u .

Capacités attendues

- Identifier la composée de deux fonctions dans une expression simple.
- Calculer la dérivée des fonctions composées usuelles :
 - $x \mapsto (u(x))^n$ pour n entier relatif ;
 - $x \mapsto \cos(u(x))$ et $x \mapsto \sin(u(x))$;
 - $x \mapsto e^{u(x)}$ et $x \mapsto \ln(u(x))$.
- Calculer des primitives de fonctions de la forme :
 - $x \mapsto f(ax + b)$ connaissant une primitive de f ;
 - $u' u^n$ pour n entier relatif ; cas particulier de $\frac{u'}{u}$;
 - $u' e^u$; $u' \cos u$; $u' \sin u$.

Commentaires

- La compréhension de la formule générale de dérivation d'une fonction composée peut s'appuyer sur l'écriture du taux de variation $\frac{v(u(x)) - v(u(x_0))}{x - x_0} = \frac{v(u(x)) - v(u(x_0))}{u(x) - u(x_0)} \times \frac{u(x) - u(x_0)}{x - x_0}$ sous la forme $\left(\frac{\Delta(v \circ u)}{\Delta x}\right)_{x_0} = \left(\frac{\Delta v}{\Delta u}\right)_{u(x_0)} \times \left(\frac{\Delta u}{\Delta x}\right)_{x_0}$ (avec un abus d'écriture dans le second membre de cette dernière l'égalité).
- La formule générale $(v \circ u)' = u' \times (v' \circ u)$ permet d'unifier, en fin d'apprentissage, les résultats relatifs aux dérivées des fonctions composées usuelles.
- La formule de la dérivée du quotient, admise en classe de première, peut être ici démontrée en écrivant : $\frac{u}{v} = u \times \frac{1}{v}$.

Nombres complexes

Contenus

- Exponentielle complexe : $e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$.
- Écriture d'un nombre complexe non nul sous la forme $re^{i\theta}$ avec $r > 0$.
- Formules d'addition et de duplication des sinus et des cosinus.
- Linéarisation de $\cos^2 \theta$ et $\sin^2 \theta$; application aux calculs de primitives.
- Expression complexe des translations, rotations et homothéties.

Capacités attendues

- Passer de la forme algébrique à une forme exponentielle et inversement.
- Transformer à l'aide des formules d'addition $a \cos(\omega t) + b \sin(\omega t)$ en $A \cos(\omega t + \varphi)$ et inversement.
- Résoudre dans l'ensemble $\mathbb{C}$ des nombres complexes une équation du premier degré ou du type $z^2 = a$ pour a réel.
- Interpréter géométriquement les transformations du type $z \mapsto z + b$, (b étant un nombre complexe quelconque) et $z \mapsto az$ lorsque a est un nombre réel non nul ou un nombre complexe de module 1.

Commentaires

- Les formules d'addition et de duplication des sinus et cosinus sont démontrées en admettant l'extension des propriétés de l'exponentielle réelle à $e^{i\theta}$.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Régime électrique sinusoïdal.

Annexe 2

Programme de physique-chimie pour la santé de première ST2S

Préambule

Objectifs de formation

Mesure et incertitudes

Organisation et sommaire

Contenus disciplinaires

Thème 1 : Prévenir et sécuriser

Thème 2 : Analyser et diagnostiquer

Thème 3 : Faire des choix autonomes et responsables

Préambule

Objectifs de formation

- **Une formation scientifique reposant sur une contextualisation marquée par l'interdisciplinarité**

Situé dans le prolongement du programme de physique-chimie de la classe de seconde, le programme de physique-chimie pour la santé de la série ST2S s'oriente sensiblement vers une contextualisation marquée dans les domaines du vivant, de la santé et de l'environnement. Il vise la construction d'une culture marquée par le dialogue entre physique, chimie, biologie et physiopathologie humaine. L'ambition du programme est déclinée en plusieurs objectifs.

Le premier objectif est d'amener les élèves à maîtriser la compréhension des phénomènes abordés reposant sur le recours à des lois universelles.

Le deuxième objectif est de former des citoyens responsables et autonomes qui devront faire des choix ayant une incidence individuelle ou collective sur la santé et sur l'environnement. À cet égard, la physique-chimie contribue à l'éducation à la citoyenneté et au développement durable : elle développe une démarche d'analyse afin d'établir un diagnostic, ainsi qu'une démarche de prévention pour prévenir les risques et sensibiliser les élèves à l'importance des choix opérés de manière autonome et responsable. Les contextes choisis s'inscrivent d'une part dans le cadre environnemental, notamment l'habitat, la conduite sur route, la chaîne agroalimentaire, l'eau, les sols, ainsi que les risques, pollutions et protections afférentes ; ils se situent d'autre part dans le cadre des fonctions vitales de l'être humain, notamment la vision, l'audition, la circulation sanguine ou encore le métabolisme des nutriments ainsi que les besoins et pathologies associés.

- **Une formation scientifique adaptée à une poursuite d'études pour une insertion professionnelle dans les secteurs du travail social et de la santé**

Le troisième objectif du programme est de susciter et de préparer la poursuite d'études ainsi qu'une insertion professionnelle réussie. Les notions et les contextes qui fondent l'enseignement de physique-chimie sont choisis afin d'éclairer les élèves sur les défis de société et les enjeux des développements actuels et futurs dans les domaines du vivant, de la santé et de l'environnement. L'enseignement de physique-chimie doit permettre à chaque élève de découvrir le fondement scientifique de certains domaines professionnels et d'acquérir les compétences pour une poursuite d'études dans des filières variées appartenant aux secteurs du travail social ou de la santé.

- **Une formation scientifique contribuant à l'acquisition de compétences multiples**

La démarche scientifique est au cœur de l'enseignement de physique-chimie. Elle met l'accent sur l'analyse des données qualitatives et quantitatives tout en évitant les aspects calculatoires trop complexes. Elle permet la compréhension des phénomènes par l'expérimentation, l'usage éclairé de modèles simples, la vérification de lois simples, le raisonnement déductif ou prospectif.

Dans la continuité du programme de la classe de seconde, une attention particulière est apportée à la présentation des unités et des ordres de grandeur, à l'approche qualitative de la variabilité de la mesure d'une grandeur physique et de l'incertitude-type, à la maîtrise de notions mathématiques et numériques (proportionnalité, fonctions, programmation, simulation, etc.).

Différentes pratiques pédagogiques et didactiques sont nécessaires pour permettre les acquisitions : l'exposé, l'activité expérimentale, l'approche documentaire, la question ouverte etc. Les liens doivent être tissés entre les notions et contenus du programme et la vie

quotidienne, l'actualité de la société, voire la recherche et le développement. À cet égard, l'enseignement de physique-chimie contribue à développer la capacité des élèves à porter un regard critique et éclairé sur l'information ; il lutte contre les représentations arbitraires et les croyances infondées, en privilégiant les analyses et les raisonnements scientifiques.

L'enseignement de physique-chimie contribue à l'acquisition de compétences multiples chez l'élève : compétences scientifiques développées par la démarche scientifique fondée sur la maîtrise des notions et contenus du programme de physique-chimie, autonomie, initiative et esprit critique, qualités de l'expression écrite et orale, compétences sociales et capacités d'organisation portées par le travail en équipe et le respect des règles de sécurité. Il 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.

Les compétences de la démarche scientifique, identifiées ci-dessous, visent à structurer la formation et l'évaluation des élèves. Quelques exemples de capacités associées précisent les contours de chaque compétence, l'ensemble n'ayant pas vocation à constituer un cadre rigide ni exhaustif.

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution de problème. - Évaluer des ordres de grandeur. - Proposer des lois pertinentes. - Choisir, proposer, justifier un protocole. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mener une démarche. - Utiliser un modèle théorique. - Effectuer des procédures courantes (calculs, graphes, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité adaptées.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vérification. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer une valeur mesurée à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations à la démarche ou au modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter de manière argumentée une démarche synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés. - Échanger entre pairs.

Mesure et incertitudes

Dans la continuité de la classe de seconde, l'objectif est, à partir d'exemples simples et significatifs, d'approfondir la prise en compte, par l'élève, de la variabilité des valeurs obtenues dans le cadre d'une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique. L'influence de l'instrument de mesure ou du protocole est au centre des activités expérimentales. Lorsque cela est pertinent dans le domaine des applications à la santé, la valeur mesurée est comparée à une valeur de référence afin de conclure qualitativement à la compatibilité ou à la non-compatibilité.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique	Exploiter une série de mesures indépendantes d'une grandeur physique : histogramme, moyenne et écart-type. Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.
Incertitude-type	Définir qualitativement une incertitude-type et l'évaluer par une approche statistique.
Écriture du résultat	Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure unique.
Valeur de référence	Comparer qualitativement un résultat à une valeur de référence.

Organisation et sommaire

Le programme de physique-chimie de la série technologique ST2S est conçu dans le cadre des deux années du cycle terminal. Trois thèmes communs aux deux années sont étudiés pendant chaque année du cycle : « Prévenir et sécuriser », « Analyser et diagnostiquer », « Faire des choix autonomes et responsables ». Cette organisation favorise, en classe terminale, un retour sur les acquis de la classe de première. Chaque thème est décliné en parties abordées sous la forme de questionnements.

Chaque partie du programme est présentée sous la forme d'un tableau explicitant les notions et les contenus, lesquels sont éclairés par la définition des connaissances et des capacités exigibles. Celles-ci intègrent notamment le domaine expérimental, signalé dans la présentation par l'usage des italiques. Les notions et contenus, notamment lorsqu'ils relèvent des sciences du vivant, doivent être abordés sous l'angle des principes physico-chimiques, pour favoriser la transversalité et la complémentarité entre l'enseignement de physique-chimie pour la santé et ceux de biologie et physiopathologie humaines.

Chacune des parties explicite les contours des aspects scientifiques et leurs prolongements possibles, les liens scientifiques interdisciplinaires et les liens avec le programme de seconde.

Contenus disciplinaires

Thème 1 : Prévenir et sécuriser

Le développement des activités humaines entraîne une évolution des usages dans la vie quotidienne. Le citoyen est amené à utiliser des produits phytosanitaires, des médicaments et des cosmétiques. Il consomme également des aliments, qu'ils soient frais, conservés ou transformés. Il est enfin de plus en plus sensibilisé à la nécessité d'adopter une attitude responsable vis-à-vis d'autrui et de l'environnement. La prévention des risques liés aux activités quotidiennes s'appuie sur des connaissances physico-chimiques précises ; elle détermine à la fois le cadre d'information réglementaire et la formation du citoyen.

- La sécurité chimique et électrique dans l'habitat**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Comment peut-on utiliser les produits ménagers acides ou basiques en toute sécurité ?	
Quantité de matière, relation entre masse et quantité de matière Soluté et solvant Concentration massique C_m et concentration molaire C d'un soluté en solution pH d'une solution aqueuse $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ Mesure du pH d'une solution aqueuse Acide, base, couple acide/base, réaction acido-basique Échelles d'acidité et de basicité, solution aqueuse acide, basique, neutre Autoprotolyse de l'eau, produit ionique de l'eau, concentrations molaires $[H_3O^+]$ et $[HO^-]$ Pictogrammes de sécurité Règles de sécurité chimique relatives aux acides et bases	Calculer une masse molaire M . Connaître et utiliser la relation $n = m/M$. Définir un soluté, un solvant et une solution. Connaître et utiliser les relations $n = C \times V$ et $m = C_m \times V$. <i>Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole de dissolution et de dilution pour préparer une solution de concentration molaire ou de concentration massique donnée en soluté moléculaire ou ionique.</i> Connaître et utiliser la relation $[H_3O^+] = 10^{-pH}$. Définir le caractère neutre, acide ou basique d'une solution aqueuse en termes de pH. <i>Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole expérimental pour mesurer le pH d'une solution aqueuse.</i> Définir un acide et une base selon Brønsted. Écrire l'équation d'une réaction acido-basique à partir des couples acide/base. Connaître le nom usuel et les formules des acides et des bases les plus courants : acide chlorhydrique, acide éthanoïque, acide sulfurique, soude, ammoniac. Écrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau. Utiliser, sans calcul, l'expression du produit ionique de l'eau pour relier qualitativement les concentrations $[H_3O^+]$ et $[HO^-]$. <i>Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole de classement de produits ménagers selon leur acidité.</i> Connaître la signification des pictogrammes de sécurité. Appliquer les règles de sécurité liées à l'usage des solutions acides et basiques concentrées, et à leur mélange. Connaître les gestes de secours en cas de projection d'acide ou de base. <i>Dans le cadre de la gestion des déchets, mettre en œuvre un protocole de neutralisation d'une solution acide par une solution basique ou inversement.</i>

Comment peut-on utiliser les produits désinfectants et antiseptiques en toute sécurité ?

Oxydant, réducteur, couple oxydant/réducteur, demi-équation d'oxydoréduction, réaction d'oxydoréduction Propriétés oxydantes de quelques produits ménagers et pharmaceutiques, action qualitative antiseptique d'un oxydant sur un micro-organisme	Définir un oxydant et un réducteur. Identifier un oxydant et un réducteur dans une demi-équation d'oxydoréduction. Écrire l'équation d'une réaction d'oxydoréduction à partir des demi-équations d'oxydoréduction. S'approprier et analyser des informations sur les propriétés oxydantes d'un produit désinfectant ou d'un antiseptique (eau de Javel, teinture d'iode, alcool médical, eau oxygénée, etc.).
Dilution d'une solution aqueuse	<i>Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole de dilution d'un produit désinfectant ou antiseptique.</i>
Règles de sécurité relatives à l'usage de produits oxydants	Expliquer le risque lié au mélange d'une eau de Javel et d'un produit détartrant en commentant la réaction correspondante. Expliquer qualitativement l'origine du vieillissement d'une eau oxygénée.

Comment les risques électriques dans l'habitat sont-ils limités ?

Tension alternative sinusoïdale. Période, fréquence, valeurs maximale et minimale, valeur efficace Intensité du courant électrique Risques électriques Détérioration des appareils Électrisation et électrocution	Connaître les caractéristiques de la tension du secteur. Exploiter un oscillogramme. Définir le courant électrique et son intensité. Relier l'intensité du courant électrique à la détérioration d'appareils électriques. Décrire le principe d'un disjoncteur. Savoir que le corps humain conduit l'électricité. Maîtriser les règles à respecter afin d'éviter les risques d'électrisation.
Prise de courant : phase, neutre, mise à la Terre	Décrire l'importance de la mise à la Terre lors du branchement d'appareils électriques. <i>Mettre en œuvre un protocole permettant de montrer l'intérêt d'un disjoncteur.</i>

Comment les infrarouges sont-ils utilisés dans certains systèmes de détection ?

Domaine des ondes électromagnétiques Température d'un corps et rayonnement émis. Loi de Wien Émission d'infrarouges par le corps humain	Connaître les limites de longueur d'onde dans le vide du domaine visible et situer les rayonnements infrarouges et ultraviolets. Savoir que le corps humain émet des rayonnements infrarouges, invisibles à l'œil nu et sans danger pour l'homme. Exploiter la représentation graphique de la loi de Wien afin de montrer que le corps humain est émetteur de rayonnements infrarouges. Recueillir et exploiter des informations sur l'utilisation des rayonnements infrarouges dans certains détecteurs.
---	--

- **La sécurité routière**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Comment la vitesse d'un véhicule influe-t-elle sur sa distance d'arrêt ?	
Vitesse d'un corps, énergie cinétique de translation Distance de freinage, distance d'arrêt	Connaître et utiliser l'expression de l'énergie cinétique. Connaître la définition des distances de freinage et d'arrêt d'un véhicule. S'approprier et analyser des informations relatives aux distances de freinage. Connaître quelques facteurs influençant la distance d'arrêt. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental ou utiliser un logiciel de simulation pour illustrer l'influence de quelques facteurs (vitesse, masse, état de la route, etc.) sur la distance d'arrêt.</i>

- **Commentaires**

Périmètre : ouvertures et limites

Le contexte des applications permettant d'étudier la sécurité chimique dans l'habitat peut être étendu à d'autres produits d'usage ménager ou médical, acido-basiques ou oxydoréducteurs. La relation $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ et l'expression du produit ionique de l'eau ne donnent pas lieu à des développements calculatoires mais servent d'appui pour expliquer les échelles d'acidité et de basicité en termes de concentration et de pH. L'écriture des demi-équations d'oxydoréduction n'est pas au programme, mais l'identification d'un oxydant et d'un réducteur dans une demi-équation est exigible. L'écriture de l'équation de la réaction d'oxydoréduction à partir de la donnée des demi-équations est exigible. Pour ce qui concerne la sécurité électrique dans l'habitat, les notions de tension et d'intensité électriques ne donnent pas lieu à des développements calculatoires. L'utilisation d'un oscilloscope n'est pas exigible.

La partie portant sur la sécurité routière est traitée en lien avec le code de la route et suppose la connaissance des règles de bonne conduite (limitation de vitesse, équipements obligatoires, influence de l'état de la route et du véhicule sur la distance de freinage). La notion de travail d'une force et le théorème de l'énergie cinétique ne sont pas au programme. L'expression permettant de calculer la distance de freinage dans un cas simple est fournie.

Liens interdisciplinaires avec la biologie et la physiopathologie humaine

Les notions en lien avec le programme de biologie et physiopathologie humaine se prêtent à une vision complémentaire sans redondance. Ainsi, l'action chimique oxydante des espèces présentes dans les solutions désinfectantes ou antiseptiques s'applique à des micro-organismes étudiés en biologie.

Liens avec le programme de la classe de seconde

Le thème 1 reprend des éléments du programme de physique-chimie de seconde : solution, quantité de matière, lien entre quantité de matière et masse, écriture de l'équation d'une réaction chimique, intensité du courant électrique, longueur d'onde dans le vide et dans l'air, vitesse d'un système en mouvement.

Certaines techniques expérimentales fondamentales ont déjà été abordées en classe de seconde ; en classe de première, il s'agit de consolider les acquis : confection d'une solution, réalisation d'une dilution, mesure d'une tension.

Thème 2 : Analyser et diagnostiquer

Pour établir un diagnostic, le médecin ausculte son patient et le soumet le cas échéant à des examens complémentaires qui s'appuient sur des notions et des phénomènes propres à la chimie et à la physique. Ces examens déterminent les décisions médicales : un traitement médicamenteux, d'un appareillage ou d'une intervention chirurgicale.

- **Les ondes sonores dans le processus de l'audition**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Quelles sont les caractéristiques d'un son ?	
Fréquence et hauteur d'un son Sons audibles Niveau d'intensité sonore (dB)	Connaître le domaine des fréquences audibles pour l'oreille humaine. Situer les ultrasons et les infrasons. Distinguer les sons graves, médiums et aigus. <i>Réaliser et exploiter un enregistrement sonore pour déterminer les caractéristiques d'un son.</i>
Comment une perte auditive est-elle identifiée et compensée ?	
Perception d'un son par l'oreille humaine Risques auditifs Compensation d'une déficience auditive ; amplification d'un son	Expliquer sommairement le principe de l'émission, de la propagation et de la perception d'un son. <i>Mesurer des niveaux d'intensité sonore.</i> Analyser un audiogramme en termes de perte auditive. Expliquer le principe de compensation d'une déficience auditive.

- **La propagation de la lumière dans le processus de la vision**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Quel est le mécanisme de la vision chez l'être humain ?	
Propagation de la lumière Description sommaire du mécanisme de la vision	Savoir que la lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène et transparent. Connaître les composants optiques principaux de l'œil et leur rôle respectif : cornée, iris, pupille, cristallin, rétine et nerf optique. Représenter le modèle optique de l'œil.

Comment se forme une image à l'aide d'une lentille ?

Lentilles minces sphériques convergentes et divergentes ; symboles	Tracer la marche des rayons lumineux passant par les points O, F et F' d'une lentille convergente ou divergente.
Centre optique O, foyers objet F et image F' d'une lentille	Construire géométriquement l'image d'un objet réel par une lentille convergente.
Distance focale f' et vergence V	Caractériser une image par sa propriété d'être réelle ou virtuelle. Évaluer son grandissement par construction géométrique.
Formation d'une image par une lentille convergente, caractère réel ou virtuel de l'image, grandissement	
Principe de la loupe	<i>Mettre en œuvre des expériences de formation d'images par une lentille convergente dans des situations simples.</i>

Comment les défauts de la vision sont-ils corrigés ?

Accommodation	Expliquer le principe de l'accommodation et l'origine de la presbytie. <i>Mettre en œuvre une expérience illustrant le principe de l'accommodation.</i>
Défauts de la vision : myopie, hypermétropie et presbytie	Donner la définition d'un œil myope et celle d'un œil hypermétrope.
Compensation d'une hypermétropie et d'une myopie par des verres correcteurs	Justifier qualitativement le choix d'un verre correcteur.
Vergence d'un système de deux lentilles minces accolées	<i>Mettre en œuvre des expériences illustrant qualitativement le principe de la correction d'un défaut de l'œil.</i>
	Connaître et utiliser l'expression de la vergence d'un système de deux lentilles minces accolées.

• Les propriétés des fluides dans l'analyse de la pression sanguine

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles Activités expérimentales supports de la formation
Comment définir le débit d'un écoulement ?	
Débit, relation entre débit, vitesse d'écoulement et section	Connaître et appliquer la relation $D = v \times S$.
Relation entre débit cardiaque D_C , fréquence cardiaque f_C et volume d'éjection systolique V_{ES}	Connaître et appliquer la relation $D_C = f_C \times V_{ES}$. <i>Mettre en œuvre un protocole de mesure d'un débit moyen.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole de mesure d'une vitesse moyenne d'écoulement.</i>
Comment définir la pression dans un liquide ?	
Force pressante et pression ; unités internationales	Connaître et appliquer la relation $P = F/S$
Comment varie la pression dans un liquide ?	
Variation de la pression avec la profondeur, loi fondamentale de la statique des fluides	Utiliser la relation $P_2 - P_1 = \rho g (z_1 - z_2)$. <i>Mettre en œuvre un protocole de vérification de la loi fondamentale de la statique des fluides.</i>

Comment la tension artérielle est-elle définie et mesurée ?

Tension artérielle systolique et diastolique	Distinguer pression artérielle et tension artérielle.
Principe de la mesure d'une tension. Centimètre de mercure	S'approprier et analyser des documents relatifs à des mesures de tension artérielle.

• **L'analyse chimique pour le contrôle de la composition des milieux biologiques**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Comment décrire les molécules organiques ?	
Formule brute, développée, semi-développée et topologique	Passer d'un type de représentation à un autre.
Liaisons covalentes	Connaître le nombre de liaisons covalentes pour les atomes H, C, O et N.
Squelette carboné	<i>Construire et exploiter des modèles moléculaires. Utiliser un logiciel de visualisation de modèles moléculaires.</i>
Fonctions	Connaître et identifier les fonctions alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique, ester, étheroxyde, amine, amide sur des exemples simples.
Isomérisation de constitution	Identifier des isomères à partir de distinctions portant sur la chaîne carbonée, les fonctions ou la disposition spatiale.
Nomenclature	Nommer des alcanes, des alcools, des acides carboxyliques et des dérivés carbonyles courants à six atomes de carbone au plus.
Quelle est la structure des molécules d'intérêt biologique ?	
Glucides	Identifier quelques fonctions présentes dans les glucides, les lipides, les protéines. Savoir que les molécules de glucose, de fructose et de lactose existent sous forme linéaire ou cyclique. <i>Mettre en œuvre un protocole permettant de différencier les fonctions aldéhyde et cétone dans les glucides.</i>
Lipides à partir des exemples des acides gras saturés ou insaturés, des triglycérides, des stérols	Définir un acide gras, un triglycéride. Commenter la structure saturée ou insaturée de quelques acides gras : acide α -linoléique, acide palmitique, acide oléique, acide stéarique.
Acides alpha aminés, protéines	Définir un acide alpha aminé.
Polypeptides, liaison peptidique	Identifier une liaison peptidique. Identifier les acides aminés constitutifs d'un polypeptide.
Urée	Savoir que l'urée est le produit de dégradation des protéines.
Vitamines	<i>Mettre en évidence les propriétés chimiques de la vitamine C en lien avec ses fonctions chimiques.</i>

Comment la structure moléculaire de l'eau explique-t-elle ses propriétés physiques et son interaction avec les molécules d'intérêt biologique ?	
Eau, molécule polaire	Définir une liaison polaire. Donner la représentation de la molécule d'eau prenant en compte la comparaison de l'électronégativité des atomes d'hydrogène et d'oxygène.
États physiques de l'eau	Connaître les températures de changement d'état de l'eau à pression atmosphérique. <i>Mettre en évidence simplement les paliers de fusion et de vaporisation à pression atmosphérique, et l'effet thermique des transformations physiques.</i>
Liaison hydrogène	Représenter une liaison hydrogène. Interpréter qualitativement la différence des volumes occupés par la glace et par l'eau liquide.
Solubilité de substances moléculaires dans l'eau	Justifier qualitativement la solubilité des glucides dans l'eau.
Hydrophobie et hydrophilie	Interpréter qualitativement la formation de micelles.
Miscibilité	<i>Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole illustrant les solubilités de différentes substances moléculaires.</i>
Phase aqueuse et phase organique	<i>Situer les phases aqueuse et organique à partir de la donnée des densités. Proposer et/ou mettre en œuvre un protocole de séparation de phases et un protocole d'extraction.</i>

• Commentaires

Périmètre : ouvertures et limites

L'analyse de l'audition se prête à des illustrations dans les domaines variés du diagnostic auditif, des prothèses auditives, des risques auditifs et de la protection contre les nuisances sonores. La notion de puissance surfacique et la relation entre niveau sonore (dB) et intensité sonore (W.m^{-2}) ne sont pas au programme. Aucune connaissance en électronique n'est attendue en ce qui concerne la notion d'amplification. Il s'agit seulement d'en appréhender le principe.

Le contexte de l'analyse de la vision peut inclure des applications larges telles que le recours à des lunettes correctrices ou à une intervention chirurgicale pour corriger la myopie ou d'autres défauts de l'œil. L'étude des lentilles de correction n'est pas abordée de manière exhaustive et ne donne pas lieu à la modélisation par les relations de conjugaison. Il s'agit d'appréhender, d'une part, la formation d'une image dans l'œil normal, et d'autre part, la compensation d'un défaut de l'œil. Dans cet esprit, les raisonnements doivent être argumentés à l'aide des constructions géométriques des trajets des rayons lumineux. La construction géométrique d'une image est limitée au cas d'une lentille convergente. Dans le cas de la correction d'un défaut de l'œil à l'aide d'un verre correcteur, le système optique est assimilé à un système de deux lentilles minces accolées. L'étude de la loupe ne donne pas lieu à des calculs développés.

Le contexte d'analyse de la pression sanguine permet de s'appuyer sur des applications multiples, telles que l'électrocardiogramme, l'épreuve d'effort, l'échographie Doppler veineuse, les accidents dus à une thrombose et à diverses maladies cardiovasculaires comme l'hypertension artérielle, ou encore des dispositifs tels que le pacemaker, etc. Dans cet esprit, la loi fondamentale de la statique des fluides est connue mais ne donne pas lieu à

des développements théoriques. Les développements calculatoires à propos de l'effet Doppler doivent rester modestes.

L'analyse chimique pour le contrôle de la composition des milieux biologiques réutilise, dans ses applications, les modèles d'analyse des molécules et substances rencontrées dans les autres disciplines. La connaissance des fonctions et des structures chimiques s'appuie d'abord sur des exemples simples de petites molécules puis, de façon plus ample, sur des exemples tirés du domaine biologique : glucides, lipides, protéines, vitamines, enzymes, etc. Il ne s'agit pas de présenter un catalogue de molécules complexes et encore moins d'en exiger une mémorisation, mais de dresser un certain nombre de repères pour lire les structures et comprendre leur lien avec la réactivité biochimique. L'étude de l'isomérisation doit être conduite sans développement pointu : derrière une formule brute moléculaire identique, à l'origine des différences de propriétés, elle doit mettre en évidence des différences de structures fonctionnelles et spatiales. Le contexte d'étude peut relever de l'application au bilan sanguin, avec la détection des troubles tels que l'hypercholestérolémie, l'hypertriglycéridémie, le diabète, l'hypoglycémie, l'athérosclérose, etc. Les aspects liés à la nomenclature sont restreints, la classe des alcools n'est pas étudiée. L'écriture des équations des réactions d'estérification, d'hydrolyse des esters et d'oxydation des alcools n'est pas exigée.

L'étude de la structure de l'eau reste modeste. Les états physiques de l'eau et des transformations associées sont décrits, mais sans développement quantitatif. Le diagramme de phase est hors programme. L'objectif est de donner une culture scientifique débouchant sur des usages concrets en toute sécurité. On privilégie le domaine du vivant ou de l'environnement pour illustrer le phénomène de solubilité des espèces moléculaires. Les applications peuvent concerner la dépollution ou l'extraction agroalimentaire ; là encore, on ne visera pas l'exhaustivité.

Liens interdisciplinaires avec la biologie et la physiopathologie humaine

Les illustrations de la partie portant sur le contrôle de la composition des milieux biologiques privilégient les molécules et substances d'intérêt biologique rencontrées dans les autres disciplines.

Liens avec le programme de la classe de seconde

Le thème 2 fait appel à des notions de physique étudiées en seconde : ondes sonores, propagation de la lumière, formation d'une image par une lentille mince, modèle optique de l'œil. Ces notions sont étudiées dans le cadre de leurs applications à l'audition et à la vision humaines.

Thème 3 : Faire des choix autonomes et responsables

Le meilleur accès à l'information détermine en grande partie pour le citoyen sa capacité à adopter une posture critique et responsable. Les domaines de la santé et de l'environnement connaissent des avancées soutenues par les progrès de la chimie, de la physique, de la biologie et de la physiopathologie humaine. Si les politiques publiques dans les domaines sanitaire et environnemental tracent un cadre réglementaire, le citoyen n'est pas dispensé de faire des choix autonomes et avisés, notamment en tant que consommateur.

- L'analyse des besoins énergétiques pour une alimentation réfléchie**

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Quels sont les besoins énergétiques de l'être humain ?	
Dépense énergétique journalière	Définir la dépense énergétique journalière. Utiliser la relation de Harris et Bénédicet permettant d'estimer la dépense énergétique journalière. Connaître les unités d'énergie (calories, joules et kilojoules) et leurs correspondances.
Transferts thermiques par rayonnement, convection et conduction ; application au corps humain	<i>Mettre en évidence expérimentalement les transferts thermiques par convection et conduction.</i> Identifier les différentes formes de pertes de chaleur de l'organisme (par rayonnement, par convection, par conduction, par évaporation).
Conversion d'énergie, application à l'activité musculaire	<i>Mettre en évidence expérimentalement une conversion d'énergie.</i> Établir le bilan énergétique pour un muscle en action (conversion de l'énergie chimique en chaleur et énergie mécanique). <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence l'effet thermique d'une transformation physique ou chimique.</i>
Transformations endothermique et exothermique	Définir l'endothermicité et l'exothermicité d'une transformation physique ou chimique. S'approprier et analyser des documents relatifs à l'endothermicité ou l'exothermicité d'une transformation physique ou chimique dans l'organisme.
Comment les besoins énergétiques de l'être humain sont-ils satisfaits ?	
Aliments, combustibles du corps humain	<i>Mettre en œuvre un protocole pour identifier la présence de glucides, de protéines, de lipides et de certains minéraux dans les aliments.</i>
Valeur énergétique des aliments	Extraire les données relatives à l'énergie apportée par chaque groupe alimentaire. Définir la calorie. Calculer la valeur calorique d'un aliment. Calculer l'énergie délivrée par une ration alimentaire. <i>Mettre en œuvre un protocole pour déterminer l'énergie libérée par la combustion d'un aliment.</i>

Comment les transformations biochimiques des aliments produisent-elles de l'énergie ?

Aspect énergétique des transformations biochimiques	Exploiter la valeur énergétique délivrée par la transformation des glucides, des lipides, des protéides. Faire le lien avec la propriété des glucides de constituer les principales sources d'énergie.
Transformations du glucose dans l'organisme	Écrire les équations chimiques des transformations du glucose en filière aérobie et anaérobie.
Réaction de combustion	Définir une réaction de combustion, écrire et exploiter son équation. Traiter les cas du glucose et de l'acide pyruvique.
Réaction d'hydrolyse	Définir une réaction d'hydrolyse, exploiter son équation. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse du lactose. Mettre en lien la transformation des nutriments et la demande en dioxygène chez le sportif.

Le rôle des biomolécules dans l'organisme pour une prévention sanitaire efficace

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Comment les glucides sont-ils stockés et transformés dans l'organisme ?	
Classification des glucides : glucides simples et complexes. Isomérisation des glucides	Définir un glucide simple et un glucide complexe. Identifier les fonctions chimiques présentes dans un glucide. Reconnaître des isomères.
Transformation chimique des glucides complexes : hydrolyse acide, hydrolyse enzymatique	Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse d'un glucide complexe. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental d'hydrolyse d'un glucide complexe.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour réaliser sans formalisme une étude cinétique de l'hydrolyse de l'amidon.</i>
Condensation du glucose en glycogène	Définir un polymère. Reconnaître un polymère du glucose. S'approprier et analyser des documents relatifs au stockage des glucides par l'organisme, à leur teneur et au contrôle de la glycémie.

La gestion responsable des ressources naturelles pour l'alimentation humaine

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales supports de la formation</i>
Quels facteurs déterminent l'usage des ressources naturelles indispensables ?	
Critères chimiques de potabilité d'une eau	Commenter la composition ionique de différentes eaux potables (eau du robinet, eaux minérales, eaux de source). Interpréter des résultats quantitatifs sur la composition d'une eau par comparaison aux données de référence. Relier la consommation d'eau par l'être humain à ses besoins quotidiens en oligo-éléments.
Origines de la pollution de l'eau	Connaître les principales causes de pollution des eaux terrestres et souterraines. S'approprier et analyser des

Sols, milieux d'échanges de matière ; engrais N, P, K	documents mettant en évidence l'impact de pratiques visant à économiser et à préserver l'eau en quantité et en qualité. Décrire le rôle du complexe argilo-humique. Connaître le rôle des ions nitrate, phosphate et potassium apportés par les engrais. Décrire les fonctions des insecticides, fongicides et herbicides. S'approprier et analyser des documents décrivant un bon usage des pesticides pour un impact sanitaire et environnemental soutenable. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour doser à l'aide d'une échelle de teinte une espèce présente dans une eau ou un produit phytosanitaire.</i> S'approprier des documents et analyser à l'appui de données énergétiques la compétition entre le rôle de nutriment et le rôle de biocarburant d'une céréale.
---	--

• Commentaires

Périmètre : ouvertures et limites

Les aspects énergétiques ou cinétiques sont abordés simplement sans recours au concept de grandeur thermodynamique ni à la définition de la vitesse de réaction.

Les transformations chimiques subies par les glucides sont étudiées dans le contexte d'une consommation responsable des sucres. L'équation de l'hydrolyse d'un glucide complexe est exigible mais les formules des glucides doivent être données. Lors de l'étude de la formation du glycogène à partir du glucose, l'écriture de la réaction de polycondensation n'est pas au programme mais sa reconnaissance et son exploitation sont exigibles. Les bilans de matière sont exigibles dans le cadre des réactions étudiées de combustion et d'hydrolyse.

Le contexte d'étude des ressources naturelles indispensables à l'alimentation humaine à travers l'usage de l'eau et le recours à des additifs en agriculture n'a pas pour ambition de conduire à des développements scientifiques exhaustifs. L'objectif pédagogique est d'abord de sensibiliser les élèves au rôle des espèces ioniques dans l'environnement et le vivant. Il s'agit également de susciter une réflexion civique, fondée sur l'analyse scientifique de pratiques pertinentes. Ainsi, les économies d'eau en agriculture peuvent-elles reposer sur la modération de l'évaporation de l'eau et sur sa condensation. L'usage des pesticides doit être abordé de manière critique et objective en s'appuyant sur les études scientifiques disponibles. À cet égard l'enseignement de physique-chimie, qui requiert rigueur et objectivité du raisonnement, contribue à la détermination de choix de développement et de consommation fondés sur une information scientifique solide et exempte d'effet de mode ou d'immédiateté.

Liens interdisciplinaires avec la biologie et la physiopathologie humaine

L'analyse des besoins énergétiques et le rôle des biomolécules pour une alimentation réfléchie et une prévention sanitaire sont directement reliés à l'enseignement de physiopathologie humaine.

Liens avec le programme de la classe de seconde

Le thème 3 fait appel à quelques notions de chimie étudiées en seconde : transformations physiques et chimiques, aspects thermiques liées à ces transformations, détermination de la valeur d'une concentration grâce à une gamme d'étalonnage (notamment une échelle de teinte). Les élèves de la série ST2S mobilisent ces notions dans un nouveau contexte d'application.

Annexe 1

Programme de chimie, biologie et physiopathologie humaines de terminale ST2S

Sommaire

Préambule du programme

Objectifs de formation

Organisation

Chimie

Chimie et enjeux contemporains

Chimie et démarche scientifique

Entrées thématiques

Contenus d'enseignement

Biologie et physiopathologie humaines

Objectifs et enjeux de cet enseignement

Compétences visées

Présentation du programme de la classe terminale

Contenus d'enseignement

Préambule du programme

Objectifs de formation

- **Une formation scientifique pour une citoyenneté responsable**

La première ambition du programme est de contribuer à donner aux élèves une formation scientifique ancrée dans les domaines du vivant et de la santé. L'approche en est délibérément caractérisée par une contextualisation forte et une sensibilisation aux enjeux de société contemporains. Ainsi, les apports de la chimie et de la biologie et physiopathologie humaines se complètent pour converger vers des problématiques couvrant notamment les secteurs de la santé, de l'alimentation, de l'environnement, etc. La formation scientifique vise à l'acquisition d'une meilleure connaissance des besoins vitaux de l'être humain et des liens avec son environnement. À cet égard, la formation contribue à l'élaboration d'un point de vue critique et éclairé sur l'information qui est donnée au citoyen, en luttant contre les représentations et les croyances infondées et en privilégiant l'analyse et le raisonnement scientifique.

- **Une formation scientifique adaptée à une poursuite d'études**

La seconde ambition du programme est de préparer la poursuite d'études pour favoriser, à terme, une insertion professionnelle réussie dans les secteurs du social et de la santé, voire de l'environnement et des soins à la personne. Les notions et les contextes retenus éclairent les élèves sur les défis de société et les enjeux des développements actuels et futurs dans les domaines du vivant, de la santé et de l'environnement. Cet enseignement permet à chaque élève de découvrir le fondement scientifique de certains domaines professionnels et de préciser ses vœux d'orientation au regard des compétences exigées pour une poursuite d'études dans des filières variées appartenant aux secteurs évoqués ci-dessus.

L'enseignement de spécialité poursuit la construction, engagée en classe de première, de compétences variées chez l'élève : compétences scientifiques développées par les démarches scientifique et technologique appliquées à la maîtrise des notions et contenus du programme, compétences d'autonomie, d'initiative et d'esprit critique, compétences de communication écrite et orale, compétences sociales et organisationnelles requises par le travail en équipe et le respect des règles de sécurité.

Cet enseignement de spécialité s'articule également avec celui de sciences et techniques sanitaires et sociales, afin de permettre aux élèves d'appréhender dans leur complexité les questions de société relatives à la santé et au bien-être. L'approche interdisciplinaire de ces deux enseignements de spécialité constitue un atout pour les élèves qui les suivent, en particulier au regard des attendus des formations de l'enseignement supérieur auxquelles ils peuvent prétendre et de leur insertion sociale et professionnelle future.

Organisation

- **Deux parties pour décliner les objectifs de formation**

Le programme est conçu en deux parties, Chimie et Biologie et physiopathologie humaines, qui déclinent les objectifs de la formation scientifique et technologique. Si les contours de ces deux parties sont indépendants, certains contextes d'étude convergent autour de questions liées au vivant, à la santé et à l'environnement, leurs traitements respectifs se complétant sur l'ensemble du cycle terminal. Cet aspect interdisciplinaire constitue un point d'originalité du programme. L'interdisciplinarité s'impose devant l'exigence d'appréhender des problèmes complexes et multiformes. Cette culture interdisciplinaire s'exprime aussi par les liens que l'enseignement établit avec les perspectives de développement et la recherche scientifique afin de relever les défis de notre temps.

- **Temps dédié respectivement à chacune des deux parties**

L'enseignement de spécialité de chimie-biologie et physiopathologie humaines a la particularité de reposer sur des expertises disciplinaires distinctes mais complémentaires.

Le programme a été conçu, dans sa partie Chimie, pour une durée hebdomadaire de trois heures et, dans sa partie Biologie et physiopathologie humaines, pour une durée hebdomadaire de cinq heures.

- **L'enseignement de spécialité dans l'épreuve orale terminale**

L'épreuve orale terminale prend appui sur l'enseignement de spécialité de sciences et techniques sanitaires et sociales : elle sollicite la démarche qui caractérise cet enseignement pour examiner une question de santé ou sociale contextualisée où l'élève est par exemple amené à :

- questionner, explorer un fait, une question sociale ou de santé ;
- recueillir les éléments nécessaires à son projet : recherche documentaire, mobilisation des bases spécifiques au domaine ; recueil et analyse de données ; identification, voire prise de contact avec les structures du champ santé-social ; repérage des politiques de santé / sociales en lien avec l'objet étudié ;
- ajuster, adapter sa démarche ;
- mener l'étude du besoin repéré et se projeter dans une démarche de projet possible, ou analyser la démarche de projet menée par une/des structures du champ santé-social.

Selon le thème du projet, les acquis de l'enseignement de spécialité de chimie-biologie et physiopathologie humaines sont éventuellement mobilisés.

Les professeurs s'attachent à développer chez les élèves les compétences liées à l'analyse, au jugement distancié, ainsi que les compétences de communication écrite et orale qui sont attendues dans l'explicitation et l'argumentation. Celle-ci conduit à préciser sa pensée et à expliciter son raisonnement de manière à convaincre. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Elle prend un relief particulier pour ceux qui choisiront de préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat en l'adossant à cet enseignement de spécialité.

Chimie

Chimie et enjeux contemporains

L'enseignement de chimie en classe terminale participe à la sensibilisation à la santé et à la citoyenneté en s'appuyant sur des problématiques scientifiques contemporaines.

Il met d'abord l'accent sur les aspects de la détection, de l'analyse et de la conformité à des normes, pour une amélioration de la sécurité dans les domaines de la santé et de l'environnement. Les études de cas incluent notamment la détection de substances illicites dans l'organisme et le contrôle de la qualité dans les aliments, l'eau et l'air.

L'explicitation des performances de l'analyse des structures par imagerie médicale et de l'analyse chimique des milieux biologiques, aquatiques et atmosphériques permet de former à la démarche de diagnostic et de sensibiliser aux différents défis à relever dans les domaines de la santé et de l'environnement.

L'information sur la composition chimique d'un produit de consommation et la compréhension des liens entre structure moléculaire et activité contribuent à développer la culture d'une consommation réfléchie d'aliments, de médicaments et de produits cosmétiques, et à envisager des perspectives de synthèse de substances plus performantes selon les principes de la chimie verte.

Chimie et démarche scientifique

La démarche scientifique est au cœur de l'enseignement de la chimie, pour une meilleure compréhension des lois universelles. Elle met l'accent sur l'analyse des informations qualitatives et des données quantitatives tout en évitant les aspects calculatoires excessifs. Elle permet la compréhension des phénomènes par l'expérimentation, l'usage éclairé de modèles simples, la vérification de lois simples, le raisonnement déductif ou prospectif. Les capacités exigibles de la démarche scientifique décrites dans le programme de physique-chimie pour la santé en classe de première sont de nouveau sollicitées.

Un soin est apporté à la présentation des unités et des ordres de grandeur, et à la maîtrise de notions mathématiques et numériques simples (proportionnalité, fonctions, simulation, etc.). L'enseignement vise également à renforcer la sensibilisation de l'élève, à partir d'exemples simples et pertinents, à la fluctuation des valeurs obtenues dans le cadre d'une série de mesures d'une grandeur physique indépendantes les unes des autres, en tenant compte de l'incertitude-type. La comparaison à une valeur de référence, notamment dans le domaine sanitaire, aiguise l'esprit critique autour de la mesure. Le choix du protocole est également au cœur de la formation portée par les activités expérimentales.

Pour construire les compétences attendues, différentes pratiques pédagogiques sont mises en œuvre, conjuguant l'exposé, l'activité expérimentale, l'approche documentaire, la question ouverte, etc. Les notions et contenus du programme sont présentés dans le contexte de la vie quotidienne et de l'actualité de la société, et dans la perspective de la recherche et du développement. La formation met tout particulièrement l'accent sur les perspectives d'innovation scientifique dans des domaines tels que le contrôle et la gestion de la composition des milieux biologiques et naturels, la qualité des aliments, les médicaments et cosmétiques du futur. Cette sensibilisation poursuit le double objectif d'adapter la formation aux enjeux de culture scientifique contemporaine et de susciter une ambition de poursuite d'études.

Entrées thématiques

Les trois thèmes structurant l'enseignement de physique-chimie pour la santé en classe de première sont reconduits dans l'enseignement de chimie en classe terminale, selon une

déclinaison nouvelle des parties thématiques et des questions. Chaque partie thématique est présentée sous la forme d'un tableau qui explicite les notions et les contenus, éclairés par les connaissances et les capacités exigibles. Celles-ci intègrent notamment le domaine expérimental, dont les activités sont signalées par des italiques dans les tableaux. La liberté pédagogique du professeur s'exerce dans le respect du cadre défini par la colonne « Connaissances et capacités exigibles ». Les notions et contenus, notamment lorsqu'ils relèvent des sciences du vivant, sont abordés sous l'angle des principes physico-chimiques pour favoriser la transversalité et la complémentarité avec les enseignements de biologie et physiopathologie humaines. Chacun des thèmes précise les aspects scientifiques et de contexte, ainsi que les perspectives et les défis dans les domaines de la recherche et du développement.

Contenus d'enseignement

• Thème 1 : Prévenir et sécuriser

Le thème 1 vise à développer la sensibilisation à la prévention et à la sécurisation. Il atteste l'attention croissante portée à l'amélioration de la connaissance et de la gestion du risque sanitaire dans l'alimentation et dans l'environnement.

La sécurité routière

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment une transformation chimique permet-elle de gonfler un airbag/coussin gonflable ?	
Bilan de matière Volume molaire V_m .	<i>Mettre en œuvre un protocole de mesure d'un volume de gaz produit lors d'une transformation chimique.</i> Faire un bilan de matière à partir d'une équation de réaction fournie. Utiliser la relation $V = n \times V_m$. S'approprier et analyser des informations pour expliquer le fonctionnement d'un airbag.
Comment la présence d'alcool et de substances illicites dans l'organisme est-elle détectée ?	
Principe de l'alcootest.	Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction intervenant dans un alcootest à partir des demi-équations d'oxydo-réduction fournies. <i>Mettre en œuvre un protocole illustrant le principe de l'alcootest.</i> S'approprier et analyser des informations relatives à la détection d'une substance illicite.

La sécurité physico-chimique dans l'alimentation

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment la dégradation des aliments peut-elle être ralentie ?	
Oxydation et dégradation des aliments. Dégradation des lipides : hydrolyse des triglycérides. Conservation alimentaire : procédés physiques et procédés chimiques.	À partir d'exemples de la vie quotidienne (brunissement d'un fruit, rancissement du beurre, caillage d'un lait, etc.), mettre en œuvre un protocole expérimental permettant d'identifier quelques facteurs favorisant la dégradation alimentaire (dioxygène de l'air, température, lumière, microorganismes, etc.) et de comparer leur influence. À partir de l'évolution au cours du temps de la quantité d'acide gras, analyser la qualité alimentaire d'une huile, d'une graisse ou d'un beurre.
Applications industrielles : chaîne de fabrication alimentaire, transport, stockage.	À partir de documents relatifs à une ou deux techniques de conservation, identifier les facteurs physico-chimiques intervenant : antioxydants, emballage, élimination de l'eau, utilisation de la chaleur, baisse de température, atmosphère contrôlée, rayonnements, conservateurs chimiques, etc. Distinguer la conservation par procédé physique de la conservation par procédé chimique.
Comment la qualité chimique des aliments est-elle repérée ?	
Contrôle de la qualité nutritionnelle d'un aliment par dosage. Doses toxicologiques de référence : DJA (dose journalière admissible) ou DJT (dose journalière tolérable)	Mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer la fraîcheur d'un lait conformément aux normes de santé publique. Analyser et interpréter des résultats de tests de détection ou de dosages mettant en évidence la présence dans les aliments de substances potentiellement dangereuses au-delà d'un seuil identifié. Définir les doses de référence (DJA, DJT) et effectuer des calculs à partir de celle-ci.

La sécurité chimique dans l'environnement

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment la qualité de l'eau est-elle contrôlée ?	
Solubilité de substances ioniques dans l'eau. Conductivité d'une eau et d'une solution aqueuse ionique. Concentration ionique en masse.	Expliquer la solubilité des composés ioniques dans l'eau. Interpréter qualitativement la conductivité de l'eau pure, d'une eau en milieu naturel, d'une solution aqueuse ionique, en lien avec sa composition ionique. Distinguer l'usage d'une eau distillée de celui d'une eau déminéralisée (désionisée). Mettre en œuvre des mesures de conductivité montrant

Concentration ionique en quantité de matière. Composition d'une eau. Équivalence d'un dosage par titrage.	<i>l'influence des espèces ioniques en solution et de leur concentration en quantité de matière.</i> <i>Mettre en œuvre un dosage conductimétrique d'une espèce ionique (sulfate, nitrate, ion métallique, etc.) présente dans une eau. Interpréter qualitativement l'allure d'une courbe de dosage conductimétrique. Repérer et exploiter l'équivalence.</i> Extraire et exploiter des informations concernant les critères physico-chimiques de la potabilité d'une eau. Extraire et exploiter des informations relatives aux effets des activités humaines sur la qualité chimique de l'eau dans les milieux aquatiques et marins, en s'appuyant sur quelques paramètres (salinité, pH, température, gaz dissous, hydrocarbures, matières plastiques, etc.).
Comment la qualité de l'air est-elle caractérisée ?	
Fraction molaire et pourcentage molaire. Composition de l'air. Déficit en dioxygène. Loi du gaz parfait. Fixation du monoxyde de carbone sur l'hémoglobine. L'ozone, protecteur et dangereux à la fois. Gaz à effet de serre.	Exprimer la composition de l'air par les fractions molaires ou les pourcentages molaires et interpréter ces données. <i>Proposer des tests chimiques mettant en évidence la présence des gaz CO₂, H₂O, O₂.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole montrant la proportion de dioxygène dans l'air.</i> Utiliser la loi du gaz parfait dans le cas de l'utilisation d'une bouteille de gaz de dioxygène. Analyser des informations relatives aux risques d'inhalation de monoxyde de carbone. Décrire le principe d'action du monoxyde de carbone sur l'hémoglobine. Connaître la formule brute de la molécule d'ozone. Distinguer le rôle protecteur de l'ozone de son caractère nocif en fonction du contexte. Définir un gaz à effet de serre (GES). S'informer sur l'origine de quelques GES et sur leurs incidences respectives sur le climat.
Comment les polluants de l'air et de l'eau sont-ils gérés ?	
Les macropolluants et micropolluants organiques et inorganiques d'une eau. Les polluants primaires et secondaires de l'air. Dépollution par adsorption sur charbon actif et oxydation par l'ozone.	Différencier un macropolluant d'un micropolluant. Différencier un polluant primaire d'un polluant secondaire. Déterminer, à partir d'une analyse documentaire, les origines domestique, industrielle, agricole ou médicale de quelques polluants parmi les solvants, pesticides, phytosanitaires et cosmétiques, nano-objets dont métaux lourds, microplastiques, déjections animales, composés gazeux dont gaz à effet de serre (GES), fumées, hormones, médicaments, etc. <i>Mettre en œuvre une expérience d'adsorption sur charbon actif.</i> Analyser l'efficacité d'un procédé de dépollution.

Commentaires

Ouvertures et limites

Le thème 1 prolonge l'étude des applications de la réactivité chimique déjà rencontrée en classe de première. L'oxydo-réduction est au cœur de la compréhension de l'alcootest comme du phénomène de dégradation des aliments. L'étude de la détection d'alcool dans le cadre de la sécurité routière s'ouvre à d'autres cas de détection de substances illicites et dangereuses qui mettent en péril la sécurité des personnes ; les exemples sont choisis librement, sans exhaustivité. À propos de la sécurité dans l'alimentation, la schématisation de l'action chimique du brunissement enzymatique est présentée en précisant le nom des espèces chimiques mises en jeu sans que soit pour autant attendue la connaissance de leurs formules chimiques.

Le contrôle de la qualité de l'air et de l'eau effectué pour vérifier la sécurité dans l'environnement se décline selon des contextes variés : peuvent notamment être abordées, sans exhaustivité, la combustion d'un appareil de chauffage défectueux, la présence de monoxyde de carbone dans la fumée de cigarette, les conséquences du trou de la couche d'ozone ou de son accumulation dans la troposphère. Aucun développement autour de la combustion incomplète n'est exigé. La loi des gaz parfaits est utilisée sans excès théorique ni calculatoire. L'électronégativité est présentée sans formalisme, pour expliquer l'origine de la polarité de l'eau dont découlent les propriétés de solvant polaire.

L'étude de la composition ionique d'une eau vise à éclairer l'origine de la solubilité des composés ioniques dans l'eau et à présenter la notion de conductivité dont on déduit les précautions qu'il faut prendre pour éviter une électrocution et, plus largement, les analyses à mener pour prévenir et sécuriser.

La relation de Kohlrausch $\sigma = \sum_i \lambda_i c_i |z_i|$ n'est pas au programme. On commente seulement qualitativement la relation simplifiée $\sigma = \sum_i a_i c_i$ où a_i est une constante qui dépend de la nature de l'ion. Tout développement calculatoire est hors-programme.

La présentation des types de polluants ne donne pas lieu à une liste exhaustive mais vise à susciter la réflexion des élèves sur l'origine et la gestion des polluants, et à les sensibiliser aux défis à relever : défis de société liés aux modes de production et de consommation humains, défis scientifiques et techniques liés à la recherche de solutions plus performantes et plus sûres. Cette initiation suppose également qu'une attitude responsable soit adoptée en salle d'activité expérimentale : elle se manifeste par le tri des déchets et par le respect de précautions adéquates réglementaires ou de bon sens. La liberté pédagogique est laissée au professeur dans le choix des exemples de techniques de piégeage de polluants ; leur description sommaire met en exergue le principe physico-chimique et contribue à la culture générale des élèves.

Perspectives

La prévention pour garantir la sécurité s'inscrit dans une démarche adossée aux progrès de la recherche scientifique, à laquelle il convient de sensibiliser les élèves. L'une de ses ambitions est d'augmenter la performance des méthodes analytiques pour un meilleur contrôle qualité. Une autre ambition est d'améliorer les procédés en prenant en compte le concept de cycle de vie – qui permet de diminuer les déchets – et les pollutions, tout en économisant la matière et l'énergie. Le défi de diminuer la production de gaz à effet de serre s'inscrit dans la problématique complexe de la lutte contre le réchauffement climatique. Enfin, la recherche scientifique ouvre la voie de la chimie d'intervention qui, par la synthèse d'aliments, entend relever le défi de nourrir l'humanité en répondant aux besoins quantitatifs et qualitatifs.

• **Thème 2 : Analyser et diagnostiquer**

Le thème 2 invite à réfléchir au défi à relever dans l'analyse des milieux biologiques et naturels. L'objectif est d'augmenter la fiabilité d'un diagnostic, dans le cadre de la prévention ou du soin. La connaissance scientifique de la structure et de la composition de la matière est adossée à l'utilisation de méthodes et de technologies, au cœur de l'analyse. Le diagnostic s'appuie sur la conformité à des normes ou à des critères.

L'observation de la structure de la matière par imagerie médicale

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment un écoulement sanguin est-il analysé ?	
L'effet Doppler. L'échographie Doppler.	Calculer le temps de parcours séparant l'émission et la réception d'un ultrason. <i>Mettre en œuvre un protocole illustrant le principe de l'échographie.</i> Connaître le principe d'une échographie Doppler. Identifier une anomalie cardiaque à partir d'une analyse sommaire d'une échographie Doppler.
Comment l'interaction entre la matière et les rayons X contribue-t-elle au diagnostic médical ?	
Caractérisation d'une onde électromagnétique : milieu de propagation, vitesse de propagation, fréquence et longueur d'onde. Domaines des ondes électromagnétiques. Radiographie : influence du numéro atomique sur l'absorption des rayons X.	Distinguer les caractéristiques des ondes électromagnétiques de celle d'un ultrason. Positionner, sur une échelle de longueur d'onde ou de fréquence, le domaine des rayons X. Connaître et utiliser la relation entre fréquence et longueur d'onde. Connaître le principe de la radiographie et interpréter un cliché radiographique. Exploiter des documents pour comparer les spécificités d'une radiographie et d'une radiothérapie.
Comment les produits de contraste améliorent-ils la performance de l'imagerie médicale ?	
Produit de contraste pour l'imagerie par résonance magnétique (IRM). Élimination d'un produit de contraste.	Identifier les groupes fonctionnels dans un produit de contraste. Savoir qu'un produit de contraste améliore la visualisation d'un cliché d'imagerie médicale et que sa durée d'élimination est un critère de choix. Repérer, sur une échelle de longueur d'onde ou de fréquence, le domaine des radiofréquences utilisées pour l'IRM.

Comment les marqueurs radioactifs sont-ils utilisés en imagerie médicale ?

Noyau atomique, isotopes. Radioactivité ; émission α , β^- , β^+ , γ . Activité (Bq), activité par unité de masse corporelle (MBq/kg), dose (Sv). Période ou demi-vie radioactive. Marqueurs radioactifs pour imagerie médicale.	Décrire la composition du noyau d'un atome et identifier des isotopes. À partir d'une équation de désintégration fournie, identifier la nature de l'émission radioactive. Repérer sur une échelle de longueur d'onde ou de fréquence le domaine des rayonnements γ . Définir la période d'un radio-isotope et la déterminer graphiquement. À partir de documents, comparer les spécificités de l'usage de marqueurs (nature, cible, dose, durée d'élimination par l'organisme, etc.) et les champs d'application des techniques d'imagerie médicale pouvant utiliser un marqueur radioactif, telles que la radiographie, la scintigraphie ou la tomographie par émission de positon. Comparer qualitativement les doses utilisées en médecine nucléaire diagnostique et en radiothérapie nucléaire. Connaître les précautions d'emploi d'une source radioactive en milieu médical.
--	---

L'analyse chimique pour le contrôle de la composition des milieux biologiques et naturels

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Sur quels principes chimiques sont fondées les analyses médicales ?	
Soluté moléculaire ou ionique. Dissolution. Concentrations en masse et en quantité de matière. Dilution. Usage des rayonnements du spectre visible dans le cadre d'un dosage. Dosage par étalonnage.	Écrire l'équation de dissolution d'un soluté ionique à partir de la donnée de la formule des ions constituant le soluté. Déterminer les concentrations en masse et en quantité de matière d'une espèce dissoute ; exploiter ces concentrations dans le cadre d'une application médicale (dose à administrer, par exemple). Calculer la masse ou le volume de soluté à prélever pour la dissolution. <i>Proposer et mettre en œuvre un protocole de dissolution ou de dilution pour préparer une solution de concentration en quantité de matière ou de concentration en masse donnée pour un soluté moléculaire ou ionique.</i> <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour identifier une espèce colorée en solution.</i> <i>Pratiquer une démarche expérimentale (dosage par étalonnage et/ou spectrophotométrie) de détermination de la concentration d'une espèce : glucose, fer, cuivre, etc.</i>

	Interpréter le résultat d'une analyse médicale au regard des normes.
Quels enjeux sanitaires sont révélés par l'analyse de la composition des milieux naturels ?	
Effet d'un polluant chimique sur la santé.	Analyser des données sur la dangerosité des polluants. Commenter les perspectives en matière de recherche et de développement pour améliorer la détection des polluants, et limiter leur présence.
Traçabilité d'une substance en milieu biologique ou naturel.	Commenter et analyser des documents relatifs aux flux d'une substance, à sa traçabilité ou au processus de sa bioaccumulation.
Effet temporel d'une exposition.	Interpréter une courbe d'évolution cinétique d'une substance.
Doses, faibles doses et réglementation.	Interpréter les mesures prises en lien avec la réglementation sur les doses, notamment les faibles doses dans les rejets secondaires.
Acidification d'une eau par dissolution du dioxyde de carbone ou du dioxyde de soufre.	Analyser des données chimiques relatives à l'acidification des océans et aux conséquences sur la biodiversité à partir des couples acido-basiques CO_2 , H_2O / HCO_3^- et HCO_3^- / CO_3^{2-} . Expliquer l'acidité de certaines pluies résultant de l'hydratation des gaz CO_2 et SO_2 à partir des couples acido-basiques mis en jeu. <i>Mettre en œuvre un protocole montrant l'acidification d'une solution par dissolution de dioxyde de carbone.</i>

Commentaires

Ouvertures et limites

Le thème 2 aborde pour l'essentiel le milieu vivant de l'être humain, et ce dans l'objectif de comprendre les démarches et techniques du diagnostic de santé. Visant à mieux connaître la composition de la matière, l'imagerie médicale s'appuie sur les applications à l'échographie, la radiographie, l'IRM ou la scintigraphie qui peuvent être associées à la tomодensitométrie (scanner) ou à la tomographie, sans exclure d'autres possibilités. À cet égard, les développements calculatoires à propos de l'effet Doppler restent modestes. Par ailleurs, l'analyse chimique effectuée pour contrôler la composition des milieux biologiques en vue d'exprimer un diagnostic et de proposer un traitement trouve ses applications dans le domaine de l'analyse sanguine mais aussi, sans exhaustivité, de l'urine, de la salive, etc. La traçabilité, la durée de vie d'une substance toxique ou l'élimination d'un produit de contraste peuvent mobiliser sans formalisme complexe des notions de cinétique chimique. La technique de spectrophotométrie est présentée sans développement excessif, en vue de réaliser une activité expérimentale. La notion de radioactivité est présentée dans le but de distinguer les types d'émissions de particules et de rayonnements rencontrés en médecine nucléaire et de sensibiliser à ses fonctions diagnostiques, notamment à travers le recours à la scintigraphie ou à la tomographie par émission de positons (TEP). L'écriture d'une équation de désintégration radioactive n'est pas exigible : seules sont attendues la connaissance des émissions et la capacité d'identifier ces émissions à partir d'une équation de désintégration fournie. Cette partie se prête à illustration par des exemples tels que $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I , ^{67}Ga , ^{201}Tl , ^{18}F , ^{153}Sm , ^{90}Y , dont on peut citer la spécificité selon les organes étudiés. La dose et l'activité par unité de masse corporelle ne doivent pas donner lieu à des

développements calculatoires mais à des commentaires critiques, par exemple au sujet de la comparaison de normes, ou à une mise en perspective des aspects thérapeutiques en radiothérapie à côté des aspects diagnostiques.

L'étude du thème 2 élargit la démarche d'analyse à d'autres milieux : l'objectif est de pouvoir établir des diagnostics diversifiés en fonction des milieux naturels, par exemple sur l'acidité de certaines pluies et sur l'acidification des océans, qui conditionnent la santé de la faune et de la flore dans ces milieux. L'interprétation de ces phénomènes prend appui sur l'observation de la réactivité chimique, notamment dans le domaine de l'acido-basicité déjà rencontrée en classe de première.

Perspectives

Le défi scientifique porté par le thème 2 est fortement dépendant des résultats de la recherche scientifique, dont les liens avec l'enseignement peuvent être aisément tissés. La recherche ouvre en effet la perspective d'une imagerie médicale plus performante et plus sûre, permet d'améliorer les techniques d'analyse pour une meilleure traçabilité des substances chimiques. Elle rend de plus en plus explicite la relation causale entre contamination chimique et effet biologique, quantifie de plus en plus finement l'acceptabilité du risque et développe la connaissance des effets temporels d'accumulation et d'élimination.

Des exemples peuvent illustrer ces aspects prospectifs, sans développement excessif ni exhaustivité. Ainsi peuvent être évoqués certains aspects environnementaux liés à la dissolution des coques calcaires de certains animaux marins ou aux rejets d'hormones dans les eaux : ces problèmes peuvent trouver leurs solutions dans les avancées de la recherche.

• Thème 3 : Faire des choix autonomes et responsables

Le thème 3 met l'accent sur la démarche du citoyen, notamment sur les choix éclairés qu'il fait dans sa consommation pour préserver sa santé. Les situations, choisies de manière opportune, relient la connaissance scientifique à la réflexion du consommateur. L'objectif est de donner une culture générale scientifique et de susciter l'esprit critique, l'autonomie et la responsabilisation.

Le rôle des biomolécules et des oligoéléments dans l'organisme pour une alimentation responsable

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment la structure chimique des protéines détermine-t-elle leur action ?	
Structure et stéréochimie des acides aminés. Carbone asymétrique. Représentation spatiale. Chiralité, énantiométrie.	Définir un acide α -aminé. Reconnaître quelques groupes caractéristiques dans les formules de certains acides aminés. Définir un atome de carbone asymétrique, savoir le repérer dans une molécule. <i>Utiliser des modèles moléculaires ou un logiciel de simulation.</i> Énoncer la propriété de chiralité. Identifier deux énantiomères à l'aide des représentations de Cram et de Fischer. Connaître la nomenclature D et L d'un acide α -aminé.
Peptides et liaison peptidique.	Écrire l'équation de la réaction de condensation entre deux acides α -aminés et donner le nom des dipeptides susceptibles de se former. Repérer la liaison peptidique. Retrouver les formules des acides aminés constituant un peptide.

Structure tridimensionnelle des protéines.	Exploiter des documents sur le lien entre structure tridimensionnelle et action des protéines dans l'organisme.
Comment la structure des lipides influe-t-elle sur la santé ?	
Structure d'un acide gras. Triglycérides. Hydrolyse et saponification des triglycérides. Un exemple de stérol : le cholestérol.	Distinguer les acides gras saturés et insaturés. Donner la définition d'un triglycéride. Écrire l'équation de la réaction d'hydrolyse et de saponification d'un triglycéride. Faire un bilan de matière. Calculer un rendement. <i>Mettre en œuvre un protocole de saponification d'un corps gras.</i> Extraire des informations sur les propriétés comparées de corps gras alimentaires telles que la dégradation à la chaleur. Analyser les liens entre structure des acides gras et les effets sur la santé. Analyser la structure du cholestérol et commenter ses propriétés de solubilité en lien avec son transport dans le corps.
Quelles sont les doses de vitamines et d'oligoéléments nécessaires à l'être humain ?	
Eau, transporteur de nutriments. Vitamines et oligoéléments.	Comparer les structures moléculaires des vitamines A, C et D pour définir leurs propriétés liposolubles ou hydrosolubles. Interpréter des informations relatives au déséquilibre ionique consécutif à une déshydratation. Interpréter sommairement un ionogramme sanguin. Relier le caractère liposoluble ou hydrosoluble d'une vitamine au besoin journalier. <i>Pratiquer une démarche expérimentale mettant en évidence la solubilité des vitamines.</i> <i>Mettre en œuvre un dosage par titrage pour déterminer la teneur en vitamine C d'un aliment ou d'un médicament.</i>
Comment les additifs alimentaires influencent-ils les choix de consommation ?	
Colorants alimentaires. Texturants alimentaires. Arômes alimentaires.	Extraire, à partir de documents, des informations sur les colorants et les texturants alimentaires E : couleur, autorisation, effets connus, etc. <i>Mettre en œuvre un protocole expérimental pour identifier et doser par étalonnage un colorant alimentaire.</i> Analyser des informations concernant les arômes naturels et de synthèse.

De la molécule au médicament

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment l'histoire du médicament s'appuie-t-elle sur la structure moléculaire ?	
La chimie du médicament au XXe siècle.	Commenter l'origine naturelle et la structure d'une molécule active d'un médicament marquant les avancées spectaculaires au XXe siècle.
Comment s'oriente la recherche pour de nouveaux médicaments du futur ?	
Les nanomédicaments. Les médicaments hybrides.	Rédiger un commentaire argumenté à partir de documents décrivant les propriétés de nanomédicaments ou de médicaments hybrides.

L'usage responsable des produits cosmétiques

Notions et contenus	Connaissances et capacités exigibles <i>Activités expérimentales support de la formation</i>
Comment la composition chimique d'un produit cosmétique détermine-t-elle son usage ?	
Les produits cosmétiques : soins du corps, soins d'embellissement, parfums, teintures.	Analyser un document décrivant la composition et les effets d'un produit cosmétique sur la santé. Reconnaître un solvant dans un produit cosmétique. Commenter les avantages d'une synthèse de produit cosmétique au regard des principes de la chimie verte. Mettre en perspective le développement de la phytochimie.
Comment l'action d'un antioxydant peut-elle contribuer à la protection solaire ?	
Protection solaire. Antioxydant.	Distinguer les UVA et les UVB. Décrire qualitativement l'action des UV sur la peau. Interpréter l'indice et la composition d'une crème solaire. Distinguer les actions hydratante et antioxydante.

Commentaires

Ouvertures et limites

La présentation des biomolécules telles que les lipides, les protéines et les vitamines prolonge l'étude des structures chimiques et des glucides engagée en classe de première. Il ne s'agit pas de présenter un catalogue de molécules complexes ni d'en demander une mémorisation. La reconnaissance des fonctions structurales fondamentales est cependant exigée pour que soit analysé le lien entre structure et réactivité. L'ambition est ici de faire acquérir aux élèves une meilleure compréhension du rôle des nutriments et par conséquent de les responsabiliser dans leurs choix d'alimentation.

Le thème 3 mobilise en particulier le domaine de la chimie du médicament, amenant l'homme du XXIe siècle à saisir les liens entre structure chimique et traitement médical, à utiliser les médicaments avec confiance et clairvoyance, et à comprendre certains enjeux portés par la recherche scientifique. Des aspects historiques peuvent être cités pour

exemples, notamment sur la culture de la chimie du médicament, d'abord inspirée de la nature avant de devenir chimie de synthèse. Sur le même sujet peuvent être cités quelques exemples de molécules tels que la streptomycine venant d'une bactérie, le taxol venant du taxotère dans l'if, ou d'autres molécules dont les structures ne sont pas exigibles mais peuvent faire l'objet de commentaires.

Le thème 3 poursuit également l'objectif de sensibiliser, sans exhaustivité, le futur consommateur à l'usage éclairé de quelques produits cosmétiques en l'invitant à examiner particulièrement le lien entre composition chimique et effets sur la santé. Les principes de la chimie verte sont présentés sans développement excessif. Cette partie thématique se prête à l'analyse de documents abordant par exemple la question de la relation entre cosmétique et médicament, ou encore celle de la synthèse de substances actives sans recours à un solvant. Une analyse critique des antioxydants pour la protection solaire peut conduire à la formulation de précautions d'emploi. Les stratégies de lutte contre le stress oxydant cutané peuvent faire l'objet d'une étude documentaire.

Perspectives

Le thème 3 met en perspective plusieurs défis de société dans le domaine de l'alimentation : exigence croissante de qualité par le consommateur, recherche de protéines pour nourrir l'humanité demain, synthèse d'additifs inspirés de la nature.

La voie des médicaments du futur, plus performants, est tracée : nanomédicaments et médicaments hybrides. Dans ce cadre, la synthèse du médicament est guidée par la biologie structurale et la chimie devient une chimie combinatoire dynamique grâce aux avancées de la génétique.

La perspective d'une amélioration des procédés de fabrication des produits cosmétiques émerge, inspirée des principes de la chimie verte. Le développement de la phytochimie au service des cosmétiques s'inscrit dans un enjeu de performance et de qualité. L'enjeu des cosmétiques hybrides, qui combinent plusieurs fonctions, peut également être signalé. La frontière avec le médicament est clairement définie mais une meilleure connaissance des molécules est nécessaire pour répondre à l'exigence de sécurité en matière d'usage des cosmétiques.

Ces perspectives s'appuient fortement sur l'innovation scientifique et technologique portée par une recherche fondamentale et appliquée à laquelle plusieurs disciplines apportent leurs contributions.

Biologie et physiopathologie humaines

Objectifs et enjeux de cet enseignement

L'enseignement de biologie et physiopathologie humaines donne à l'élève de la série Sciences et technologies de la santé et du social les connaissances qui lui permettent de comprendre l'organisation générale de l'être humain et d'appréhender son fonctionnement intégré.

L'étude des grandes fonctions, caractéristique de la formation en biologie humaine de cette série technologique, ancre sa spécificité dans une approche contextualisée de l'enseignement par l'étude de certaines pathologies.

Cet enseignement permet de conduire une analyse des interactions de l'organisme avec l'environnement dans ses dimensions biologiques et médico-sociales.

Il développe des savoirs et des compétences en biologie et physiopathologie humaines déterminants pour la poursuite d'études supérieures dans les secteurs paramédical et social.

Compétences visées

La formation en biologie et physiopathologie humaines repose sur une approche technologique qui allie la démarche expérimentale et une analyse du fonctionnement normal et pathologique de l'individu. Une telle approche permet à l'élève :

- d'acquérir une démarche d'analyse ;
- de développer esprit critique et raisonnement scientifique ;
- de conforter et renforcer les capacités d'expression écrite et orale ;
- d'acquérir un vocabulaire scientifique et médical et de le mobiliser ;
- d'appréhender le fonctionnement de l'organisme humain dans son environnement, échangeant matière et information ;
- de comprendre les mécanismes d'apparition de pathologies majeures et d'aborder des éléments de leur diagnostic et de leurs traitements.

Présentation du programme de la classe terminale

Inscrit dans la continuité du programme de la classe de première et adoptant, dans son architecture, le même esprit, le programme de la classe terminale traite de grandes fonctions physiologiques qui s'articulent les unes avec les autres et permettent d'aborder des problèmes actuels de santé publique :

- « **Fonctionnement intégré et homéostasie** » permet de comprendre l'organisation hiérarchisée de l'organisme, son fonctionnement intégré ouvert sur son environnement et la nécessité de régulation.
- « **Défense de l'organisme** » permet de comprendre les mécanismes immunitaires mis en œuvre par l'organisme pour lutter contre le « non soi ». Il permet une ouverture vers des problèmes sanitaires et sociaux de dimension internationale (épidémie, accès aux médicaments, vaccination ...).
- « **Transmission de la vie et hérédité** » trouve une cohérence dans l'étude des caractères héréditaires et des mécanismes assurant leur transmission.

L'étude de la terminologie s'appuie sur la liste suivante des principaux préfixes et suffixes et reprend les acquis de la terminologie de la classe de première.

Préfixes : a, anti, brady, dys, en, endo, eu, exo, hémi, hyper, hypo, macro, micro, néo, oligo, poly, tachy.

Suffixes : algie, centèse, cide, cyte, ectasie, ectomie, émie, gène, genèse, gramme, graphie, ite, logie, lyse, mégalie, ome, ose, pathie, pénie, plastie, plégie, rragie, rrhée, scopie, stomie, thérapie, tomie, trophie, urie.

Contenus d'enseignement

• Milieu intérieur et homéostasie

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités technologiques support de la formation</i>
Comment l'équilibre du milieu intérieur est-il maintenu ? Quelles peuvent être les causes et les conséquences d'un déséquilibre du milieu intérieur ?	
Milieu intérieur et compartimentation. Rôle du rein dans la régulation du milieu intérieur. Rôle du pancréas dans la régulation du milieu intérieur : la régulation de la glycémie. Glycémie post-prandiale. Glycémie à jeun. Équilibre dynamique. Homéostasie. Exemples de pathologie de la régulation du milieu intérieur : les diabètes de type 1 et de type 2. Étiologie. Diagnostic. Conséquences. Traitements et prévention. Exemple de perturbations du milieu intérieur par des xénobiotiques.	Distinguer les différents compartiments liquidiens. Repérer l'existence d'échanges entre les différents compartiments et le milieu extérieur. Identifier les principaux éléments de l'appareil urinaire. Localiser les néphrons au niveau du rein. Comparer la composition du plasma, de l'urine primitive et de l'urine définitive ; en déduire les fonctions du néphron. Mettre en évidence l'existence d'une régulation de la glycémie et le rôle central des hormones du pancréas dans cette régulation. Construire un schéma présentant les acteurs et les mécanismes de la régulation de la glycémie. Présenter les notions d'hormone et d'homéostasie. <i>Observation au microscope de coupes de pancréas normal.</i> <i>Réalisation d'expériences mettant en évidence la fonction de stockage du glucose par le foie.</i> Comparer les signes cliniques et paracliniques des deux types de diabète. Relier hyperglycémie, glycosurie, polyurie et polydipsie. Expliquer l'origine de l'hyperglycémie pour chaque type de diabète. Identifier les facteurs de risque, faire le lien avec les démarches de prévention. Citer les principales conséquences pathologiques des diabètes. Relier les principaux traitements à l'étiologie ou aux facteurs de risque. <i>Observation au microscope de coupes de pancréas pathologique.</i> <i>Réalisation d'un dosage du glucose.</i> Citer des exemples de xénobiotiques. Repérer les conséquences de l'action d'un xénobiotique dans l'organisme. Décrire le devenir d'un xénobiotique (absorption, distribution, métabolisme, stockage, élimination).
Racines : glyco, glycogéno, insulino, néphro, uro, xéno.	
Termes médicaux : diurèse, polydipsie.	

• **Système immunitaire et défense de l'organisme**

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités technologiques support de la formation</i>
Comment le système immunitaire distingue-t-il le soi et le non-soi ? Comment l'organisme se défend-il contre le non-soi ? Quelle prévention et quels traitements peut-on envisager contre les maladies infectieuses ?	
Maladies infectieuses : Agents pathogènes. Bactéries et multiplication bactérienne. Virus et cycle viral. Antibiothérapie et résistance aux antibiotiques. Soi et non-soi. Organes et cellules de l'immunité. Un exemple de mise en jeu des défenses immunitaires : la grippe. Voie de contamination. Notion de barrière cutanéomuqueuse. Immunité innée : réaction inflammatoire. Réponse acquise à médiation humorale : rôle des anticorps.	Identifier les différentes catégories d'agents pathogènes. Comparer la structure des bactéries et des virus et caractériser leur mode de reproduction respectif. Repérer les étapes d'un cycle viral. Lire et interpréter un antibiogramme. Repérer les principales cibles cellulaires des antibiotiques. Distinguer résistance naturelle et résistance acquise par mutation ou transfert de gènes. Faire le lien entre l'utilisation des antibiotiques et la sélection de souches résistantes. En déduire l'intérêt des campagnes de prévention. <i>Observation de microorganismes.</i> <i>Réalisation d'un antibiogramme.</i> Distinguer la notion de soi et de non soi à partir de résultats expérimentaux. Identifier et localiser les principaux marqueurs du soi. Définir les notions d'antigène et d'épitope. Localiser les organes lymphoïdes primaires et secondaires et donner leurs rôles. Identifier les éléments figurés du sang. <i>Observation de frottis sanguins.</i> Citer les principaux symptômes de la grippe en lien avec la voie de contamination du virus et les cellules cibles. Présenter les différentes défenses cutanéomuqueuses. Relier les phénomènes vasculaires et cellulaires aux quatre symptômes de la réaction inflammatoire. Présenter le rôle et le mécanisme de la phagocytose. Présenter l'activation spécifique des lymphocytes B, leur multiplication et leur différenciation en plasmocytes. Comparer l'ultrastructure des lymphocytes B et des plasmocytes. Relier l'ultrastructure des plasmocytes à leur fonction. Localiser paratope, site de fixation du complément et site

Réponse acquise à médiation cellulaire : rôle des lymphocytes T cytotoxiques.	de fixation du phagocyte au niveau d'une immunoglobuline G. Établir le lien structure-fonction : neutralisation de l'antigène par formation d'un complexe immun, opsonisation et activation du complément. Présenter l'activation spécifique des lymphocytes T8, leur multiplication, leur différenciation en lymphocytes T cytotoxiques. Montrer le rôle des lymphocytes T cytotoxiques dans la cytolyse.
Coopération cellulaire.	Présenter l'activation spécifique des lymphocytes T4, leur multiplication, leur différenciation. Montrer le rôle central des lymphocytes T auxiliaires dans l'activation des réponses humorale et cellulaire.
Prévention de la grippe : vaccination.	Caractériser les réponses primaire et secondaire. Les relier au principe de la vaccination. Mettre en relation variabilité du virus de la grippe et vaccination annuelle.
Technique d'exploration : analyses sanguines.	Analyser des résultats de numération formule sanguine (NFS), de recherche de marqueurs de l'inflammation, de sérodiagnostic.
Racines : leuco, lympho, phago, pyro, séro, spléno, thymo.	
Termes médicaux : asthénie, épidémie, mycose, nosocomiale.	

• **Appareil reproducteur et transmission de la vie**

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités technologiques support de la formation</i>
Comment est assurée la transmission de la vie ? Quels sont les moyens utilisés pour la maîtrise de la procréation ?	
Anatomie et physiologie des appareils reproducteurs. Anatomie des appareils reproducteurs. Gamétogenèse et folliculogenèse. Haploïdie et diploïdie.	Identifier les organes des appareils reproducteurs. <i>Observation de clichés d'imagerie médicale.</i> Identifier les cellules de la spermatogenèse et de l'ovogenèse et leurs caractéristiques chromosomiques. Repérer les différents stades de développement du follicule. <i>Observations au microscope de coupes d'ovaire et de testicule.</i> Repérer le trajet des gamètes dans les voies génitales féminines. Localiser fécondation et nidation. Différencier embryon et fœtus. Repérer sur un schéma circulation maternelle et circulation fœtale.
Fécondation, nidation et grossesse.	

Échanges transplacentaires.	Comparer sang fœtal et sang maternel pour mettre en évidence la fonction d'échange du placenta. Justifier les mesures de prévention pour la femme enceinte.
Régulation de la fonction reproductrice.	Localiser le complexe hypothalamo-hypophysaire et en identifier les principaux éléments.
Complexe hypothalamo-hypophysaire.	Identifier les rôles de la testostérone. Mettre en évidence régulation de sa sécrétion.
Chez l'homme : rôles de la testostérone, régulation de sa sécrétion.	Construire un schéma de synthèse intégrant le rétrocontrôle négatif.
Chez la femme : fonctionnement cyclique.	Repérer le fonctionnement cyclique de l'utérus et des ovaires. En déduire la période de fécondité optimale.
Contrôle hormonal.	Identifier les rôles des œstrogènes et de la progestérone et mettre en évidence la régulation de leur sécrétion.
Contraception.	Construire un schéma de synthèse intégrant les rétrocontrôles négatif et positif. <i>Observations au microscope de coupes d'endomètre.</i> Expliquer le mode d'action de différents moyens de contraception et indiquer les critères de choix du moyen de contraception le plus adapté au contexte.
Interruption de grossesse.	Identifier les moyens de contraception qui protègent contre les infections sexuelles transmissibles (IST). Relever les principales causes d'interruption physiologique de grossesse. Présenter le principe des interruptions médicamenteuse et chirurgicale de grossesse.
Examens : suivi de grossesse.	Présenter l'intérêt de l'échographie dans le suivi de la grossesse.
Échographie.	Montrer l'avantage de l'échographie par rapport aux autres techniques d'imagerie médicale.
Un exemple de sérologie.	<i>Observation de clichés d'imagerie médicale.</i> Mettre en relation présence d'anticorps et infection (en cours ou passée). Expliquer l'intérêt du diagnostic dans le cadre du suivi de grossesse. <i>Réalisation d'un sérodiagnostic.</i>
Amniocentèse et examen cytogénétique.	Repérer une anomalie sur un caryotype. Citer les risques et les intérêts d'une amniocentèse.
Infertilité et aide médicale à la procréation.	Identifier les causes possibles d'une infertilité à partir de cas cliniques. Identifier le principe des différentes méthodes d'aide médicale à la procréation. Justifier le choix de la technique selon l'origine de l'infertilité.
Racines : andr(o), cervic(o), gynéc(o), hystér(o), mamm(o), mén(o), métr(o), orchid(o), ovari(o), prostat(o), salping(o), sperm(o), sthén(o) térat(o), vagin(o), vas(o).	
Termes médicaux : azoospermie, ménopause.	

• **Gènes et transmission de l'information génétique**

Notions et contenus	Capacités exigibles <i>Activités technologiques support de la formation</i>
Comment un caractère est-il déterminé par un gène ? Qu'est-ce qu'une mutation génétique et quelles sont ses conséquences ?	
Cellule et information génétique. Chromosome et ADN. Transmission de l'information génétique lors de la division cellulaire. Du gène à la protéine. Transcription. Traduction et code génétique. Mutation ponctuelle.	Distinguer base azotée, nucléotide, ADN, chromatine, chromatides et chromosomes. Dégager l'importance de la division cellulaire pour le fonctionnement de l'organisme. Représenter les différents états du chromosome au cours du cycle cellulaire. Différencier et localiser transcription et traduction. Identifier les acteurs de la transcription et de la traduction. Transcrire une séquence d'ADN et traduire la séquence d'ARNm obtenue. Repérer une mutation et déterminer sa conséquence sur la séquence polypeptidique. <i>Utilisation de logiciels dédiés.</i>
Transmission des caractères héréditaires.	Distinguer gènes et allèles, phénotype et génotype, homozygotie et hétérozygotie, dominance, codominance et récessivité, gonosomes et autosomes. Analyser des arbres généalogiques pour en déduire le mode de transmission des caractères héréditaires et déterminer des génotypes. Réaliser un échiquier de croisement pour déterminer la probabilité de transmission d'un caractère à la descendance.
Le cancer, une conséquence de mutations génétiques. Tumeur bénigne, tumeur maligne, métastases. Un exemple de cancer. Origine plurifactorielle. Dépistage, diagnostic et suivi : - examens anatomopathologiques ; - imagerie médicale ; - marqueurs tumoraux. Traitements : - chimiothérapie anticancéreuse ; - radiothérapie ; - chirurgie ; - autres traitements.	Décire les différentes étapes du développement d'un cancer : des mutations aux métastases. Repérer les principaux agents mutagènes et facteurs de risque. Les relier aux actions de prévention. Montrer l'intérêt des méthodes d'investigation dans le dépistage, le diagnostic et le suivi. <i>Observation de clichés d'imagerie médicale.</i> Mettre en relation les mécanismes physiopathologiques avec les traitements. Expliquer les effets secondaires des différents traitements.
Racines : cancer(o), carcin(o), cary(o), chimi(o), iatr(o), nuclé(o), onc(o), radi(o), tumor(o).	
Termes médicaux : biopsie, métastase, tumeur.	

Annexe 4

Programme de sciences physiques et chimiques en laboratoire de première STL

Sommaire

Introduction générale

Objectifs de formation

Organisation du programme

Les compétences de la démarche scientifique

Repères pour l'enseignement

Mesure et incertitudes

Contenus disciplinaires

Chimie et développement durable

Image

Instrumentation

Ouverture vers le monde de la recherche ou de l'industrie et initiation à la démarche de projet

Introduction générale

Objectifs de formation

Dans la continuité de la classe de seconde générale et technologique, les programmes de physique-chimie des enseignements de spécialité de physique-chimie et mathématiques et de sciences physiques et chimiques en laboratoire visent 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.

Les élèves qui ont choisi l'enseignement de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire expriment leur goût pour un enseignement scientifique qui prend appui sur la pratique expérimentale telle qu'elle existe en laboratoire. La pratique expérimentale est donc centrale dans ce programme : l'objectif est de travailler l'analyse, la compréhension, la mise en œuvre et dans certains cas la conception de protocoles expérimentaux tout en développant les concepts liés aux notions physiques et chimiques qui leur sont associées. Dans ce cadre, les élèves sont formés à la maîtrise du geste expérimental, à l'utilisation des instruments de mesure et à l'estimation des incertitudes dans le contexte des activités expérimentales. L'intégration des instruments de mesure dans des systèmes plus complexes conduit aussi à s'intéresser au traitement numérique des résultats de mesure, que ce soit pour valider l'utilisation d'un modèle, contrôler la qualité d'un produit ou réguler une grandeur physique ou chimique dans un système technologique.

Organisation du programme

Ce programme est en continuité avec le programme de physique-chimie de la classe de seconde générale et technologique dont il reprend les compétences de la démarche scientifique. Les thèmes retenus s'inscrivent en complémentarité avec le programme de physique-chimie et mathématiques de cette classe de première STL. Le thème « Chimie et développement durable » aborde les synthèses chimiques et les analyses physico-chimiques en traitant systématiquement des règles de sécurité et de l'impact environnemental. Le thème « Image » prend appui sur l'examen de l'appareil photographique numérique pour travailler les notions liées à la vision et à la synthèse des couleurs, et permet de faire le lien entre les caractéristiques d'une prise de vue (focale, ouverture et temps de pose) et les caractéristiques de la photographie (angle et profondeur de champ) en exploitant le modèle de la lentille mince. Enfin, le thème « Instrumentation » s'intéresse à la conception et aux propriétés d'une chaîne de mesure et à son utilisation.

Une partie de l'horaire de cet enseignement est consacrée à la démarche de projet, l'objectif étant de les préparer, à partir d'études de cas ou de mini-projets, à construire des compétences qui leur permettront de conduire un projet avec une plus grande autonomie en classe de terminale.

Dans l'écriture du programme, chaque thème comporte plusieurs parties : chacune d'elles présente une introduction spécifique précisant les objectifs de formation. Cette introduction est complétée par un tableau en deux colonnes identifiant, d'une part, les notions et contenus abordés et, d'autre part, les capacités exigibles, dont les capacités expérimentales, particulièrement importantes en série STL. Par ailleurs, les capacités numériques associées aux notions et contenus sont mentionnées ; le langage de programmation conseillé est le

langage Python. L'usage des microcontrôleurs peut aussi conduire à l'utilisation du langage de programmation dédié au système.

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
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonnement	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

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 enjeux civiques mettant en jeu la responsabilité individuelle et collective, la sécurité pour soi et pour autrui, l'éducation à l'environnement et au développement durable.

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 des programmes des enseignements de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire et de physique-chimie et mathématiques, l'approche expérimentale est essentielle ; elle permet l'acquisition de compétences propres et donne lieu à des synthèses régulières pour structurer savoirs et savoir-faire, et pour les appliquer ensuite dans des contextes différents. Elle vise l'acquisition ou le renforcement de connaissances des lois et des modèles physiques et chimiques fondamentaux qui sont régulièrement confrontés à l'expérience. Elle forme aussi à la méthodologie de résolution de problèmes avec une entrée expérimentale. Chaque fois que cela est possible, une mise en perspective de ces savoirs avec l'histoire des sciences et l'actualité scientifique est mise en œuvre.

Le professeur est invité à privilégier la mise en activité des élèves pour construire leur autonomie et développer le travail en équipe. Cette stratégie est essentielle lors de la formation des élèves à la démarche de projet.

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. Une attention particulière est portée au développement des compétences orales des élèves.

Mesure et incertitudes

La pratique de laboratoire confronte les élèves à la conception, à la mise en œuvre et à l'analyse critique de protocoles de mesures. Évaluer l'incertitude d'une mesure et 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 sont transversales au programme de physique-chimie ; elles 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, les programmes des enseignements de spécialité de la classe de première STL introduisent 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
Sources d'erreurs. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Justesse et fidélité. Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures. Incertitude-type sur une mesure unique. Expression du résultat. Valeur de référence.	- Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. - 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. - Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type. - 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. - Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée. - 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. Capacités numériques : À l'aide d'un tableur ou d'un programme informatique : - traiter des données expérimentales ; - représenter les histogrammes associés à des séries de mesures.

Contenus disciplinaires

Chimie et développement durable

Sécurité et environnement	
La chimie, science de la matière et de ses transformations, apporte des réponses aux défis que se pose l'humanité notamment en matière de gestion des ressources, dans une logique de développement durable. La connaissance toujours plus fine des propriétés des espèces chimiques implique une utilisation raisonnée de celles-ci dans le cadre de synthèses chimiques maîtrisées en matière d'impact environnemental. Les travaux expérimentaux sont menés dans le respect constant des règles de sécurité. Les capacités exigibles dans ce domaine « Sécurité et environnement » sont à travailler et à évaluer tout au long de l'étude du thème « Chimie et développement durable ».	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Règles de sécurité au laboratoire, équipement de protection individuel (EPI). Pictogrammes de sécurité, phrases H (<i>hazardous</i>) & P (<i>precaution</i>). Fiches de données de sécurité (FDS). Règlement CLP (<i>classification, labelling and packaging</i>), stockage.	- Connaître et appliquer les principales règles de sécurité au laboratoire. - Analyser et respecter les consignes de sécurité données dans un protocole à l'aide des pictogrammes de sécurité, des phrases H&P et des fiches de données de sécurité. - Relever sur une FDS fournie les données relatives à la toxicité des espèces chimiques. - Exploiter une étiquette conforme au règlement CLP pour en tirer des informations sur les propriétés et le stockage d'une substance chimique.
Recyclage des substances chimiques. Principes de la chimie verte, impact environnemental, économique et social.	- Identifier et justifier le mode d'élimination d'une espèce chimique en se référant aux données de sécurité. - Appliquer les principes de la chimie verte pour choisir parmi différents procédés de synthèse ou d'analyse.

Synthèses chimiques	
Cette partie aborde les principales techniques de synthèse, de séparation et de purification, avec les contrôles de pureté associés. Les réactions de la chimie organique mises en jeu sont supposées totales et sont classées par type. La notion de réactif limitant est réinvestie pour déterminer le rendement d'une synthèse à partir des masses ou des volumes de réactifs. La notion d'hydrogène labile est introduite en lien avec la notion de couple acide-base vue dans l'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques.	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Synthèse d'un composé organique.	- Choisir le matériel adapté pour prélever les réactifs nécessaires à un protocole de synthèse donné. - Justifier l'utilisation d'un montage à reflux et d'une ampoule de coulée. Capacités expérimentales : ■ Prélever les réactifs pour une synthèse. ■ Réaliser un montage à reflux ; utiliser une ampoule de coulée.

Extraction, séparation et purification.	- Justifier le choix d'un solvant, pour extraire une espèce chimique d'un mélange réactionnel, à l'aide de données tabulées.
Distillation simple et recristallisation.	- Expliquer le principe d'une distillation simple. - Expliquer le principe d'une recristallisation en justifiant le choix du solvant utilisé.
Contrôles de pureté, chromatographie sur couche mince (CCM).	Capacités expérimentales : réaliser une distillation simple, une recristallisation, une filtration, une filtration sous vide, une extraction par solvant, un séchage. - Expliquer le principe de la chromatographie sur couche mince. - Commenter la pureté d'un produit à l'aide d'une observation (CCM).
Rendement.	Capacités expérimentales : - Effectuer une CCM et interpréter les chromatogrammes obtenus. - Mesurer une température de fusion. - Déterminer le réactif limitant d'une synthèse pour calculer le rendement en produit purifié en utilisant éventuellement un tableau d'avancement.
Réactions de synthèse.	- Déterminer le type d'une réaction (substitution, addition, élimination ou acide-base) à partir de l'examen de la structure des réactifs et des produits.
Sites électrophiles et nucléophiles.	- Identifier les sites électrophiles et nucléophiles des différents réactifs pour une synthèse donnée.
Hydrogène labile.	- Identifier l'atome d'hydrogène labile dans les alcools et les acides carboxyliques ; comparer leurs acidités en raisonnant sur la stabilisation des bases conjuguées par mésomérie.
Formalisme des flèches courbes pour représenter un mouvement de doublet d'électrons.	- Représenter par des mouvements de doublets d'électrons le mécanisme d'une réaction d'un acide carboxylique avec l'ion hydroxyde ou un ion alcoolate.
Hydrogénation d'un alcène, d'un aldéhyde ou d'une cétone.	- Écrire l'équation d'une réaction d'hydrogénation. - Déterminer la formule des produits résultant de la déshydratation d'un alcool.
Réactivité des alcools (élimination, substitution, propriétés acido-basiques).	- Interpréter un mécanisme réactionnel fourni pour la transformation d'un alcool et écrire l'équation de la réaction correspondante. - Repérer un catalyseur dans une transformation donnée.
	Capacité expérimentale : réaliser une synthèse à partir d'un alcool.

Analyses physico-chimiques

Il s'agit de caractériser et de quantifier les espèces chimiques dans différents milieux et à des concentrations parfois très faibles. Les techniques d'analyse, qualitatives et quantitatives, sont mises en œuvre et exploitées par les élèves. Les concepts liés à la mesure et aux incertitudes associées sont développés dans le cadre de ces techniques d'analyse. Les résultats des mesures sont exprimés avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Tests d'identification, témoin. Propriétés physiques d'espèces chimiques : températures de changement d'état, masse volumique. Interaction rayonnement-matière. Spectroscopies UV-visible, IR.	- Utiliser une banque de données pour exploiter les résultats d'une analyse qualitative d'ions. Capacité expérimentale : détecter la présence d'un ion, choisir un témoin pertinent pour effectuer une analyse qualitative. Capacité expérimentale : évaluer la température d'un changement d'état et la masse volumique d'une espèce chimique. - Relier la structure moléculaire au type de rayonnement absorbé : UV, visible ou IR. - Relier la couleur perçue à la longueur d'onde du rayonnement absorbé. - Utiliser des banques de données pour identifier ou confirmer des structures à partir de spectres.
Dosages par étalonnage spectrophotométrique.	— Connaître et utiliser la loi de Beer-Lambert et ses limites. Capacité expérimentale : concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer la concentration d'une solution à l'aide d'une gamme d'étalonnage. Capacité numérique : tracer et exploiter une courbe d'étalonnage à l'aide d'un tableur.
Dosages directs par titrage (l'équation de la réaction support étant donnée et supposée totale).	- Définir l'équivalence lors d'un dosage. - Déterminer les concentrations des espèces présentes dans le milieu réactionnel au cours du dosage en utilisant éventuellement un tableau d'avancement. - Déterminer la valeur de la concentration d'une solution inconnue. - Déterminer le volume à l'équivalence en exploitant une courbe de dosage pH-métrique. - Estimer une valeur approchée de pKa par analyse d'une courbe de dosage pH-métrique. Capacités expérimentales : ▪ Estimer la valeur du volume à l'équivalence. ▪ Réaliser un dosage par changement de couleur. ▪ Réaliser un dosage pH-métrique. ▪ Repérer une équivalence. ▪ Exploiter les incertitudes-types, obtenues par une évaluation de type A, pour comparer un dosage pH-métrique et un dosage avec indicateur coloré. Capacités numériques : tracer une courbe de dosage pH-métrique et déterminer le volume à l'équivalence à l'aide d'un logiciel.

Image

La partie introductive de ce thème traite des aspects historiques de l'image et sensibilise les élèves au droit à l'image.

Dans la partie « Image, couleur et vision », l'étude d'un modèle optique simple de l'œil permet de réinvestir les notions d'optique géométrique abordées en classe de seconde. La description de la rétine en cellules photoréceptrices permet de préciser le rôle des cônes et bâtonnets dans la vision humaine. La perception des couleurs est interprétée à l'aide des courbes d'absorption des cônes et la couleur d'un objet est analysée en exploitant le modèle colorimétrique RVB. La présentation de la synthèse des couleurs, additive pour les écrans ou soustractive pour l'impression en couleurs, accorde une large place à l'expérience et à l'utilisation d'outils de simulation numérique pour expliquer et distinguer ces deux types de synthèse.

La partie « Images photographiques » vise à consolider et à approfondir les notions d'optique géométrique abordées en classe de seconde. Les constructions géométriques des images, dont on confronte les résultats à ceux donnés par la formule de conjugaison, sont limitées aux objets et aux images réels. Les mesures de distance focale donnent lieu à l'évaluation des incertitudes-types associées aux méthodes de mesure utilisées. L'introduction de la loupe permet de montrer que toutes les images ne sont pas réelles et d'aborder la notion d'image virtuelle qui sera reprise en terminale.

L'appareil photographique est modélisé par une description simple dans le cadre de l'optique géométrique. L'objectif est de faire le lien entre les caractéristiques optiques et physiques (focale, ouverture et temps de pose) de l'appareil et des éléments caractéristiques de la photographie comme l'angle de champ et la profondeur de champ.

Les parties portant sur la photographie numérique et la transmission d'une image numérique sont essentiellement consacrées au capteur CCD (dispositif à couplage de charges) et à la numérisation des images. Elles ont pour objectif de faire appréhender quelques procédés de stockage et de transmission des images.

Le module donne lieu à de nombreuses activités expérimentales dont certaines relèvent du domaine de la mesure. Les incertitudes-types des mesures réalisées sont évaluées et, quand cela est pertinent, le résultat est comparé avec une valeur de référence (donnée constructeur, donnée tabulée, etc.). Les résultats des mesures sont exprimés avec un nombre de chiffres significatifs adapté.

Notions ou contenus	Capacités exigibles
Aspect historique de l'image.	- Classer sur une échelle temporelle des périodes ou dates clés concernant l'image et ses supports : peintures rupestres, peintures à l'huile, photographie, cinéma, télévision, vidéo, etc.
Droits d'auteur, droit à l'image.	- Respecter les droits d'auteur et le droit à l'image.

Image, couleur et vision	
Notions ou contenus	Capacités exigibles
Modèle optique de l'œil.	- Décrire et exploiter un modèle optique simplifié de l'œil. - Exploiter ce modèle optique de l'œil pour expliquer la myopie et l'hypermétropie. - Citer des applications faisant appel à la persistance rétinienne et estimer l'ordre de grandeur de sa durée. Capacité expérimentale : mettre en œuvre un protocole pour expliquer l'accommodation, la myopie et l'hypermétropie. - Énoncer le rôle de chacun des deux types de cellules photosensibles de l'œil. - Exploiter les courbes de sensibilité relative de l'œil pour expliquer la vision des couleurs et le daltonisme. - Expliquer la vision des couleurs à l'aide de la structure de la rétine de l'œil humain et de la synthèse additive. Capacités expérimentales : ▪ Concevoir, mettre en œuvre un protocole pour expliquer la synthèse additive des couleurs. ▪ Mettre en œuvre un protocole pour expliquer le principe du modèle colorimétrique RVB des écrans. Capacité numérique : utiliser un logiciel dédié pour déterminer les composantes (R, V, B) d'une couleur. - Expliquer la couleur perçue d'un objet éclairé en lumière blanche en exploitant le modèle colorimétrique RVB. - Expliquer le principe de reconstitution des couleurs par une imprimante et par un procédé pictural. Capacité expérimentale : concevoir, mettre en œuvre un protocole pour expliquer la synthèse soustractive des couleurs. - Citer des procédés de production d'images faisant appel à la synthèse additive ou à la synthèse soustractive. - Prévoir l'effet d'un ou de plusieurs filtres sur une lumière blanche et une lumière colorée. - Interpréter et prévoir la couleur perçue d'un objet éclairé par un faisceau lumineux coloré.
Vision des couleurs.	
Synthèse additive des couleurs.	
Synthèse soustractive des couleurs.	
Filtres.	

Images photographiques	
Notions ou contenus	Capacités exigibles
Chambre noire et sténopé.	- Interpréter le principe d'un sténopé ou d'une chambre noire à l'aide du modèle du rayon lumineux. - Exploiter les notions de foyers, distance focale pour caractériser un système optique.
Modèle du rayon lumineux.	
Objet et image réels.	

Lentilles minces convergentes. Foyers, distance focale, focométrie. Relation de conjugaison. Grandissement.	- Exploiter les propriétés d'une lentille mince convergente et utiliser le modèle du rayon lumineux pour prévoir graphiquement la position et la taille d'une image. - Citer et exploiter la relation de conjugaison de Descartes et une expression du grandissement pour déterminer la position et la taille d'une image à travers une lentille mince convergente. - Décrire et expliquer la méthode d'autocollimation pour mesurer une distance focale. Capacités expérimentales : ▪ Réaliser des projections. ▪ Déterminer expérimentalement la condition sur la position d'un objet par rapport au foyer objet d'une lentille convergente pour réaliser une projection. ▪ Concevoir ou mettre en œuvre un protocole pour déterminer la position d'une image, mesurer le grandissement associé et identifier les principales sources d'erreurs sur ces mesures. ▪ Réaliser expérimentalement un faisceau lumineux cylindrique. ▪ Mettre en œuvre la méthode d'autocollimation pour déterminer la distance focale d'une lentille mince. Réaliser une évaluation de type A de l'incertitude-type. ▪ Mettre en œuvre la méthode de Bessel pour déterminer la distance focale d'une lentille mince, le protocole étant fourni. réaliser une évaluation de type A de l'incertitude-type. ▪ Comparer les deux méthodes de mesure.
Notion d'image virtuelle.	— Expliquer pourquoi une image d'un objet réel obtenue par une loupe n'est pas réelle. - Capacité expérimentale : Déterminer expérimentalement les conditions sur la position d'un objet par rapport à une lentille convergente pour avoir un effet loupe.

Appareil photographique numérique

Notions ou contenus	Capacités exigibles
Modèle de l'appareil photographique. Nombre d'ouverture, temps de pose, angle de champ, profondeur de champ. Éclairement.	- Modéliser un appareil photographique numérique par l'association d'un diaphragme, d'une lentille mince convergente et d'un capteur CCD. - Associer l'éclairement du capteur au nombre d'ouverture et l'énergie reçue au nombre d'ouverture et au temps de pose. - Expliquer la différence entre zoom optique et zoom numérique. - Relier la profondeur de champ à la taille du photorécepteur unitaire. - Exploiter un tracé de rayons lumineux pour expliquer l'effet du nombre d'ouverture sur la profondeur de champ. - Relier l'angle de champ à la distance focale et à la taille du capteur dans le cas d'une visée à l'infini.

Capteur CCD : sensibilité et résolution. Pixel.	Capacités expérimentales : ▪ Mesurer un éclairement exprimé en lux. ▪ Mettre en œuvre un protocole mettant en évidence l'effet de l'ouverture du diaphragme et de la focale sur la profondeur de champ. ▪ Mettre en œuvre un protocole pour mesurer un angle de champ et étudier l'influence de la taille du capteur et de la distance focale. - Expliquer sommairement le principe des capteurs CCD à partir d'une documentation. - Définir le pixel et estimer ses dimensions dans le cas de l'appareil photo numérique ou de différents écrans vidéo. - Relier la sensibilité à la résolution et à la surface du capteur.
--	---

Stockage et transmission d'une image numérique

Notions ou contenus	Capacités exigibles
Codage RVB. Capacité mémoire. Chaîne de transmission d'informations, débit.	- Expliquer le principe du codage en niveaux de gris et en couleurs RVB. - Associer une image numérique à un tableau de nombres. - Évaluer la taille d'une image en octets. - Relier la capacité mémoire nécessaire au stockage d'une image numérisée non compressée à la définition de l'image. - Citer deux formats de fichiers images en précisant leurs principales caractéristiques. - Identifier les éléments d'une chaîne de transmission d'informations. - Caractériser une transmission numérique par son débit binaire. - Comparer différents ordres de grandeurs de débits binaires et prévoir les durées de transmission d'un fichier image. - Citer quelques modes de transmissions possibles entre divers équipements vidéo, leurs avantages et leurs limites.

Instrumentation

Les instruments de mesure permettent d'obtenir des résultats chiffrés de plus en plus fiables et précis, validés par les outils de la métrologie. Ils exigent dans leur mise en œuvre une culture scientifique et technologique, constituant une base nécessaire aux activités de laboratoire. Plusieurs situations de réalisation de mesures sont proposées pour permettre aux élèves d'acquérir les connaissances et les capacités attendues ; il ne s'agit pas sur les différentes parties du programme (liste de capteurs, d'appareils de mesure rencontrés dans les différents domaines, etc.) de rechercher l'exhaustivité. L'acquisition de ces connaissances et capacités est indispensable aux élèves pour choisir un appareil de manière pertinente et pour porter un regard critique sur les résultats de mesure obtenus.

Instruments de mesure	
Dans cette première partie, l'objectif est de sensibiliser l'élève aux caractéristiques des instruments de mesure et aux incertitudes associées. Cela leur permet d'effectuer un choix d'appareil ou de matériel en fonction d'un cahier des charges et d'apprendre à les utiliser dans des conditions optimales. Une approche expérimentale à partir d'instruments de mesure simples (gradués ou jaugés) permet de sensibiliser les élèves à la dispersion des mesures et à l'évaluation de type A d'une incertitude-type. Les élèves sont initiés à l'exploitation de la documentation fournie par le constructeur concernant les instruments de mesure utilisés afin de déterminer leurs caractéristiques et leur incertitude-type. Enfin, les élèves mettent en œuvre un exemple de méthode de mesure par étalonnage (spectrophotométrie, spectroscopie, etc.).	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Instruments de mesure. Chaîne de mesure. Mesure par étalonnage.	- Choisir un instrument de mesure adapté en fonction de ses caractéristiques (résolution, temps de réponse, étendue de mesure) et du cahier des charges. - Exploiter une notice utilisateur pour retrouver les caractéristiques d'un instrument de mesure. - Dans le cas d'une chaîne de mesure, identifier les différents blocs (capteur, conditionneur, convertisseur analogique numérique, calculateur, afficheur) à partir d'une documentation. Capacités expérimentales : ▪ Procéder à une évaluation de type A de l'incertitude-type lors de l'utilisation d'un instrument de mesure gradué ou jaugé. ▪ Lors de l'utilisation d'un instrument à affichage numérique, procéder à la détermination d'une incertitude-type à partir de la documentation constructeur. ▪ Estimer l'influence d'un changement de calibre sur l'incertitude-type et choisir le calibre adapté. Capacités expérimentales : ▪ Tracer et exploiter une courbe d'étalonnage. ▪ Vérifier que le choix de la gamme d'étalonnage est adapté à la mesure réalisée.

Chaîne de mesure

L'objectif de cette partie est d'étudier le principe d'appareils de mesure qui peuvent se modéliser par une chaîne de mesure. L'étude expérimentale des différents blocs de la chaîne de mesure a pour objectif de préciser leur fonction et leur influence sur la qualité de la mesure. À cette occasion, l'impact de la numérisation sur la qualité de la mesure est abordé.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Capteur et conditionneur. Caractéristique de transfert.	- Identifier les grandeurs d'entrée et de sortie du capteur et du conditionneur. - Exploiter une caractéristique de transfert d'un capteur, ou d'un ensemble capteur conditionneur. - Définir et estimer la sensibilité d'un ensemble capteur conditionneur à partir de sa caractéristique de transfert. - Exploiter la loi des nœuds, la loi des mailles et la loi d'Ohm pour expliquer le principe du conditionneur pour un capteur résistif. Capacités expérimentales : ▪ Tracer la caractéristique de transfert d'un capteur. ▪ Concevoir et réaliser un conditionneur à partir d'un pont diviseur de tension pour un capteur résistif. ▪ Réaliser un circuit à amplificateur linéaire intégré (ALI) à partir d'un schéma fourni et mesurer le rapport d'amplification. Identifier les limites de fonctionnement dues à la saturation. ▪ Tracer la caractéristique de transfert d'un ensemble capteur conditionneur. ▪ Utiliser la caractéristique de transfert d'un ensemble capteur conditionneur pour évaluer la grandeur d'entrée à partir de la mesure de la grandeur de sortie. Évaluer les incertitudes-types associées à chacune de ces grandeurs et les relier à l'aide de la sensibilité. ▪ Mesurer le temps de réponse de l'ensemble capteur conditionneur.
Convertisseur analogique numérique (CAN). Quantum, résolution.	- Différencier un signal analogique d'un signal numérique. - Définir et relier le quantum, la résolution (nombre de bits) et la tension pleine échelle d'un CAN. - Expliquer l'impact de la conversion sur la qualité de la mesure. Capacités expérimentales : ▪ Mettre en œuvre un protocole expérimental permettant de mesurer le quantum et la résolution d'un CAN. ▪ Utiliser un microcontrôleur pour afficher la valeur de la mesure. ▪ Adapter les paramètres (valeurs de résistances, facteur d'amplification) d'un conditionneur pour optimiser une mesure.

Utilisation d'une chaîne de mesure en tout ou rien

Dans la partie précédente, les chaînes de mesure sont utilisées comme instruments de mesure. Dans cette partie, l'objectif est de travailler sur l'utilisation de la mesure faite ; l'étude, principalement expérimentale, est limitée aux chaînes de mesure utilisées en tout ou rien qui permettent de concevoir un dispositif d'alerte ou qui peuvent être intégrées dans un dispositif de régulation de température.

Le choix est fait de traiter numériquement le signal à la sortie du conditionneur par un microcontrôleur simple ; on attend des élèves qu'ils modifient des valeurs numériques dans le code fourni pour les adapter au problème étudié.

Il est possible de travailler sur un dispositif d'alerte ou de régulation d'une autre grandeur en fonction du matériel disponible dans l'établissement, tout en conservant les mêmes objectifs de formation et les mêmes capacités exigibles.

Chaîne de mesure utilisée en tout ou rien.	- Décrire une chaîne de mesure utilisée en tout ou rien. - Identifier différentes applications d'une chaîne de mesure utilisée en tout ou rien.
Régulation de température.	Capacités expérimentales et numériques : ▪ Réaliser une chaîne de mesure utilisée en tout ou rien à partir d'un capteur, d'un conditionneur et d'un microcontrôleur. ▪ Tracer expérimentalement la caractéristique de transfert d'une chaîne de mesure utilisée en tout ou rien. ▪ Modifier une valeur numérique dans le code source du microcontrôleur pour fixer un seuil de déclenchement. Capacités expérimentales et numériques : ▪ Utiliser une chaîne de mesure en tout ou rien pour commander le chauffage d'un liquide et maintenir sa température constante. ▪ Montrer expérimentalement l'intérêt d'une chaîne de mesure utilisée en tout ou rien avec hystérésis dans le cas de la régulation de température. ▪ Tracer expérimentalement la caractéristique de transfert d'une chaîne de mesure utilisée en tout ou rien avec hystérésis. Caractériser l'influence des valeurs de seuil. ▪ Tracer l'évolution de la température en fonction du temps et caractériser l'influence des paramètres (température de consigne, valeurs de seuil de l'hystérésis, puissance fournie par la résistance chauffante) sur la régulation de température. - Citer l'influence du choix des valeurs de seuil autour de la température de consigne sur la régulation de température.

Ouverture vers le monde de la recherche ou de l'industrie et initiation à la démarche de projet

Il s'agit ici, à travers une démarche de projet, d'amener les élèves à mobiliser et à réinvestir les lois et modèles étudiés dans les deux enseignements de spécialité de physique-chimie et mathématiques et de sciences physiques et chimiques en laboratoire pour analyser des dispositifs expérimentaux, des réalisations technologiques et des applications contemporaines. L'objectif est de développer, dès le lycée, les aptitudes à analyser des situations complexes, à se poser des questions de sciences, à imaginer des réponses pertinentes, à concevoir des expériences et à exploiter les résultats obtenus. Cette forme d'apprentissage permet le développement de l'autonomie de l'élève et du travail en équipe tout en renforçant les compétences liées à la démarche scientifique.

En classe de première, les compétences mises en œuvre dans les différentes phases de la conduite du projet sont développées progressivement en prenant appui sur plusieurs mini-projets ou études de cas. En classe terminale, un projet d'équipe est conduit par les élèves avec une plus grande autonomie. Les élèves sont amenés à prendre en compte les nécessités environnementales, économiques, technologiques et sociétales. Ils identifient la disponibilité des ressources de l'établissement, complétées éventuellement par des rencontres avec des chercheurs, des industriels, des visites de sites, voire des études de procédés *in situ*. Cette démarche est l'occasion d'une ouverture sur le monde de l'entreprise et des métiers associés.

Accompagner les élèves dans la réalisation de leur projet conduit à identifier les capacités travaillées et ainsi à leur donner des éléments d'autoévaluation. Ceux-ci servent aussi de support pour l'évaluation du projet.

Une phase d'appropriation conduit les élèves à rechercher et à organiser l'information, à cerner le champ d'étude et à le simplifier pour énoncer une problématique, identifier les enjeux d'un cahier des charges proposé ou se fixer pour objectif la réalisation d'une production concrète. En fonction de l'évolution du projet, cette phase peut être réactivée à différents moments.

Pour conduire leur étude, les élèves formulent des hypothèses, proposent une stratégie de résolution, planifient les phases du projet et organisent leur travail qui s'appuie nécessairement sur une phase expérimentale.

La phase de réalisation du protocole expérimental est une étape importante : elle conduit l'élève à mettre en œuvre les procédures retenues en respectant les conditions de sécurité adaptées mais aussi à analyser avec esprit critique les résultats obtenus.

La rédaction d'une note concise permet à chaque élève d'analyser la démarche engagée et de confronter les résultats obtenus aux objectifs initiaux.

La présentation orale conduit les élèves à exposer leurs travaux, à argumenter et à justifier leurs choix lors d'échanges avec les autres élèves.

Les éléments présentés ci-dessus ne constituent pas un canevas qui s'appliquerait de manière systématique, en particulier en classe de première pendant laquelle les élèves travaillent sur plusieurs études de cas ou mini-projets. Pour assurer la progressivité de la formation, chaque situation proposée aux élèves permet de travailler un nombre limité de capacités bien identifiées pour former à la démarche de projet.

Annexe 3

Programme de sciences physiques et chimiques en laboratoire de terminale STL

Sommaire

Introduction générale

Objectifs de formation

Organisation du programme

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Repères pour l'enseignement

Mesure et incertitudes

Contenus disciplinaires

Mener un projet ouvert sur le monde de la recherche ou de l'industrie

Chimie et développement durable

Ondes

Systèmes et procédés

Introduction générale

Objectifs de formation

Dans la continuité des classes de seconde et de première, les programmes de physique-chimie des enseignements de spécialité de physique-chimie et mathématiques et de sciences physiques et chimiques en laboratoire visent 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, que ce soit en STS, en IUT, à l'université ou en CPGE (TPC ou TSI) ;
- transmettre une culture scientifique et ainsi permettre aux élèves de faire face aux évolutions scientifiques et technologiques qu'ils rencontreront dans leurs activités professionnelles.

Les élèves qui ont choisi l'enseignement de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire expriment leur goût pour un enseignement scientifique qui prend appui sur la pratique expérimentale telle qu'elle existe en laboratoire. Cette pratique est donc centrale dans le programme ; l'objectif est de travailler l'analyse, la compréhension, la mise en œuvre et la conception de protocoles expérimentaux tout en développant les concepts liés aux notions physiques et chimiques qui leur sont associées. Dans ce cadre, les élèves sont formés à la maîtrise du geste expérimental, à l'utilisation des instruments de mesure et à l'estimation des incertitudes dans le contexte des activités expérimentales. L'intégration des instruments de mesure dans des systèmes plus complexes conduit aussi à s'intéresser au traitement numérique des résultats de mesure, que ce soit pour valider l'utilisation d'un modèle, contrôler la qualité d'un produit ou réguler une grandeur physique ou chimique dans un système.

La formation à la démarche de projet initiée en classe de première est renforcée ; à partir d'un sujet choisi par les élèves ou l'équipe de professeurs, les élèves s'impliquent dans la réalisation d'un projet mené en équipe qui les conduit à proposer et mettre en œuvre une stratégie pour répondre à une problématique bien identifiée. C'est l'occasion, pour l'élève, de réinvestir les connaissances et capacités travaillées en physique-chimie dans un contexte différent.

Organisation du programme

Ce programme est écrit en cohérence avec les programmes de physique-chimie de la classe de seconde et de physique-chimie et mathématiques des classes de première et terminale dont il reprend les compétences de la démarche scientifique. Les thèmes retenus s'inscrivent en continuité avec ceux du programme de sciences physiques et chimiques en laboratoire de la classe de première.

Une partie de cet enseignement est consacrée à la formation des élèves à la **démarche de projet**. Il s'agit de poursuivre l'initiation menée en classe de première en impliquant l'élève dans un projet d'équipe. Celui-ci s'inscrit dans la durée afin que les élèves acquièrent davantage d'autonomie dans la conduite de leur projet.

Le thème « **Chimie et développement durable** » aborde l'étude des systèmes chimiques associés aux réactions acide-base, d'oxydoréduction et de précipitation en introduisant la notion d'équilibre chimique et en développant les techniques de titrage. Le travail sur les synthèses chimiques, dont la pratique expérimentale respectueuse de l'environnement prend une part importante, est approfondi par l'étude plus détaillée des mécanismes réactionnels.

Le thème « **Ondes** » se décline autour de leur utilisation pour mesurer, observer et transmettre. La pratique expérimentale permet d'aborder les propriétés des ondes mécaniques et électromagnétiques. En classe de première, le thème « Image » centre l'étude sur la projection d'une image sur un écran et le stockage de l'image ; en classe terminale, l'étude s'élargit aux dispositifs d'observation.

Enfin le thème « **Systèmes et procédés** » a pour objectif d'étudier des systèmes réels en analysant les flux d'information, de matière et d'énergie. Cette étude permet de réinvestir des notions vues dans les autres parties du programme de sciences physiques en chimiques en laboratoire et de physique-chimie et mathématiques. Les notions abordées dans le thème « Instrumentation » en classe de première sont complétées par l'étude des filtres et des systèmes de régulation qui permettent l'utilisation des microcontrôleurs.

Les notions relatives à « **Mesure et incertitudes** » sont construites tout au long de la formation aux sciences de laboratoire et prennent appui sur les contenus des trois thèmes de cet enseignement et sur le projet.

Dans la présentation des programmes, chaque thème comporte plusieurs parties avec une introduction spécifique indiquant les objectifs de formation. Un tableau en deux colonnes présente les notions et contenus ainsi que les capacités exigibles. Les capacités expérimentales, particulièrement importantes en série STL, et les capacités numériques sont également identifiées. Le langage de programmation conseillé est le langage Python. L'usage des microcontrôleurs peut conduire à l'utilisation du langage de programmation dédié au système.

L'organisation du programme n'impose aucune progression pédagogique : la définition de cette dernière relève de la liberté pédagogique du professeur.

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

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

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonner	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.

Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; - utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

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

Repères pour l'enseignement

Dans le cadre de la mise en œuvre des programmes des enseignements de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire et de physique-chimie et mathématiques, l'approche expérimentale est essentielle. Elle vise l'acquisition et le renforcement de connaissances des lois et des modèles physiques et chimiques fondamentaux qui sont régulièrement confrontés à l'expérience. Elle donne lieu à des synthèses régulières pour structurer savoirs et savoir-faire et les appliquer ensuite dans des contextes différents. Elle permet de confronter l'élève à des résolutions de problème de nature expérimentale, pour le former à concevoir et mettre en œuvre un protocole, à l'analyser et à produire des résultats expérimentaux quantitatifs auxquels sont associés une incertitude.

Chaque fois que cela est possible, une mise en perspective de ces savoirs avec l'histoire des sciences et l'actualité scientifique est mise en œuvre.

Le professeur est invité à privilégier la mise en activité à partir de situations ouvertes qui impliquent une prise d'initiative de l'élève pour développer leur autonomie et le travail en équipe. Cette stratégie est essentielle lors de la formation de l'élève à la démarche de projet.

L'évaluation des élèves

Les évaluations, variées dans leurs formes et dans leurs objectifs, valorisent les compétences de chaque élève. Une identification claire des attendus, prenant appui sur les compétences de la démarche scientifique, favorise l'autoévaluation de l'élève. Une attention particulière est portée au développement des compétences orales de l'élève.

Le projet occupe une place importante dans cet enseignement. Il permet de réinvestir des connaissances et capacités des programmes de physique-chimie de la série STL et vise à construire des capacités spécifiques à cette démarche, évaluées au même titre que les capacités associées aux notions du programme.

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 mesure. 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. Le professeur aborde ces notions, transversales au programme de physique-chimie, en prenant appui sur le contenu de chacun des thèmes des enseignements de spécialité du programme du cycle terminal.

En classe de première, les élèves ont été sensibilisés à la variabilité de la mesure qui a été quantifiée par l'incertitude-type évaluée soit de manière statistique (type A), soit à partir d'une seule mesure (type B). La compatibilité entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence, si elle existe, est appréciée en exploitant les incertitudes-types. La comparaison de deux protocoles de mesure permet d'analyser la dispersion des résultats en termes de justesse et de fidélité. En classe terminale, en prenant appui sur les notions travaillées en classe de première, les élèves identifient les principales sources d'erreurs dans un protocole, comparent leur poids à l'aide d'une méthode fournie, proposent des améliorations au protocole et estiment l'incertitude-type de la mesure finale.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures. Incertitude-type sur une mesure unique. Sources d'erreurs.	- Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type. - 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. - Identifier qualitativement les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. - Comparer le poids des différentes sources d'erreurs à l'aide d'une méthode fournie. - Identifier le matériel adapté à la précision attendue. - Proposer des améliorations dans un protocole afin de diminuer l'incertitude sur la mesure. - Évaluer, à l'aide d'une relation fournie ou d'un logiciel, l'incertitude-type d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.
Expression du résultat.	- Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée.
Valeur de référence.	- Valider un résultat en évaluant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence en fonction de l'incertitude-type.

Justesse et fidélité.	- Exploiter la dispersion de séries de mesures indépendantes pour comparer plusieurs protocoles de mesure d'une grandeur physique en termes de justesse et de fidélité. Capacités numériques : - Utiliser un tableur, un logiciel ou un programme informatique pour : - traiter des données expérimentales, - représenter les histogrammes associés à des séries de mesures, - évaluer l'incertitude-type finale d'une mesure.
-----------------------	---

Contenus disciplinaires

Mener un projet ouvert sur le monde de la recherche ou de l'industrie

Les élèves ont été initiés à la démarche de projet en classe de première STL, l'objectif étant de développer, dès le lycée, les aptitudes à analyser des situations complexes, à se poser des questions de sciences, à imaginer des réponses pertinentes, à concevoir des expériences et à exploiter les résultats obtenus. Cette démarche favorise les apprentissages figurant aux programmes de sciences physiques et chimiques en laboratoire et physique-chimie et mathématiques. Elle mobilise les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique mais aussi des compétences particulières, plus transversales liées à la démarche de projet. En classe de première, ces compétences sont développées progressivement en prenant appui sur plusieurs mini-projets ou études de cas. En classe terminale, l'objectif est d'impliquer chaque élève dans un projet d'équipe unique qui s'inscrit dans la durée. Une plus grande responsabilité lui sera demandée et une plus large autonomie, régulée par le professeur, lui sera accordée.

Les élèves conduisent un projet qui répond à un objectif identifié à partir d'un questionnement sur une thématique éventuellement associée à un cahier des charges. Il est défini comme un ensemble planifié d'activités d'investigations scientifiques menées par un groupe de 2 à 4 élèves avec un objectif de production concrète en fonction de l'objectif ciblé. Les élèves réinvestissent leurs connaissances et capacités dans une démarche scientifique et expérimentale construite et menée en autonomie avec l'appui du professeur mais aussi de ressources extérieures à la classe ou à l'établissement. Le choix du sujet du projet relève de l'autonomie des groupes ou se fait à partir de propositions de l'équipe pédagogique ; il est validé par les enseignants.

Le projet peut ainsi être l'occasion d'une ouverture sur le monde de la recherche, de l'activité de laboratoire, des objets technologiques et du monde de l'industrie. Il permet des rencontres avec des scientifiques (chercheurs, ingénieurs, techniciens, etc.) des domaines public ou privé. La thématique du projet peut s'ouvrir vers d'autres champs disciplinaires ; cependant on ne peut exiger de la part des élèves la maîtrise scientifique de compléments hors des programmes de physique et de chimie de la série STL suivie.

Capacités propres à la démarche de projet

La mise en œuvre d'une démarche de projet suscite l'apprentissage de savoirs et de savoir-faire caractéristiques de la gestion de projet ; dans ce cadre, elle permet la construction de capacités propres à cette démarche :

- s'approprier une problématique ;

- mobiliser les notions et contenus scientifiques des programmes en rapport avec le sujet ;
- effectuer une recherche documentaire sur le sujet traité, certaines ressources pouvant être en langue étrangère ;
- proposer une procédure de résolution, une stratégie, pour répondre à la problématique ;
- organiser et planifier le travail ;
- mettre en œuvre la procédure de résolution, la stratégie retenue ;
- mettre en œuvre des activités expérimentales qualitatives et quantitatives pouvant être réalisées dans ou hors de l'établissement, par exemple auprès d'industriels ou de laboratoires de recherche ;
- analyser et valider les résultats des activités expérimentales ;
- adapter la procédure de résolution, la stratégie, en fonction des résultats obtenus ;
- produire des écrits intermédiaires et de synthèse ;
- préparer et soutenir une présentation orale, synthèse du sujet traité.

Si la mise en œuvre du projet conduit à la mobilisation de savoirs et savoir-faire, elle mène également à de nouveaux apprentissages et permet de construire des compétences spécifiques :

- développer la coopération et l'intelligence collective : le projet comprend un ensemble de tâches dans lesquelles chaque élève s'implique et joue un rôle actif ;
- prendre confiance en soi et assumer son rôle d'acteur dans le projet ;
- développer l'autonomie et la capacité de faire des choix ;
- communiquer à l'oral : savoir s'exprimer et entretenir un échange constructif avec des partenaires ou un public est essentiel pour les études, pour la vie personnelle et professionnelle. Liée à la maîtrise de la langue et à celle des technologies de l'information et de la communication, cette compétence place l'élève dans la position de celui qui informe, explique, justifie et doit convaincre.

Les professeurs encadrent les activités liées au projet sur les horaires habituels de sciences physiques et chimiques en laboratoire. Si les programmes ne fixent pas un volume horaire précis pour la conduite du projet, une quarantaine d'heures semble raisonnable. Il est important que ce volume horaire ne soit pas concentré sur un temps court de l'année scolaire de manière à permettre aux élèves de construire progressivement leur projet.

Comme pour les autres parties du programme, l'élève est évalué par l'équipe pédagogique lors de la conduite de projet. Cette évaluation s'appuie sur la valorisation des capacités propres à la démarche de projet. Le projet pourra aussi servir de support à l'épreuve orale terminale du baccalauréat et lors de l'épreuve en contrôle continu de langue vivante dans le cadre de l'enseignement technologique en langue vivante (ETLV).

Chimie et développement durable

• Composition des systèmes chimiques

L'objet de cette partie est la détermination de la composition des systèmes chimiques, à l'équilibre ou non. La solubilité, étudiée en physique-chimie et mathématiques en classe de première, permet d'introduire le quotient de réaction et la constante d'équilibre, la notion de réaction non-totale ayant été vue à travers les réactions des acides et bases faibles dans l'eau. Les équilibres acide-base sont étudiés en exploitant les notions vues en physique-chimie et mathématiques comme le diagramme de prédominance, les solutions tampon et le coefficient de dissociation. Les équilibres d'oxydo-réduction sont quant à eux étudiés en lien avec l'étude des piles dans l'enseignement de physique-chimie et mathématiques. Ces différents types de réaction servent de support à des titrages qui peuvent utiliser des techniques conductimétriques.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Solubilité	
Quotient de réaction (Q_r). Constante d'équilibre de solubilité (K_s). Sens d'évolution spontanée d'un système. Solubilité et solution saturée. Précipitation sélective des hydroxydes en fonction du pH. Influence de la température sur la constante d'équilibre.	- Définir et exprimer le quotient de réaction. - Exprimer la constante d'équilibre d'une réaction de dissolution d'un solide ionique ou moléculaire. - Prévoir l'apparition d'un précipité ou sa dissolution totale par comparaison de Q_r et K_s. - Déterminer la solubilité d'une espèce chimique dans l'eau pure à partir de K_s (sans tenir compte des propriétés acide-base des ions). - Déterminer la composition d'une solution saturée. - Déterminer une gamme de pH de précipitation sélective pour un mélange d'hydroxydes. - Prévoir l'influence de la température sur la solubilité d'une espèce chimique en exploitant des données. Capacités expérimentales : - Proposer et mettre en œuvre un protocole pour extraire une espèce chimique solide dissoute dans l'eau. - Proposer et mettre en œuvre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation.
Acides et bases	
Constante d'acidité (K_a) ; pK_a . Influence du pK_a sur la valeur du coefficient de dissociation. Influence de la dilution sur le coefficient de dissociation. Réaction acide-base. Quotient de réaction et constante d'équilibre acide-	- Exprimer la constante d'acidité d'un acide dans l'eau. - Comparer la force de deux acides faibles à partir de leur pK_a. - Prévoir l'influence de la force de l'acide sur la valeur du coefficient de dissociation de deux acides faibles de même concentration. - Prévoir l'influence de la dilution sur la valeur du coefficient de dissociation d'un acide faible. - Écrire l'équation de réaction d'un acide fort ou faible avec une base forte ou faible. - Exprimer puis calculer la constante d'équilibre d'une réaction acide-base.

base. Relation de Henderson-Hasselbalch. pH d'une solution aqueuse. Titrages acide-base directs et indirects.	- Exprimer puis calculer le quotient de réaction à partir des conditions initiales et prévoir le sens d'évolution spontanée d'une réaction acide-base. - Établir la relation de Henderson-Hasselbalch à partir du K_a d'un couple acide/base. - Estimer la valeur du pH d'une solution aqueuse d'acide fort, d'une base forte, d'une solution tampon. - Définir l'équivalence lors d'un titrage. - Choisir un indicateur coloré, le pH à l'équivalence étant connu. - Déterminer le volume à l'équivalence en exploitant une courbe de titrage pH-métrique. - Estimer une valeur approchée de pK_a par analyse d'une courbe de titrage pH-métrique. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage direct. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage indirect, les étapes de la démarche étant explicitées. - Utiliser un diagramme de distribution des espèces pour exploiter une courbe de titrage impliquant un polyacide ou une polybase. Capacités expérimentales : - Proposer un protocole de titrage en déterminant la prise d'essai. - Réaliser un titrage par pH-métrie ou avec un indicateur coloré. Capacité numérique : - Tracer une courbe de titrage pH-métrique et déterminer le volume à l'équivalence à l'aide d'un tableur.
Conductivité	
Conductivité, conductance. Loi de Kohlrausch. Conductimétrie. Dosage par étalonnage. Titrage par précipitation. Titrage acide-base.	- Définir la conductivité d'une solution aqueuse. - Relier la conductance et la conductivité. - Calculer la conductivité d'une solution à partir des conductivités ioniques molaires. - Interpréter ou prévoir l'allure d'une courbe de titrage conductimétrique à partir de données, sans tenir compte de l'effet de la dilution. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage conductimétrique. Capacités expérimentales : - Déterminer la valeur d'une constante d'équilibre à partir de mesures conductimétriques. - Concevoir et mettre en œuvre un protocole de dosage pour déterminer la concentration d'une solution inconnue : - par comparaison à une gamme d'étalonnage ;

	- par titrage, la réaction support étant une réaction de précipitation ou une réaction acide-base. Capacités numériques : - Tracer une courbe de titrage conductimétrique et déterminer le volume à l'équivalence à l'aide d'un tableur.
Oxydo-réduction	
Réaction d'oxydo-réduction. Tests d'identification. Électrode de référence : électrode standard à hydrogène (ESH). Potentiel, potentiel standard. Relation de Nernst. Quotient de réaction, constante d'équilibre. Blocage cinétique. Titrages redox directs et indirects.	- Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en milieu acide ou basique. - Connaître les tests d'identification des aldéhydes (liqueur de Fehling et miroir d'argent). - Définir l'électrode standard à hydrogène comme une demi-pile de référence permettant de déterminer le potentiel d'un couple redox correspondant à une autre demi-pile. - Déterminer le potentiel d'un couple donné en utilisant la relation de Nernst, la composition du système étant donnée. - Prévoir l'influence des concentrations sur la valeur du potentiel d'un couple. - Calculer une constante d'équilibre à partir des potentiels standard. - Prévoir le sens d'évolution spontanée d'une réaction d'oxydo-réduction à l'aide des potentiels des couples mis en jeu ou de la valeur du quotient de réaction. - Confronter des résultats expérimentaux aux prévisions pour repérer d'éventuels blocages cinétiques. - Interpréter l'allure d'une courbe de titrage potentiométrique. - Déterminer la valeur d'un potentiel standard à partir d'une courbe de titrage potentiométrique, la valeur du potentiel de référence étant donnée. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage direct. - Déterminer la concentration d'une espèce à l'aide de données d'un titrage indirect, les étapes de la démarche étant explicitées. Capacités expérimentales : - Déterminer la concentration d'une solution inconnue en mettant en œuvre un protocole de titrage direct ou indirect : - avec changement de couleur ; - potentiométrique. Capacités numériques : - Tracer une courbe de titrage potentiométrique et déterminer le volume à l'équivalence à l'aide d'un tableur.

• Synthèses chimiques

Cette partie est déclinée en deux volets.

Le premier volet aborde les synthèses avec une approche macroscopique. L'électrosynthèse peut être illustrée au travers de la synthèse des métaux, des produits minéraux et organiques et du stockage d'énergie. Le rendement et l'optimisation sont abordés en lien avec les principes de la chimie verte. Les techniques de spectroscopie et leurs applications vues en classe de première sont réinvesties, notamment afin d'identifier une structure organique, en faisant le lien avec le thème « Ondes » du programme de première de « physique-chimie et mathématiques ». Les exemples de RMN se font sur des cas simples. Le second volet prolonge, par une approche microscopique, l'étude des mécanismes réactionnels vue en classe de première. La loi de Biot, vue dans le thème « Ondes », est utilisée pour déterminer la proportion d'un mélange d'énantiomères. Les diagrammes binaires vus dans le thème « Systèmes et procédés » du programme sont mis à profit dans la pratique de la distillation fractionnée.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Aspects macroscopiques	
Électrolyse, électrosynthèse. Applications courantes. Rendement faradique.	- Donner le principe d'une électrolyse. - Représenter un électrolyseur en précisant la polarité, le nom de chaque électrode, le sens de déplacement des électrons, du courant. - Prévoir les réactions se déroulant aux électrodes et écrire les équations correspondantes, les couples redox impliqués étant connus. - Calculer le rendement faradique d'une électrolyse. - Citer quelques applications courantes des électrolyses et montrer que certaines permettent le recyclage de matériaux. Capacités expérimentales : - Réaliser expérimentalement et interpréter des électrolyses, dont celle de l'eau. - Réaliser une électrolyse à anode soluble et calculer son rendement.
Fiche de données de sécurité (FDS). Rendement de synthèse. Optimisation du rendement. Facteurs cinétiques. Chimie verte (par exemple : procédé sol-gel).	- Chercher et exploiter une FDS et repérer les données relatives à la toxicité des espèces chimiques. - Déterminer le rendement d'une synthèse en une ou plusieurs étapes. - Identifier les facteurs permettant d'optimiser le rendement : changement de réactif, excès d'un réactif, élimination d'un produit. - Identifier les facteurs permettant d'accélérer une réaction : changement de température, de concentration, utilisation d'un catalyseur. - Comparer des protocoles de synthèse et choisir le plus performant en termes de rendement, de coût et de respect de l'environnement, en s'appuyant sur les principes de la chimie verte.

	Capacité expérimentale : - Choisir et mettre en œuvre une variante d'un protocole pour améliorer le rendement d'une synthèse.
Fonctions chimiques, groupes caractéristiques. Nomenclature. Estérification, oxydation d'un alcool, réduction d'une cétone. Hydrolyse, saponification. Montage de Dean-Stark. CCM.	- Identifier les fonctions ester, anhydride d'acide, amide et chlorure d'acyle dans une formule chimique. - Associer un nom à une molécule organique simple. - Écrire l'équation de réaction d'estérification, d'oxydation d'un alcool ou de réduction d'une cétone, en milieu acide ou basique. - Écrire l'équation de réaction de formation d'un ester ou d'un amide. - Identifier les réactifs permettant de synthétiser un ester ou un amide donné. - Écrire l'équation d'hydrolyse d'un ester ou d'un amide en milieu acide ou en milieu basique. Capacités expérimentales : - Réaliser une synthèse suivant un protocole donné. - Réaliser un montage de Dean-Stark. - Mettre en évidence par une CCM un ou des produits issus de l'oxydation d'un alcool.
Distillation fractionnée. Hydrodistillation. Extraction, recristallisation.	- Expliquer le principe d'une distillation fractionnée. - Expliquer le principe d'une hydrodistillation. - Choisir le solvant d'extraction ou de recristallisation à partir de données tabulées. Capacité expérimentale : - Réaliser une hydrodistillation, une distillation fractionnée.
Spectroscopies UV-visible, IR et RMN.	- Interpréter l'interaction entre lumière et matière en exploitant la relation entre l'énergie d'un photon et la longueur d'onde associée. - Attribuer les signaux d'un spectre RMN aux protons d'une molécule donnée. - Identifier ou confirmer des structures à partir de spectres UV-Visible, IR ou RMN en utilisant des banques de données. Capacités expérimentales : - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer la concentration d'une espèce à l'aide d'une droite d'étalonnage établie par spectrophotométrie. Capacités numériques : - Tracer une droite d'étalonnage et déterminer la concentration d'une espèce à l'aide d'un tableur.

Mécanismes réactionnels

Type de réaction. Étapes élémentaires, formalisme des flèches courbes. Carbocation, carbanion. Stéréochimie, mélange racémique. Loi de Biot, excès énantiomérique. Mésomérie. Intermédiaires réactionnels. Catalyseur.	- Nommer le type de réaction (acide-base, oxydation, réduction, addition, substitution, élimination). - Illustrer les étapes élémentaires d'un mécanisme fourni à l'aide du formalisme des flèches courbes. - Établir la géométrie de carbocations et de carbanions à l'aide de la théorie VSEPR. - Déterminer les différents stéréoisomères formés à partir d'un même carbocation et repérer les couples d'énantiomères et les diastéréoisomères. - Déterminer l'excès énantiomérique à partir de la valeur de l'activité optique d'un mélange. - Identifier les formes mésomères de molécules ou d'ions simples en exploitant des schémas de Lewis fournis. - Comparer la stabilité des intermédiaires réactionnels (carbocation, carbanion et radical) pour interpréter la nature des produits obtenus et leur proportion relative, le mécanisme étant fourni. - Identifier le catalyseur et expliquer son rôle dans un mécanisme. Capacité expérimentale : - Mettre en œuvre un protocole pour différencier deux diastéréoisomères par un procédé physique ou chimique.
---	--

Ondes

• Ondes mécaniques et électromagnétiques

Cette partie est une introduction aux propriétés des ondes qu'elles soient électromagnétiques ou mécaniques. Elle présente les notions développées dans les parties suivantes : des ondes pour mesurer, pour agir et pour transmettre. Ces notions sont introduites à partir de situations expérimentales. Après une caractérisation expérimentale des oscillateurs, les propriétés des ondes sont présentées. On s'intéresse ensuite à la production des ondes sonores et électromagnétiques.

Cette partie est traitée sans développement formel excessif.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Phénomènes vibratoires ; grandeurs vibratoires.	– Identifier les grandeurs vibratoires caractérisant le système étudié. Capacité expérimentale : – Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour capter un signal vibratoire avec un capteur adapté.
Systèmes oscillants en mécanique et en électricité. Aspects énergétiques ; amortissement. Oscillations auto-entretenues : source de signal.	- Caractériser les oscillations libres d'un système : oscillations quasi-périodiques, apériodiques, critiques. - Comparer des oscillateurs dans des domaines différents de la physique ; indiquer les analogies. - Caractériser quantitativement des oscillations harmoniques (amplitude, période propre) et des oscillations amorties (période et temps caractéristique d'amortissement) à partir de résultats expérimentaux. - Identifier les échanges d'énergie mis en jeu dans un phénomène oscillatoire en mécanique et en électricité. - Expliquer le rôle d'un dispositif d'entretien d'oscillations. Capacités expérimentales : - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour étudier le régime libre d'un système oscillant : - mesurer la pseudopériode et évaluer le temps caractéristique d'amortissement en régime pseudopériodique ; - effectuer le bilan énergétique du système, l'expression des différentes formes d'énergie étant fournie. Capacités numériques : - Acquérir un signal harmonique et ajuster les paramètres d'un modèle mathématique pour en déterminer les caractéristiques (amplitude, fréquence, période, phase à l'origine). - Utiliser un langage de programmation ou un tableur pour exploiter des données et effectuer un bilan énergétique.
Oscillations forcées. Facteur de qualité. Résonance.	- Décrire un phénomène de résonance en électricité et en mécanique et le caractériser par sa fréquence de résonance et son facteur de qualité. - Relier qualitativement facteur de qualité et amortissement en régime libre.

	Capacité expérimentale : - Mettre en œuvre un protocole pour étudier un système résonant et déterminer ses grandeurs caractéristiques : fréquence de résonance et facteur de qualité.
Propagation d'une perturbation dans un milieu élastique. Ondes progressives : retard, célérité.	- Utiliser un modèle microscopique pour expliquer la propagation d'une perturbation dans un milieu élastique unidimensionnel. - Caractériser et identifier des ondes transversales et des ondes longitudinales. Distinguer la vibration du milieu de la propagation de l'onde. - Représenter et exploiter les graphes des évolutions temporelle et spatiale du phénomène observé. Capacité expérimentale : - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour mesurer un retard et une célérité.
Ondes progressives sinusoïdales : fréquence, période, longueur d'onde, célérité, amplitude. Périodicités temporelle et spatiale. Ondes progressives périodiques.	- Caractériser une onde progressive sinusoïdale unidimensionnelle par les grandeurs : fréquence, période, longueur d'onde, célérité, amplitude. - Exprimer la relation entre fréquence, longueur d'onde et célérité. - Exprimer la relation de proportionnalité entre la puissance moyenne transportée et le carré de l'amplitude du signal. - Exploiter le spectre d'une onde périodique : relation entre les fréquences du fondamental et des harmoniques, interprétation de la composante de fréquence nulle. Capacités expérimentales : - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde progressive sinusoïdale. - Visualiser et exploiter le spectre en amplitude d'une onde périodique. Capacité numérique : - Utiliser un langage de programmation ou un tableur pour visualiser une somme de signaux sinusoïdaux de fréquences multiples de celle du fondamental.
Diffraction des ondes.	- Identifier les situations où il est pertinent de prendre en compte le phénomène de diffraction. - Prévoir l'influence de la taille de l'objet diffractant et de la longueur d'onde sur une figure de diffraction. - Exploiter l'expression de l'angle d'ouverture en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'objet. Capacités expérimentales : - Mettre en évidence le phénomène de diffraction pour des ondes mécaniques et lumineuses. - Utiliser un capteur pour étudier une figure de diffraction. - Tracer le diagramme de directivité d'un transducteur ultrasonore.

Ondes acoustiques	
Propagation. Célérité. Caractérisation d'un son : hauteur, timbre. Niveau d'intensité sonore.	- Modéliser une onde acoustique par la propagation d'une vibration mécanique et d'une surpression. - Comparer la célérité du son dans différents milieux, citer des ordres de grandeur des valeurs de célérité dans un gaz, un liquide ou un solide. - Distinguer à partir d'un spectre un son pur d'un son complexe. - Caractériser un son par sa hauteur et son timbre. - Exploiter l'expression du niveau d'intensité sonore en décibel (dB). Capacités expérimentales : - Étudier l'influence d'un paramètre sur la vitesse de propagation des ondes acoustiques. - Réaliser et analyser le spectre d'une onde sonore.
Production d'ondes sonores. Ondes stationnaires. Nœuds, ventres de vibration. Modes propres d'une corde et d'une colonne d'air. Fondamental, harmoniques.	- Distinguer une onde stationnaire d'une onde progressive. - Interpréter une onde stationnaire comme la superposition de deux ondes progressives. - Établir la relation entre la longueur d'onde et la distance entre deux nœuds ou deux ventres. - Expliquer le principe des instruments de musique à vent et à corde. - Interpréter les modes propres à l'aide du modèle des ondes stationnaires. - Établir et exploiter la relation entre la longueur de la corde et la fréquence de ses modes propres. - Établir et exploiter la relation entre la longueur d'une colonne d'air dont chaque extrémité est ouverte ou fermée et la fréquence de ses modes propres. - Exploiter des résultats expérimentaux pour caractériser un son. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour : - mesurer les fréquences des modes propres d'une corde vibrante et identifier des paramètres qui influent sur ces valeurs ; - mesurer les fréquences des modes propres d'une colonne d'air.
Ondes électromagnétiques	
Célérité. Spectre des ondes électromagnétiques. Modèle ondulatoire et corpusculaire.	- Citer l'ordre de grandeur de la célérité de la lumière dans le vide. - Caractériser la célérité d'une onde lumineuse dans un milieu transparent par l'indice du milieu. - Repérer et identifier les différents domaines du spectre des ondes électromagnétiques. - Identifier des conséquences de l'exposition de la matière inerte ou vivante à des ondes électromagnétiques à partir de

	documents. - Relier la fréquence d'une onde électromagnétique monochromatique à l'énergie du photon.
Production d'ondes électromagnétiques Laser. Rayonnement d'un corps. Sources lumineuses. Grandeurs énergétiques et grandeurs photométriques.	- Relier le flux énergétique d'un faisceau laser et l'éclairement énergétique. - Relier l'énergie transportée, le flux d'énergie et la durée d'exposition. - Exploiter une norme pour estimer une durée maximale d'exposition. - Exploiter les lois de Wien et de Stefan pour expliquer l'influence de la température sur le rayonnement d'un corps. - Exploiter un spectre d'émission pour déterminer une température. - Distinguer les grandeurs énergétiques (flux exprimé en W et éclairement exprimé en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) des grandeurs photométriques (flux exprimé en lumen et éclairement en lux). - Associer les grandeurs photométriques à la sensibilité de l'œil humain. - Identifier les caractéristiques d'une source d'éclairage artificielle (flux lumineux, efficacité lumineuse, température de couleur) à partir d'une documentation. Capacités expérimentales : - Utiliser un capteur de lumière pour mesurer un flux lumineux. - Déterminer un ordre de grandeur du flux énergétique d'un faisceau laser.

• **Des ondes pour mesurer**

Cette partie propose une utilisation concrète et expérimentale des ondes pour construire les concepts et modèles associés : réfraction et mesure d'indice de réfraction, polarisation et mesure de concentration, diffraction et mesure de la taille d'un objet, interférométrie et mesure de longueurs d'onde ou du pas d'un réseau, effet Doppler et mesure de vitesse. Elle permet de mobiliser les capacités liées à la mesure et aux incertitudes.

Certaines notions permettent de tisser des liens avec les autres thèmes de ce programme, notamment la polarimétrie et la spectroscopie exploitées dans le thème « Chimie et développement durable ».

L'étude des interférences se fait à partir des retards de propagation.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Indice de réfraction. Lois de Snell-Descartes. Réfraction, réfraction limite et réflexion totale.	- Définir l'indice de réfraction d'un milieu. - Citer et exploiter les lois de Snell-Descartes. - Établir et exploiter la relation entre l'angle de réfraction limite et les indices des milieux. - Établir et exploiter les conditions de réflexion totale. Capacité expérimentale : - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour mesurer l'indice de réfraction d'un milieu.

Polarisations naturelle et rectiligne des ondes électromagnétiques. Polariseur, analyseur. Activité optique. Loi de Biot. Pouvoir rotatoire.	- Associer la direction de polarisation d'une onde électromagnétique à la direction du champ électrique. - Prévoir l'effet d'un polariseur sur une lumière naturelle et sur une onde polarisée rectilignement. - Citer des exemples d'ondes partiellement polarisées et non polarisées. - Associer l'activité optique d'une solution à la chiralité des espèces chimiques. - Exploiter la loi de Biot. - Relier le pouvoir rotatoire d'un mélange de stéréoisomères à sa composition. Capacités expérimentales : - Produire et analyser une lumière polarisée rectilignement. - Distinguer une lumière polarisée rectilignement, non polarisée ou partiellement polarisée. - Déterminer une concentration d'une espèce optiquement active à partir de la mesure de son pouvoir rotatoire.
Diffraction des ondes.	- Déterminer la largeur d'une fente, le diamètre d'un fil ou d'une ouverture circulaire à partir de la figure de diffraction, l'expression de l'angle d'ouverture étant fournie. Capacités expérimentales : - Utiliser un capteur pour étudier une figure de diffraction. - Mesurer la taille d'un objet en utilisant le phénomène de diffraction.
Retard temporel de propagation. Interférences à deux ondes monochromatiques. Réseaux. Pas d'un réseau.	- Associer la notion d'interférences à la superposition de deux ondes synchrones. - Expliquer l'existence d'un retard de propagation entre deux ondes pour un dispositif interférentiel simple. - Citer et exploiter les conditions d'interférences constructives et destructives entre deux ondes monochromatiques en utilisant le retard d'une onde par rapport à l'autre. - Exploiter une figure d'interférences à deux ondes. - Expliquer l'intérêt d'un réseau par rapport à un système d'interférences à deux ondes. - Exploiter la formule des réseaux pour estimer le pas du réseau ou la longueur d'onde à partir d'une figure d'interférences. - Expliquer le principe de fonctionnement d'un spectrophotomètre à réseau. Capacités expérimentales : - Mettre en évidence le phénomène d'interférences à deux ondes. - Utiliser un capteur pour étudier une figure d'interférences. - Utiliser un réseau pour déterminer une longueur d'onde. - Mesurer le pas d'un réseau ou la distance entre deux fentes à partir d'une figure d'interférences.

Effet Doppler.	- Justifier qualitativement le décalage entre les fréquences d'émission et de réception. - Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence pour déterminer une vitesse de déplacement, à partir de résultats expérimentaux. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.
----------------	--

• **Des ondes pour observer**

Les ondes permettent de former des images d'un objet que l'on souhaite étudier. Le choix de l'appareil d'observation est fonction de la nature et de la dimension de l'objet mais aussi de la distance à laquelle il se situe. Différents dispositifs sont étudiés : l'échographe, le microscope, la lunette, le télescope et le microscope à force atomique. Chaque instrument est associé à un domaine d'observation et est caractérisé par son pouvoir de résolution. L'étude d'instruments réels, associé à la construction d'un dispositif expérimental simple, permet de modéliser le fonctionnement de l'instrument en utilisant le tracé de rayons lumineux et les relations de conjugaison. L'étude des instruments d'optique se limite aux dispositifs constitués de lentilles et de miroirs convergents.	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Réflexion, transmission et absorption d'une onde acoustique. Échographie. Résolution de l'image.	- Exploiter les coefficients énergétiques de réflexion et transmission en incidence normale d'une onde acoustique. - Exploiter le coefficient d'absorption d'une onde acoustique dans un milieu. - Exploiter la relation entre durée de propagation, distance et célérité pour décrire le principe de l'échographie. - Associer la résolution de l'image à la longueur d'onde dans le milieu. - Expliquer les principes physiques de l'échographie en exploitant des documents. - Identifier l'intérêt de l'imagerie par ondes ultrasonores en prenant appui sur des documents. Capacités expérimentales : - Tracer le diagramme de directivité d'un émetteur ultrasonore. - Illustrer le principe d'un échographe unidimensionnel.
Œil. Diamètre apparent d'un objet. Loupe. Grossissement commercial.	- Exploiter les propriétés de l'œil emmétrope au repos pour caractériser la position de l'image à la sortie d'un instrument d'optique. - Comparer le diamètre apparent d'un objet au pouvoir séparateur de l'œil. - Déterminer la position d'une image formée à l'aide d'une loupe par construction graphique et en utilisant la formule de conjugaison de

Microscope. Objectifs et oculaires. Grandissement de l'objectif. Grossissement commercial. Résolution du microscope. Microscope à force atomique.	Descartes. - Définir le grossissement commercial d'une loupe, établir et exploiter son expression en fonction de la distance focale. - Modéliser un microscope optique par un système optique formé de deux lentilles convergentes. - Réaliser et exploiter le tracé d'un faisceau de lumière pour décrire le principe du microscope. - Distinguer les fonctions de l'objectif et de l'oculaire. - Exploiter la formule de conjugaison de Descartes pour déterminer le grandissement de l'objectif d'un microscope. - Exploiter l'expression du grossissement commercial du microscope en fonction du grandissement de l'objectif et du grossissement commercial de l'oculaire. - Extraire d'une documentation les caractéristiques utiles d'un microscope commercial pour le choisir et le mettre en œuvre. - Relier le pouvoir de résolution d'un microscope optique au phénomène de diffraction. Exploiter la relation entre pouvoir de résolution et ouverture numérique de l'objectif. - Citer l'ordre de grandeur du pouvoir de résolution d'un microscope optique. - Citer l'ordre de grandeur du pouvoir de résolution d'un microscope à force atomique et lui associer des champs d'application. Capacités expérimentales : - Modéliser un microscope sur un banc d'optique et déterminer ses caractéristiques. - Déterminer le grandissement de l'objectif, le grossissement de l'oculaire et le grossissement commercial d'un microscope. Capacité numérique : - Utiliser un logiciel de construction géométrique ou de tracé de rayons pour étudier les propriétés d'un microscope.
Lunette astronomique. Grossissement de la lunette. Résolution de la lunette.	- Modéliser une lunette par un système optique de deux lentilles convergentes et établir l'expression de son grossissement. - Distinguer l'objectif de l'oculaire. - Réaliser et exploiter le tracé d'un faisceau de lumière pour décrire le principe d'une lunette. - Choisir une lunette à partir des caractéristiques utiles extraites d'une documentation. - Relier le pouvoir de résolution d'une lunette au phénomène de diffraction. Capacités expérimentales : - Modéliser une lunette sur un banc d'optique et déterminer ses caractéristiques. - Déterminer le grossissement et le champ d'un appareil commercial. - Étudier l'influence du choix de l'objectif et de l'oculaire sur le grossissement, le champ et la luminosité de la lunette.

	Capacité numérique : - Utiliser un logiciel de construction géométrique ou de tracé de rayons pour étudier les propriétés d'une lunette.
Notion d'objet et image virtuels. Miroir plan. Miroir sphérique convergent.	- Construire l'image d'un objet réel ou virtuel par un miroir plan. - Déterminer le champ de vision donné par un miroir plan à l'aide du tracé des rayons lumineux. - Définir le foyer d'un miroir sphérique convergent. - Déterminer la position de l'image d'un objet à l'infini par un miroir sphérique convergent à l'aide d'une construction graphique. Capacités expérimentales : - Distinguer un miroir convergent d'un miroir plan. - Mesurer la distance focale d'un miroir convergent.
Télescope. Grossissement d'un télescope Résolution du télescope.	- Modéliser un télescope par un système optique formé d'un miroir et d'une lentille convergents, d'un miroir plan. - Distinguer l'objectif de l'oculaire. - Établir l'expression du grossissement commercial du télescope modélisé. - Réaliser et exploiter le tracé d'un faisceau de lumière pour décrire le principe du télescope modélisé. - Choisir un appareil commercial en exploitant une documentation. - Relier le pouvoir de résolution d'un télescope au phénomène de diffraction. - Justifier le choix d'un télescope ou d'une lunette à l'aide d'une documentation. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour modéliser un télescope sur un banc d'optique et déterminer son grossissement et son champ. Capacité numérique : - Utiliser un logiciel de construction géométrique ou de tracé de rayons pour étudier les propriétés d'un télescope.

• **Transmettre, stocker, lire et afficher**

Les ondes permettent de transmettre, de lire et d'afficher de l'information. Différents modes de transmission sont présentés sans aborder le codage de l'information. L'étude du stockage optique permet de réinvestir les notions relatives aux interférences, celle de l'afficheur à cristaux liquides la notion de polarisation. L'étude de la fibre optique fait le lien avec le thème « Systèmes et procédés ».

Transmettre l'information

Chaîne de transmission. Débit binaire.	- Représenter le schéma de principe d'un système de transmission et identifier ses différents éléments. - Comparer les ordres de grandeur de débit binaire d'une transmission par câble coaxial et par fibre optique.
---	--

Propagation libre d'ondes électromagnétiques.	- Citer des exemples de transmission d'information par les ondes en champ libre. - Expliquer la nécessité d'ondes porteuses pour transmettre plusieurs informations simultanément. - Exploiter la relation entre la puissance surfacique en champ libre et la distance à la source. - Distinguer l'atténuation due à la nature divergente d'une onde de son absorption par un milieu. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre une expérience de transmission libre d'un signal. - Utiliser un filtre passe-bande pour sélectionner une onde porteuse.
Ligne bifilaire.	- Citer des exemples de transmission d'information par des lignes bifilaires. - Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie. - Associer l'atténuation à l'absorption par le milieu.
Fibre optique à saut d'indice. Ouverture numérique. Débit.	- Expliquer le principe du guidage par une fibre optique. - Déterminer l'expression de l'angle de réfraction limite en fonction des indices et en déduire la valeur de l'ouverture numérique de la fibre optique. - Expliquer qualitativement l'élargissement temporel d'une impulsion au cours de la propagation et son influence sur le débit maximal. - Exploiter la relation entre la distance parcourue et les puissances en entrée et en sortie. Capacité expérimentale : - Mesurer l'ouverture numérique d'une fibre optique.
Stocker et lire l'information	
Supports optiques numériques. Diffraction. Interférences.	- Expliquer le principe de codage des données sur un support optique numérique. - Comparer des capacités de stockage en exploitant l'expression du diamètre de focalisation en fonction de la longueur d'onde et de l'ouverture numérique. - Expliquer le principe de la lecture par une approche interférentielle. - Exprimer le retard de propagation et en déduire la condition d'obtention d'interférences destructives ou constructives. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour déterminer le pas de supports optiques. - Mettre en œuvre un protocole pour illustrer le principe de la lecture d'un support optique.

Afficher l'information	
Afficheurs à cristaux liquides.	- Prévoir l'effet d'un polariseur sur la lumière naturelle et sur une onde polarisée rectilignement. - Expliquer le principe d'un afficheur à cristaux liquides à partir de ressources documentaires. Capacité expérimentale : - Mettre en œuvre un protocole pour montrer le rôle des constituants d'un afficheur à cristaux liquides.

Systèmes et procédés

L'enseignement du thème « Systèmes et procédés » prend appui sur l'étude de quelques systèmes choisis par l'équipe pédagogique comme supports d'apprentissage. Ces systèmes, réels ou didactisés, peuvent être issus de l'industrie, des laboratoires ou de l'environnement quotidien.

L'objectif est de faire acquérir aux élèves des méthodes d'analyse qui mobilisent leurs connaissances afin qu'ils comprennent et maîtrisent le fonctionnement de ces systèmes. Ce thème permet de mettre en œuvre des démarches de résolution de problème dans un contexte souvent pluridisciplinaire. Il sensibilise aussi les élèves à la prévention et à la maîtrise des risques.

Au cours de l'année, les élèves sont confrontés à plusieurs systèmes, par exemple : traitement de l'eau, chauffage et climatisation, procédés de séparation d'espèces chimiques, production autonome d'électricité, imagerie, etc. La diversité des systèmes étudiés permet de réinvestir les notions travaillées dans l'ensemble des thèmes des programmes des classes de première et terminale pour les enseignements de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire et de physique-chimie et mathématiques.

L'étude de ces systèmes permet d'identifier les concepts et modèles physiques ou chimiques pour décrire leur fonctionnement. Les développements théoriques se limitent au strict nécessaire, l'approche reste principalement expérimentale avec des allers-retours réguliers entre modèle et expérience.

Quand le système n'est pas présent dans l'établissement, un travail préliminaire sur un dossier scientifique permet d'en dégager les principales caractéristiques ; certains éléments de ce système peuvent être étudiés à l'aide de montages, de maquettes ou de simulations. C'est aussi l'occasion de sensibiliser aux limites liées au rapport d'échelle entre les dimensions du dispositif réel et celles de la maquette.

Le thème « Systèmes et procédés » est présenté selon trois entrées :

- analyse et contrôle des flux d'information ;
- conversions et transferts des flux d'énergie ;
- transport et transformation des flux de matière.

Cette présentation n'induit pas une progression pédagogique : ces trois entrées ne sont pas indépendantes les unes des autres. L'ensemble des systèmes étudiés au cours de l'année doit permettre d'introduire toutes les notions du programme, les trois entrées étant sollicitées pour chaque système étudié.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Flux de matière, d'énergie et d'informations.	- Pour un système ou un procédé, identifier : - la (les) fonction(s) globale(s) réalisée(s) ; - les flux de matière, d'énergie et d'informations en entrée et en sortie ; - les principales performances attendues ; - les impacts environnementaux et sociétaux ; - les contraintes de sécurité. - À partir du schéma simplifié d'un système ou d'un procédé : - décrire son fonctionnement ; - identifier les différentes opérations réalisées ; - identifier les domaines de la physique et de la chimie associés.

• Analyse et contrôle des flux d'informations

L'analyse et le contrôle des flux d'informations s'inscrit en continuité avec le thème « Instrumentation » du programme de première. Le conditionnement du signal s'enrichit par l'introduction des filtres caractérisés expérimentalement par leur nature, leur facteur d'amplification et leur bande passante. L'étude de la fibre optique permet de faire le lien avec le thème « Ondes ».

Le programme de la classe de première limite la régulation au tout ou rien (TOR), celui de la classe terminale aborde la régulation continue sans utiliser le formalisme associé qui relève des formations de l'enseignement supérieur. L'intérêt et les limites de la régulation proportionnelle, qui peut facilement être mise en œuvre avec un microcontrôleur, sont abordés expérimentalement, la régulation proportionnelle et intégrale (PI) étant présentée pour corriger les défauts de la régulation proportionnelle sans chercher à étudier le rôle de chacun des paramètres P et I.

Toujours dans le cadre du contrôle des systèmes, l'introduction du moteur pas à pas permet d'élargir les supports de travail. Par exemple, il est possible en prenant appui sur le thème « Image » du programme de la classe de première de construire un modèle expérimental afin de comprendre le fonctionnement d'un système autofocus par détection de contraste.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Chaîne d'informations. Capteur conditionneur. Filtrage et amplification de tension. Gabarit. Numérisation d'une tension : convertisseur analogique numérique (CAN). Fibre optique. Ouverture numérique. Bande passante. Transmission, débit.	- Identifier et décrire la chaîne d'informations du système. - Choisir un ensemble capteur conditionneur en fonction du cahier des charges. - Exploiter des résultats expérimentaux pour caractériser un filtre : facteur d'amplification, nature et bande passante. - Proposer un gabarit de filtre pour répondre au cahier des charges. - Citer les caractéristiques utiles d'un CAN : nombre de bits, quantum, fréquence d'échantillonnage. - Déterminer les propriétés d'une fibre optique, à partir d'une documentation. - Expliquer le principe du guidage dans une fibre optique. - Comparer les différents types de transmission de signaux numériques à partir d'une documentation : bande passante, débit. Capacités expérimentales : - Déterminer expérimentalement le facteur d'amplification et la bande passante d'un filtre. - Mesurer l'ouverture numérique et l'atténuation d'une fibre optique. - Utiliser une fibre optique pour transmettre une information. - Choisir et utiliser, dans un circuit électrique, les appareils de mesure adaptés.
Contrôle des systèmes	
Contrôle d'un système ou d'un procédé.	- Exploiter des documents permettant de justifier l'avantage et la nécessité de contrôler un système ou un procédé.

Contrôler une position. Le moteur pas à pas. Champ magnétique.	- Citer les sources de champ magnétique. - Citer quelques ordres de grandeur de la valeur du champ magnétique. - Expliquer qualitativement le principe de fonctionnement d'un moteur pas à pas. Capacités expérimentales : - Mettre en évidence l'existence du champ magnétique et déterminer ses caractéristiques (valeur, sens et direction). - Modifier un programme pour piloter un moteur pas à pas à l'aide d'un microcontrôleur.
Système de régulation	
Boucle de régulation.	- Identifier, nommer et connaître la fonction des éléments constitutifs d'une boucle de régulation. - Identifier les grandeurs réglée, réglante et perturbatrices d'une boucle de régulation sur un schéma. - Établir le schéma d'une boucle de régulation et indiquer les grandeurs utilisées. Capacités expérimentales et numériques :
Caractéristique statique.	- Tracer la caractéristique statique d'un procédé stable pour une valeur de perturbation.
Régulation à action discontinue : TOR.	- Concevoir et réaliser, à l'aide d'un microcontrôleur, un système de détection qui déclenche un signal d'avertissement ou de commande, lorsque la valeur d'une grandeur mesurée atteint un seuil programmable. - Tracer et exploiter l'évolution temporelle des grandeurs utiles pour des régulations TOR à un seuil et à deux seuils de basculement fixés.
Régulation à action continue, critères de performance.	- Comparer l'intérêt relatif d'une régulation à action discontinue et d'une régulation à action continue (avec correcteur PI) dans un contexte expérimental donné, les valeurs des paramètres étant fixées. - Citer les trois critères de performance d'une boucle de régulation : précision, rapidité, stabilité. Capacité expérimentale : - Mesurer les critères de performance en boucle fermée, autour d'un point de fonctionnement, suite à un échelon de consigne ou de perturbation : l'écart statique, le temps de réponse à 5 % et la valeur du premier dépassement.
Correction P. Point de fonctionnement.	- Tracer la caractéristique statique du régulateur. - Exploiter la caractéristique statique d'un procédé stable pour déterminer le point de fonctionnement et en déduire l'écart statique. Capacités expérimentales et numériques : - Mettre en œuvre un protocole pour étudier : - le déplacement du point de fonctionnement quand la perturbation

	varie ; - l'influence d'une variation de la correction proportionnelle sur l'écart statique pour un échelon de consigne ou de perturbation. - Compléter le programme d'un microcontrôleur pour : - piloter un organe de commande, - contrôler l'évolution d'une grandeur.
Correction proportionnelle intégrale (PI).	- Citer l'influence d'une correction PI sur l'écart statique. Capacité expérimentale : - Mettre en œuvre un protocole pour étudier l'influence d'une variation de la correction intégrale sur l'écart statique, le temps de réponse à 5 % et la valeur du premier dépassement, l'échelon de consigne ou de perturbation étant fixé.

• Conversions et transferts des flux d'énergie

Cette partie s'inscrit en cohérence et continuité avec la partie « Énergie : conversions et transferts » du programme de la spécialité de physique-chimie et mathématiques. Ainsi, les notions, comme la capacité thermique et l'énergie de changement d'état, déjà présentées dans cet enseignement sont réinvesties ici.

Pour compléter l'étude des conversions et transferts d'énergie, le programme est centré autour des flux d'énergie dans les machines thermiques. Les élèves sont confrontés à des systèmes concrets : échangeurs, chaudières, pompes à chaleur, machines frigorifiques. L'introduction des notions et la construction des capacités associées se font en partant de l'étude de ces dispositifs. Ainsi les premier et second principes de la thermodynamique (dans une version simplifiée) sont introduits à partir de l'étude des pompes à chaleur et des machines frigorifiques sans utiliser le formalisme associé à la thermodynamique.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Échangeurs, chaudières et transferts thermiques	
Échangeurs thermiques. Transferts thermiques : Conduction, convection, rayonnement. Puissance thermique. Conductivité thermique des matériaux, résistance thermique.	- Décrire qualitativement le principe d'un échangeur thermique. - Décrire qualitativement les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement. - Classer des matériaux selon leurs propriétés isolantes à partir de la valeur de leur conductivité thermique. - Citer et exploiter la définition d'une résistance thermique. - Exploiter l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane. - Déterminer la résistance thermique globale d'une paroi plane constituée de différents matériaux. - Évaluer la puissance thermique échangée à travers une paroi plane.
Échangeurs en régime stationnaire.	- Évaluer la puissance thermique échangée entre deux fluides avec ou sans changement d'état (vaporisation ou condensation).

Chaudière. Pouvoir calorifique.	- Reconnaître, à partir des profils de température, un échangeur thermique tubulaire fonctionnant à contre-courant ou à co-courant. - Exploiter la relation entre la puissance thermique et l'écart de température moyen pour dimensionner un échangeur, la relation donnant l'écart de température moyen entre les deux fluides étant fournie. - Estimer à partir de données expérimentales un coefficient global d'échange. - Évaluer la puissance thermique nécessaire au fonctionnement d'une chaudière avec ou sans changement d'état. - Évaluer à partir du pouvoir calorifique du combustible, le débit de combustible nécessaire au fonctionnement d'une chaudière. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour étudier un échange thermique entre deux fluides.
Pompes à chaleur, machines frigorifiques et les principes de la thermodynamique	
Pompe à chaleur, machine frigorifique. Premier et second principes de la thermodynamique. Coefficient de performance.	- Décrire le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur ou d'une machine frigorifique à partir de documents ; identifier les transferts d'énergie mis en jeu. - Identifier les deux modes de transfert d'énergie par travail mécanique et par échange thermique. - Appliquer le principe de conservation de l'énergie à une machine thermique. - Énoncer le second principe de la thermodynamique comme l'impossibilité d'un transfert thermique spontané d'une source froide vers une source chaude. - Expliquer comment une compression ou une détente, modélisée par une transformation adiabatique, permet d'augmenter ou d'abaisser la température d'un gaz. - Définir le coefficient de performance. - Réaliser un bilan énergétique et évaluer le coefficient de performance d'une machine thermique à partir d'une documentation. - Exploiter une documentation pour mettre en évidence les limites d'utilisation d'une pompe à chaleur.

• Transport et transformation des flux de matière

L'étude des flux de matière est un élément important pour l'analyse et la compréhension des procédés physico-chimiques comme ceux liés à la distillation. Cependant l'analyse des flux de matière peut difficilement être conduite indépendamment des deux parties précédentes puisque ces flux de matière sont aussi des vecteurs d'énergie ou d'information :

- Vecteur d'énergie, dans le cas des systèmes de production ou d'échanges thermiques.
- Vecteur d'information, parce que les conditions de circulation de la matière nous informent sur l'état du système.

La mesure du débit et de la pression permet de caractériser les écoulements. L'étude des circuits hydrauliques et des pompes conduit au théorème de Bernoulli abordé sous sa forme énergétique. L'étude expérimentale des dispositifs de distillation et de purification permet de travailler les notions associées aux diagrammes binaires, à la cristallisation et de faire le lien avec le thème « Chimie et développement durable ».

Dans l'esprit du programme de la série STL qui s'appuie sur des allers-retours réguliers entre expérience et théorie, l'approche expérimentale des systèmes est privilégiée pour présenter les notions du programme. Le professeur veille à limiter les approches théoriques liées à la dynamique des fluides au strict nécessaire.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Débit. Vitesse d'écoulement.	- Exprimer la relation entre débit massique et débit volumique. - Exprimer la relation entre le débit volumique d'un fluide et sa vitesse d'écoulement. - Exploiter la conservation du débit pour des écoulements permanents incompressibles.
Pression, force de pression. Le principe fondamental de la statique des fluides.	- Exploiter la relation entre la force de pression, la pression et la surface. - Utiliser le principe fondamental de la statique des fluides incompressibles. Capacités expérimentales : - Mesurer une pression. - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour estimer la hauteur de liquide dans un réservoir.

Circuits hydrauliques et théorème de Bernoulli

Théorème de Bernoulli.	- Exploiter le théorème de Bernoulli pour un fluide incompressible. - Expliquer l'effet Venturi et citer des applications.
Circuits hydrauliques.	- Exploiter le théorème de Bernoulli avec pertes de charges. - Exploiter des documents pour étudier les pertes d'énergie dans un circuit hydraulique et mettre en évidence l'influence de quelques paramètres : vitesse d'écoulement, longueur et section de la canalisation, singularités.
Pompe. Puissances utile (puissance hydraulique) et absorbée.	- Expliquer le rôle d'une pompe. - Exploiter le théorème de Bernoulli avec une pompe. - Définir et exploiter l'expression de la puissance utile d'une pompe.

Rendement.	- Définir et évaluer le rendement d'une pompe, la puissance électrique absorbée étant fournie. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole permettant d'étudier l'influence d'au moins un paramètre sur les pertes d'énergie dans un écoulement.
Distillation et diagrammes binaires	
Diagrammes binaires. Distillation. Reflux.	- Définir la fraction molaire et la fraction massique. - Identifier les courbes et les domaines d'un diagramme isobare d'équilibre liquide-vapeur dans le cas d'un mélange binaire homogène. - Exploiter un diagramme isobare d'équilibre liquide-vapeur d'un mélange binaire et reconnaître la présence d'un azéotrope. - Déterminer, à partir du diagramme, la température d'ébullition ou de rosée d'un mélange. - Dédire d'un diagramme isobare d'équilibre liquide-vapeur la composition des premières bulles de vapeur formées. - Prévoir la nature du distillat et du résidu d'une distillation fractionnée avec ou sans azéotrope. - Expliquer la différence entre une distillation simple et une distillation fractionnée. - Expliquer l'intérêt à réaliser une distillation sous pression réduite. - Réaliser un bilan de matière global et évaluer le rendement d'une distillation. - Identifier les paramètres agissant sur le pouvoir séparateur des colonnes en exploitant une documentation. Capacités expérimentales : - Choisir une technique de distillation et la mettre en œuvre pour séparer les constituants d'un mélange. - Évaluer le rendement d'une distillation.
Évaporation et cristallisation	
Évaporation. Cristallisation. Solubilité.	- Expliquer le principe de la concentration de solutions par évaporation. - Expliquer le principe de la cristallisation par refroidissement ou par évaporation en exploitant une documentation. - Utiliser une courbe de solubilité en fonction de la température pour déterminer des conditions de cristallisation. - Réaliser un bilan de matière global et évaluer le rendement d'une cristallisation ou d'une opération d'évaporation. Capacités expérimentales : - Concevoir et mettre en œuvre un protocole permettant de récupérer des cristaux à partir d'une solution. - Évaluer le rendement d'une cristallisation.

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 Δx ou Δt 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
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonnement	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux - Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - Présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - Échanger entre pairs.

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
Sources d'erreurs. Variabilité de la mesure d'une grandeur physique. Justesse et fidélité. Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures. Incertitude-type sur une mesure unique. Expression du résultat. Valeur de référence. Notion mathématique : écart-type d'une série statistique (programme de la classe de seconde).	- Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. - 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. - Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type. - 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. - Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée. - 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. Capacités numériques : À l'aide d'un tableur ou d'un programme informatique : - traiter des données expérimentales ; - représenter les histogrammes associés à des séries de mesures.

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.	- Interpréter ou établir le schéma de Lewis de molécules ou d'ions contenant des doublets liants, doublets non-liants, doubles liaisons, triples liaisons. - Utiliser la théorie VSEPR pour déterminer la géométrie d'espèces de formules chimiques AX_nE_m, avec $n+m \leq 4$, l'atome central étant donné. - Écrire des formes mésomères des ions nitrate et carbonate pour interpréter leur géométrie. Capacité numérique : utiliser un logiciel de représentation moléculaire pour visualiser une molécule.
Électronégativité, liaison covalente polarisée. Polarité d'une molécule. Liaisons intermoléculaires. Lien entre structure et propriétés physiques.	- Représenter les charges partielles localisées sur les atomes d'une liaison covalente en utilisant des valeurs d'électronégativité tabulées. - Relier la polarité éventuelle d'une molécule et sa géométrie. - Définir et identifier les liaisons hydrogène et de Van der Waals ; représenter les liaisons hydrogène. - Connaître et comparer les ordres de grandeur des énergies des liaisons intermoléculaires et covalentes. - Interpréter ou classer qualitativement les valeurs des températures ou des énergies de changement d'état d'espèces chimiques en comparant leurs structures.
Formules chimiques de molécules organiques : chaîne carbonée, groupe caractéristique. Isomérisation. Représentation de Cram. Conformations.	- Écrire les formules développées, semi-développées et topologiques de molécules organiques. - Repérer les groupes caractéristiques dans une formule chimique donnée. - Identifier des isomères de chaîne, de position ou de fonction. - Dessiner la représentation de Cram de différents conformères non cycliques. Capacités expérimentales/numériques : construire, à partir de modèles moléculaires ou à l'aide d'un logiciel de représentation, différentes conformations d'une même molécule.
Fonction chimique. Nomenclature de molécules organiques. Acide α -aminé, acide gras.	- Associer les fonctions alcool, aldéhyde, cétone, acide carboxylique et amine à un groupe caractéristique. - Associer le nom d'une molécule organique non cyclique à sa formule semi-développée. - Identifier et représenter un acide α-aminé et un acide gras.

Atome de carbone asymétrique. Énantiomérie.	- Identifier un atome de carbone asymétrique. - Définir une relation d'énantiomérie. - Dessiner la représentation de Cram de deux énantiomères. Capacités expérimentales/numériques : 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.
--	---

• **Solvants et solutés**

Cette partie aborde la notion de concentration, exprimée en mol.L^{-1} ; les notions de concentration (en g.L^{-1}), 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
Isotopes. Masse molaire.	- Déterminer la composition du noyau des isotopes d'un élément chimique à partir du nombre de masse A et du numéro atomique Z. - Déterminer la valeur de la masse molaire d'un élément chimique à partir de sa composition isotopique. - Déterminer la valeur de la masse molaire d'une espèce chimique à partir de sa formule brute.
Masse volumique, densité, pureté. Quantité de matière. Concentration. Dilution.	- Déterminer la masse d'un échantillon liquide ou solide à partir de sa densité ou de sa masse volumique. - 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. - Connaître et exploiter l'expression de la concentration en mol.L^{-1} d'une espèce moléculaire ou ionique dissoute. Capacité expérimentale : réaliser une gamme étalon par dilution.
Solvants usuels. Dissolution d'une espèce moléculaire ou ionique ; bilan de matière.	- Citer et identifier des solvants polaires et apolaires usuels. - Décrire la dissolution d'une espèce ionique ou moléculaire en faisant intervenir les liaisons intermoléculaires entre soluté et solvant. - Modéliser par une équation de réaction la dissolution d'une espèce solide moléculaire ou ionique. - Effectuer un bilan de matière lors de la dissolution totale d'une espèce solide ionique. Capacité expérimentale : préparer une solution aqueuse de concentration donnée par dissolution ou dilution.

Solubilité. Solution saturée. Influence du pH et de la température.	- Définir la solubilité molaire et massique d'une espèce chimique. - Exploiter des données sur la solubilité pour établir qu'une solution est saturée ou non. - 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. - Comparer les solubilités d'une espèce chimique dans l'eau ou dans un solvant organique en analysant les structures du soluté et des solvants. - Interpréter qualitativement l'influence du pH sur la solubilité d'une espèce chimique dans l'eau. Capacité expérimentale : mettre en œuvre un protocole pour étudier l'influence du pH et de la température sur la solubilité d'une espèce chimique.
---	--

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
Acides et bases. Couple acide/base. Solutions acides et basiques.	- 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. - Identifier l'acide et la base dans un couple donné. - Prévoir le sens d'évolution du pH d'une solution aqueuse par dilution. Capacité expérimentale : étalonner un pH-mètre et mesurer un pH.
Acides et bases usuels.	- 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).

pH en solution aqueuse. Acides forts, bases fortes. Acides faibles, bases faibles.	- Connaître la relation $\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$ et l'utiliser pour estimer la valeur du pH ou de la concentration en ions H_3O^+. - 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. - 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. - Recenser les espèces spectatrices. Capacité expérimentale : mesurer le pH d'une solution aqueuse d'un acide ou d'une base pour en apprécier le caractère fort ou faible.
Autoprotolyse de l'eau ; constante d'autoprotolyse de l'eau. pK_a d'un couple acide-base ; domaines de prédominance. Solutions tampons.	- Écrire l'équation de la réaction d'autoprotolyse de l'eau. - Connaître la relation $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{HO}^-]$ et la valeur de K_e à 25 °C pour en déduire le pH de l'eau pure. - Définir le pK_a d'un couple acide/base comme étant le pH d'une solution équimolaire d'acide faible et de base faible conjugués. - Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide/base en fonction du pH du milieu et du pK_a du couple, notamment dans le cas des acides α-aminés. - Citer les propriétés d'une solution tampon. Capacité expérimentale : préparer une solution tampon par mélange de solutions d'un acide et de sa base conjuguée.

• 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
Vitesse d'apparition d'un produit, vitesse de disparition d'un réactif. Temps de demi-réaction. Notion mathématique : nombre dérivé.	- Définir les vitesses de disparition d'un réactif et d'apparition d'un produit. Capacité expérimentale : 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. Capacité numérique : utiliser un tableur pour déterminer la valeur approchée d'un nombre dérivé à partir de données expérimentales. - Estimer un temps de demi-réaction en exploitant une courbe ou un tableau de valeurs (temps, concentration).
Facteurs cinétiques. Catalyse homogène, hétérogène et enzymatique.	- 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. - Définir un catalyseur et l'identifier dans une transformation chimique. - Qualifier la nature de la catalyse.

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 : - coordonnées cartésiennes d'un vecteur ; - nombre dérivé ; - fonction dérivée ; - calcul approché d'une primitive par la méthode d'Euler.	- Choisir un référentiel d'étude. - Estimer des ordres de grandeurs de valeurs de vitesses et d'accélération dans des situations de la vie courante. - Faire le lien entre la vitesse moyenne obtenue à partir des mesures de positions et la vitesse associée au nombre dérivé. - Citer et exploiter la relation entre les coordonnées de la position et celles du vecteur vitesse. - Exploiter la relation entre vitesse et accélération dans le cas d'un mouvement rectiligne à accélération constante. - 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. Capacité expérimentale : mesurer la vitesse d'un objet.

	Capacités numériques : dans le cas d'un mouvement plan, utiliser un tableur, un logiciel ou un programme informatique pour : - représenter graphiquement l'évolution temporelle des coordonnées de position et la trajectoire à partir d'un tableau de valeurs de positions ; - calculer les coordonnées du vecteur vitesse à partir d'un tableau de valeurs de positions ; - calculer les positions successives à partir d'un tableau de valeurs de vitesses.
Interactions	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Notion de référentiel galiléen. Actions mécaniques sur un objet en mouvement. Lois de Newton. Notions mathématiques : - addition de vecteurs ; - projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.	- Identifier et caractériser des actions mécaniques sur un objet. - Modéliser une action mécanique par une force. - Établir un bilan de forces. - Effectuer un bilan quantitatif de forces pour un système à l'équilibre ou en mouvement rectiligne uniforme. - 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 : - o pour en déduire une estimation de la variation de vitesse sur un intervalle de temps, les forces appliquées au système étant connues ; - o pour en déduire une estimation des forces appliquées au système, le comportement cinématique étant connu. - Citer et exploiter la seconde loi de Newton dans le cas d'un mouvement rectiligne.
Exemples de forces s'exerçant sur un objet : - poids ; - force d'interaction gravitationnelle ; - poussée d'Archimède ; - force de frottement fluide ; - force exercée par un support. Notion mathématique : primitives des polynômes.	- Citer et exploiter l'expression du poids et de la force d'interaction gravitationnelle. - Exploiter l'expression de la poussée d'Archimède et de forces de frottement. - Estimer l'ordre de grandeur des forces en présence et les comparer. - Caractériser un mouvement de chute libre verticale. - 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. - 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. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour confronter des résultats expérimentaux au modèle de la chute libre. - Mettre en œuvre un protocole pour mesurer une force de frottement fluide et en déduire la viscosité du fluide.

Aspects énergétiques	
Notions et contenus	Capacités exigibles
Énergie cinétique. Transfert d'énergie par travail mécanique. Puissance moyenne. Notions mathématiques : - produit scalaire ; - projection orthogonale d'un vecteur sur un axe.	- Citer et exploiter les relations définissant l'énergie cinétique et le travail d'une force constante lors d'un mouvement rectiligne. - Associer une variation d'énergie cinétique au travail des forces. - Citer et exploiter la relation entre travail et puissance moyenne. - Estimer une puissance moyenne nécessaire pour : - o modifier la valeur d'une vitesse sur une durée donnée ; - o maintenir une vitesse constante en présence de frottements.

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.

Notions ou contenus	Capacités exigibles
Ondes mécaniques : ondes progressives à une dimension.	- Citer des exemples d'ondes mécaniques progressives. - Distinguer une onde longitudinale d'une onde transversale. - Représenter graphiquement, à différents instants, l'état d'un système parcouru par une onde. - Exploiter la relation entre le retard, la distance et la célérité.
Ondes sonores et ultrasonores ; propagation. Notions mathématiques : fonctions périodiques, fonctions trigonométriques.	- Énoncer qu'un milieu matériel est nécessaire à la propagation d'une onde sonore. - Associer une onde sonore ou ultrasonore à la propagation d'une vibration du milieu et d'une pression acoustique. - Définir les grandeurs physiques associées à une onde mécanique sinusoïdale : célérité, amplitude, période, fréquence, longueur d'onde. - Citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et période ou fréquence. - Citer l'ordre de grandeur de la célérité du son dans un gaz, un liquide et un solide. Capacités expérimentales : - Mesurer la période ou la fréquence, la longueur d'onde et la célérité d'une onde sonore ou ultrasonore. - Déterminer expérimentalement des distances à partir de la mesure d'un temps de vol d'une onde sonore ou ultrasonore.
Niveau d'intensité sonore ; audition.	- Citer deux grandeurs influençant la perception sensorielle : le niveau sonore et la fréquence d'un son.

Risque auditif.	- Citer le domaine des fréquences audibles. - Exploiter une courbe audiométrique de l'oreille humaine. - Identifier des situations d'exposition au risque auditif. Capacité expérimentale : mesurer un niveau d'intensité sonore en décibel (dB).
-----------------	---

• **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.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Ondes électromagnétiques. Modèle ondulatoire de la lumière.	- Énoncer qu'une onde électromagnétique peut se propager dans le vide. - Citer la valeur de la célérité de la lumière dans le vide ou l'air. - Définir les grandeurs physiques associées à une onde électromagnétique sinusoïdale : amplitude, période, fréquence, longueur d'onde, célérité. - Citer et exploiter la relation entre longueur d'onde, célérité et fréquence.
Spectre des ondes électromagnétiques ; rayonnements gamma, X, UV, visible, IR, micro-ondes, ondes radio. Sources lumineuses. Spectres d'émission et spectres d'absorption.	- Classer les ondes électromagnétiques selon leur fréquence et leur longueur d'onde dans le vide. - Citer les ordres de grandeur des longueurs d'onde limites du spectre visible. - Citer des domaines d'utilisation des différents types d'ondes électromagnétiques. - Caractériser différentes sources lumineuses à l'aide de leur spectre : laser, LED, lampe à incandescence, lampe spectrale etc. - Distinguer spectres d'émission et spectres d'absorption, spectres continus et spectres de raies. Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole pour observer le spectre de différentes sources lumineuses. - Mettre en œuvre un protocole pour observer un spectre d'absorption d'une solution.
Photon, énergie d'un photon.	- Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière. - Citer et exploiter la relation entre l'énergie d'un photon et la fréquence de l'onde. - Classer les ondes électromagnétiques selon l'énergie du photon. - Interpréter et exploiter la présence de raies dans un spectre à l'aide de données tabulées.

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 φ .

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 θ 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 diffèrent 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 diffèrent 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.

Annexe 1

Programme de physique-chimie et mathématiques de terminale STL

Sommaire

Introduction générale

Programme de physique-chimie

Préambule

Organisation des programmes

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Repères pour l'enseignement

Mesure et incertitudes

Constitution de la matière

Transformation de la matière

Mouvements et interactions

Énergie : conversions et transferts

Programme de mathématiques

Intentions majeures

Analyse

Introduction générale

L'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques vise à donner aux élèves une formation scientifique solide les préparant aux 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 les 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, primitive, intégrale) où il est essentiel de préciser les démarches à l'œuvre dans les calculs menés avec des variations Δx ou Δt arbitrairement 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. De même, l'approche statistique des incertitudes de mesure ou encore la modélisation du travail d'une force par le produit scalaire et, en terminale, l'introduction des équations différentielles appellent une réelle collaboration entre les 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

Préambule

• Objectifs de formation

Dans la continuité de la classe de première STL, le programme de physique-chimie de la classe terminale 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 à la **modélisation**. Il porte l'ambition de permettre aux élèves d'accéder à une compréhension des phénomènes abordés et de leur faire percevoir la portée unificatrice et universelle des lois de la physique et de la chimie. La démarche de **modélisation** occupe une place centrale dans l'activité du physicien et du chimiste pour établir un lien entre le « monde » des objets, des expériences,

des faits et le « monde » des modèles et des théories. 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'atteinte de ces objectifs implique une approche concrète et **contextualisée** des concepts et notions du programme, ces derniers offrant un large domaine d'applications et de supports concrets de travail.

L'enseignement proposé s'attache à apporter 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 et 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 sont parfois déroutantes, où des expériences peuvent échouer, où chaque geste demande à être analysé et maîtrisé, où les mesures, toujours entachées d'erreurs aléatoires ou systématiques, ne permettent de déterminer des valeurs de grandeurs qu'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 passe aujourd'hui par 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 et à la complémentarité avec les programmes de la classe de première. Le programme de terminale est structuré autour des quatre thèmes : « Constitution de la matière », « Transformation de la matière » qui intègre les transformations nucléaires, « Mouvements et interactions » et « Énergie : conversions et transferts ». L'approche énergétique, amorcée en classe de première, est renforcée. Elle est présentée dans le thème « Énergie : conversions et transferts » du programme qui a pour objectif de construire des liens entre les différents domaines de la physique-chimie par l'intermédiaire de l'énergie.

Ces thèmes permettent un dialogue fructueux avec les autres disciplines scientifiques et en particulier les mathématiques : les notions de nombre dérivé, de fonction dérivée, d'équation différentielle et de produit scalaire se trouvent réinvesties dans l'enseignement de la physique-chimie ; l'étude de la désintégration de noyaux radioactifs, de la cinétique chimique et de la chute libre dans un fluide visqueux permet de travailler explicitement les liens avec les mathématiques. D'autre part, cet enseignement étant commun aux élèves qui suivent les spécialités de biochimie-biologie-biotechnologies et sciences physiques et chimiques en laboratoire, les concepts introduits dans les quatre thèmes du programme trouvent des 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 à construire et les capacités numériques qui peuvent

être exploitées et développées. Le langage de programmation conseillé est le langage Python. Par ailleurs, la dernière ligne du tableau précise les notions du programme de mathématiques associées qui sont mobilisées.

L'organisation du programme n'impose pas la progression qui relève de la liberté pédagogique du professeur.

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

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

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Énoncer une problématique. - Rechercher, sélectionner et organiser l'information en lien avec la problématique. - Représenter la situation par un schéma.
Analyser/ Raisonnement	- Formuler des hypothèses. - Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Évaluer des ordres de grandeur. - Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Choisir, élaborer, justifier un protocole. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité..
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer une valeur mesurée à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - Proposer d'éventuelles améliorations à la démarche ou au modèle.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

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. Elle permet à chacun de faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve. Elle prend un relief particulier pour ceux qui choisiront de préparer l'épreuve orale terminale du baccalauréat en l'adossant à cet enseignement de spécialité.

Repères pour l'enseignement

Dans le cadre de la mise en œuvre du programme de physique-chimie pour la classe terminale en 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 de la série. Le recours ponctuel à des « **résolutions de problèmes** » qui peuvent aussi être de nature expérimentale est encouragé. Ces activités contribuent efficacement à l'acquisition des compétences de la démarche scientifique et développent l'esprit d'initiative des élèves. L'usage du numérique est privilégié lors du traitement des données et de l'exploitation des modèles. 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 mesure. 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. L'étude de ces notions, transversales au programme de physique-chimie, s'appuie sur le contenu de chacun des modules des enseignements de spécialité du programme du cycle terminal.

En classe de première, les élèves ont été sensibilisés à la variabilité de la mesure qui a été quantifiée par l'incertitude-type évaluée soit de manière statistique (type A), soit à partir d'une seule mesure (type B). La compatibilité entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence, si elle existe, est appréciée en exploitant les incertitudes-types. La comparaison de deux protocoles de mesure se fait en analysant la dispersion des résultats en termes de justesse et de fidélité. En classe terminale, en prenant appui sur les notions travaillées en classe de première, les élèves identifient les principales sources d'erreurs dans un protocole, comparent leur poids à l'aide d'une méthode fournie, proposent des améliorations au protocole et estiment l'incertitude-type de la mesure finale.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures. Incertitude-type sur une mesure unique. Sources d'erreurs.	- Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type. - 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. - Identifier qualitativement les principales sources d'erreurs lors d'une mesure. - Comparer le poids des différentes sources d'erreurs à l'aide d'une méthode fournie. - Identifier le matériel adapté à la précision attendue. - Proposer des améliorations dans un protocole afin de diminuer l'incertitude sur la mesure. - Évaluer, à l'aide d'une relation fournie ou d'un logiciel, l'incertitude-type d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs.
Expression du résultat.	- Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée.
Valeur de référence.	- Valider un résultat en évaluant la différence entre le résultat d'une mesure et la valeur de référence en fonction de l'incertitude-type.
Justesse et fidélité.	- Exploiter la dispersion de séries de mesures indépendantes pour comparer plusieurs protocoles de mesure d'une grandeur physique en termes de justesse et de fidélité. Capacités numériques : - Utiliser un tableur, un logiciel ou un programme informatique pour : - traiter des données expérimentales ; - représenter les histogrammes associés à des séries de mesures ; - évaluer l'incertitude-type finale d'une mesure.

Constitution de la matière

• Structure spatiale des espèces chimiques

Cette partie du programme est l'occasion de revenir sur la notion d'atome de carbone asymétrique abordée en classe de première et sur la géométrie des molécules. Les notions de chiralité et de diastéréoisomérisation sont introduites en complément de la notion d'énantiomérisation. Elles sont primordiales pour l'étude des synthèses chimiques dans lesquelles la géométrie des molécules joue un rôle important. Le monde du vivant est asymétrique, la plupart des biomolécules étant chirales. Les processus biologiques (catalyse enzymatique, reconnaissance récepteur-hormone ou neurotransmetteur ...) discriminent les différents stéréoisomères, ce qui induit des réponses physiologiques différentes. Ces notions ont des implications dans les domaines pharmaceutique, agro-alimentaire ou de la bioproduction.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Représentations spatiales. Chiralité. Diastéréoisométrie, énantiométrie. Règles de Cahn, Ingold et Prelog (CIP). Configuration absolue <i>R</i> et <i>S</i> . Isométrie <i>Z</i> et <i>E</i> .	- Représenter une molécule en perspective de Cram avec plusieurs atomes de carbone asymétriques. - Définir une molécule chirale. - Représenter des énantiomères ou des diastéréoisomères. - Déterminer la configuration absolue d'un atome de carbone asymétrique. - Identifier des couples d'énantiomères et des diastéréoisomères. - Extraire et exploiter des informations sur les propriétés biologiques de stéréoisomères. Capacités expérimentale et numérique : - Repérer une molécule chirale. - Identifier les relations d'énantiométrie et de diastéréoisométrie entre différents stéréoisomères sur des modèles moléculaires ou en utilisant un logiciel de représentation moléculaire.

Transformation de la matière

• Réactions acido-basiques en solution aqueuse

Cette partie du programme s'appuie sur les notions abordées en classe de première, comme le diagramme de prédominance et le pK_a , notamment dans le cas des acides aminés. Les équilibres acido-basiques sont présents dans de nombreux processus naturels. Par exemple, les couples impliquant le dioxyde de carbone trouvent une place particulière dans les domaines de la biologie et de l'environnement (corail). On introduit le coefficient de dissociation afin de montrer que l'état d'équilibre dépend de la concentration initiale et de la valeur du pK_a . L'influence du pH lors d'une extraction permet de revenir sur la notion de solubilité vue en classe de première. L'ensemble de ces notions est réinvesti dans les enseignements de spécialité.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Constante d'équilibre acido-basique ; pK_a . Coefficient de dissociation d'un acide faible. Solution tampon. Dissolution de dioxyde de carbone en solution aqueuse.	- Définir la constante d'équilibre acido-basique (ou constante d'acidité) et le pK_a d'un couple acide/base. - Utiliser la conservation de la matière pour déterminer le coefficient de dissociation d'un acide faible dans l'eau, connaissant l'état initial et le pH à l'équilibre. - Prévoir qualitativement l'effet de la dilution sur le coefficient de dissociation d'un acide faible. - Choisir le couple acide/base adapté à la préparation d'une solution tampon en utilisant des valeurs tabulées. - Relier la solubilité du dioxyde de carbone dans différents milieux aux effets associés (physiologie, environnement) à partir de ressources documentaires.

	Capacités expérimentales : - Mettre en œuvre un protocole expérimental pour montrer l'invariance du pKa d'un couple acide/base par spectrophotométrie. - Réaliser une extraction ou une séparation faisant intervenir une espèce acide ou basique.
Notion du programme de mathématiques associée : Logarithme décimal.	

• Réactions d'oxydo-réduction

Les réactions d'oxydo-réduction sont introduites à l'aide du nombre d'oxydation qui permet d'identifier l'oxydant et le réducteur d'une réaction ainsi que le nombre d'électrons échangés au cours de la réaction. L'étude de la constitution et du fonctionnement d'une pile permet de faire le lien avec la partie « Énergie : conversions et transferts » qui présente la pile comme un outil de stockage d'énergie. De nombreuses réactions d'oxydo-réduction se déroulent en conditions biologiques, par exemple dans la chaîne respiratoire. Ces réactions mettent en jeu des couples redox biochimiques comme NAD^+/NADH , FAD/FADH_2 ou les cytochromes contenant un ion fer(II).

Notions et contenus	Capacités exigibles
Oxydant, réducteur, nombre d'oxydation. Couple oxydant / réducteur (redox). Équations de demi-réaction. Réaction d'oxydo-réduction. Demi-pile, pile, pont salin. Anode, cathode. Quantité d'électricité.	- Déterminer le nombre d'oxydation d'un élément dans une espèce inorganique. - Identifier l'oxydant et le réducteur dans une réaction donnée à l'aide du nombre d'oxydation. - Définir l'oxydant et le réducteur d'un couple redox, dans le cadre du modèle par transfert d'électrons. - Écrire une équation de demi-réaction. - Citer et donner la formule de quelques oxydants ou réducteurs usuels, gazeux (dihydrogène, dioxygène, dichlore) ou en solution aqueuse (diode, eau oxygénée, ion fer(II)). - Écrire l'équation d'une réaction d'oxydo-réduction en milieu acide. - Représenter une pile comme l'association de deux demi-piles reliées par un pont salin. Préciser la polarité, le nom de chaque électrode, le sens de déplacement des électrons, du courant et des ions (y compris dans le pont salin). - Écrire l'équation de la réaction modélisant le fonctionnement de la pile à partir de la polarité de la pile et des couples redox impliqués. - Déterminer la quantité d'électricité disponible dans une pile à partir des quantités de matière initiales. Capacité expérimentale : - Réaliser une pile et mesurer la tension pour identifier l'anode et la cathode, l'oxydant et le réducteur.

• Cinétique d'une réaction chimique

Dans la continuité de la classe de première, la vitesse d'une transformation chimique est décrite en introduisant la loi de vitesse et l'ordre de réaction qui peut être déterminé expérimentalement en réalisant un suivi cinétique. Cette partie du programme est réinvestie dans la partie traitant de la radioactivité.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Loi de vitesse, constante de vitesse. Ordre de réaction. Temps de demi-réaction.	- Établir la loi d'évolution de la concentration d'une espèce en fonction du temps pour une réaction d'ordre 0 ou d'ordre 1. - Déterminer l'ordre d'une réaction et la constante de vitesse en exploitant des données issues d'un suivi cinétique. - Déterminer le temps de demi-réaction. Capacités expérimentale et numérique : - Réaliser le suivi cinétique d'une transformation chimique et l'exploiter pour déterminer l'ordre de réaction.

Notions du programme de mathématiques associées :
Équations différentielles. Exponentielle. Logarithme népérien.

• Radioactivité

Cette partie aborde les différents types de radioactivité et fait le lien avec les mathématiques et la cinétique chimique. L'exploitation de documents permet de comparer l'activité de différentes sources naturelles ou artificielles et de choisir des modalités de protection des rayonnements radioactifs. Les exemples d'illustration de la notion d'activité d'une source sont nombreux dans les domaines médicaux et technologiques (radiothérapie, scintigraphie, datation).

Notions et contenus	Capacités exigibles
Radioactivité α , β^- , β^+ et émission γ . Lois de conservation. Évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs. Loi de décroissance radioactive. Constante de désintégration λ . Temps de demi-vie. Activité.	- Définir la radioactivité α, β^-, β^+ et l'émission γ. - Écrire l'équation d'une réaction nucléaire en utilisant les lois de conservation de la charge électrique et du nombre de nucléons. - Interpréter la relation $dN = -\lambda N dt$ en explicitant les différents termes. - Établir la loi de décroissance radioactive et montrer l'analogie avec une réaction d'ordre 1. - Exploiter une courbe de décroissance radioactive. - Définir le temps de demi-vie. - Relier la constante de désintégration λ au temps de demi-vie. - Définir l'activité et son unité (le becquerel). - Citer des exemples d'application de la radioactivité dans le domaine médical ou industriel. - Comparer l'activité de différentes sources naturelles ou artificielles et choisir des modalités de protection des rayonnements radioactifs à partir de documents.

	Capacités numériques : - Exploiter les données issues d'un appareil de comptage. - Tracer la courbe de décroissance radioactive d'un noyau, la modéliser et l'exploiter.
Notions du programme de mathématiques associées : Équations différentielles. Limites de la fonction exponentielle. Logarithme népérien.	

Mouvements et interactions

Cette partie s'inscrit dans la continuité de l'enseignement de physique-chimie et mathématiques de la classe de première. La force électrostatique, introduite en classe terminale, permet de réinvestir les notions de mécanique vues en classe de première en prenant appui, par exemple, sur l'électrophorèse et ainsi de faire le lien avec l'enseignement de biochimie-biologie-biotechnologies. Dans le cas de mouvements à force constante, l'étude des mouvements rectilignes en première s'élargit aux mouvements plans en classe terminale. Comme pour le programme de première, tout en restant dans le cadre d'objets dont le mouvement est modélisable par un point matériel.

L'étude des mouvements à accélération non uniforme est limitée aux mouvements rectilignes. Elle permet de confronter les élèves à des situations différentes et d'identifier des limites de modèle comme celui de la chute libre. Seule l'étude de la chute verticale avec une force de frottement proportionnelle à la vitesse est étudiée analytiquement, ce qui est l'occasion de construire des liens avec l'enseignement de mathématiques. Dans tous les autres cas de figure, l'étude est conduite à partir d'une analyse de résultats expérimentaux ou de simulations numériques ; on attend des élèves qu'ils caractérisent le régime permanent. Les notions d'énergie mécanique sont traitées dans la partie « Énergie : conversions et transferts ».

La rédaction est volontairement concise et centrée sur les notions et méthodes de la mécanique ; il ne s'agit cependant pas de proposer aux élèves une présentation décontextualisée de la mécanique.

• Mouvements

Notions et contenus	Capacités exigibles
Accélération. Coordonnées du vecteur accélération : $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ et $a_y = \frac{dv_y}{dt}$	- Citer et exploiter la relation entre les coordonnées du vecteur vitesse et celles du vecteur accélération. Capacités expérimentales : - Mesurer une accélération. - Réaliser et exploiter un enregistrement d'un objet en mouvement. Capacités numériques : - Utiliser un tableur, un logiciel ou un programme informatique pour calculer : - les coordonnées des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées des positions dans le cas d'un mouvement plan ; - la composante du vecteur vitesse à partir d'un tableau de valeurs de l'accélération dans le cas d'un mouvement rectiligne.
Notion du programme de mathématiques associée : Calcul approché d'une primitive par la méthode d'Euler.	

• **Interactions**

Notions et contenus	Capacités exigibles
Force électrostatique. Champ électrostatique.	- Citer et exploiter la relation entre la force électrostatique et le champ électrostatique. - Caractériser le champ électrostatique entre deux armatures planes. - Exploiter la relation entre le champ électrostatique, la tension et la distance entre les deux armatures.
Bilan des forces.	- Effectuer un bilan des forces sur des objets en mouvement plan.
Lois de Newton.	- Citer et exploiter les lois de Newton. - Établir et exploiter les lois horaires du mouvement plan de chute libre. - Établir l'expression de la vitesse en régime permanent lorsqu'il existe des forces de frottement fluide (électrophorèse, chute dans un fluide ...).
Chute verticale avec frottement visqueux (force de frottement proportionnelle à la vitesse).	- Modéliser un mouvement vertical avec frottement visqueux : - établir l'équation différentielle vérifiée par la vitesse ; - caractériser le régime permanent ; - identifier le temps caractéristique ; - établir la loi horaire d'évolution de la vitesse.
Régime permanent, vitesse en régime permanent, temps caractéristique.	- Exploiter des résultats expérimentaux pour identifier le régime permanent et estimer le temps caractéristique. Capacité expérimentale : - Mettre en œuvre un protocole expérimental pour mesurer la vitesse en régime permanent.
Notions du programme de mathématiques associées : Équations différentielles. Limite de la fonction exponentielle. Primitives des polynômes.	

Énergie : conversions et transferts

L'objectif de cette partie du programme est de sensibiliser les élèves aux enjeux associés à l'énergie. Ils ont déjà appréhendé les notions de chaîne et de forme d'énergie au collège. L'approche énergétique des systèmes leur permet de croiser différents domaines de la physique-chimie. L'étude est limitée aux domaines de la mécanique, de la chimie, de l'électricité et des ondes électromagnétiques. L'objectif est de conduire l'élève à effectuer des bilans énergétiques qualitatifs et quantitatifs ou à estimer l'énergie disponible dans un système donné. Les transferts thermiques sont introduits qualitativement pour expliciter la dissipation d'énergie. Cet enseignement prend appui sur des exemples concrets qui peuvent être modélisés simplement par des conversions et transferts d'énergie : barrage hydroélectrique, éolienne, cellule photovoltaïque, centrale thermique, découpe laser, moteurs à combustion, accumulateurs, etc.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Chaînes énergétiques. Stockage et conversion de l'énergie. Principe de la conservation de l'énergie. Rendement. Dissipation et transferts thermiques.	- Schématiser une chaîne énergétique en identifiant les formes, les réservoirs et les convertisseurs d'énergie. - Évaluer une quantité d'énergie transférée, convertie ou stockée. - Exploiter le principe de conservation de l'énergie pour réaliser un bilan énergétique, estimer l'énergie dissipée et calculer un rendement. - Associer une dissipation d'énergie à un transfert thermique.

• Énergie mécanique

Cette partie s'inscrit dans la continuité de l'enseignement de la classe de première et du thème « Mouvements et interactions » du programme de la classe terminale. Les notions d'énergie potentielle et d'énergie mécanique sont introduites à partir du travail du poids. L'objectif est de montrer que l'analyse des mouvements peut se faire par une approche énergétique en caractérisant les échanges, par exemple lors de l'étude d'une chute ou d'un pendule. Cette approche énergétique permet aussi de calculer l'énergie disponible dans un réservoir d'énergie mécanique comme une retenue d'eau ou un écoulement d'air.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Travail élémentaire d'une force. Travail du poids. Énergie potentielle de pesanteur. Énergie mécanique. Conservation de l'énergie. Puissance et énergie disponibles.	- Exprimer le travail d'une force pour un déplacement élémentaire. - Identifier les forces dont le travail est nul. - Exprimer le travail d'une force constante. - Relier le travail du poids à la variation de l'énergie potentielle de pesanteur. - Citer et exploiter la relation définissant l'énergie potentielle de pesanteur. - Citer et exploiter la relation définissant l'énergie mécanique. - Exploiter la conservation de l'énergie mécanique. - Analyser les transferts énergétiques au cours du mouvement d'un point matériel. - Associer une variation d'énergie mécanique au travail des forces de frottement. - Exploiter des documents pour estimer l'énergie stockée dans un réservoir d'énergie mécanique ou la puissance moyenne disponible. Capacité expérimentale : - Réaliser et exploiter un enregistrement pour étudier l'évolution de l'énergie cinétique, de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique d'un système.

Notion du programme de mathématiques associée :

Produit scalaire (programme de première).

• Énergie chimique

En classe de première ont été abordées les énergies de liaisons et de changement d'état. En classe terminale, la transformation chimique est étudiée à pression constante, ce qui permet d'introduire la notion d'enthalpie. La liaison chimique, qu'elle soit intermoléculaire ou intramoléculaire, est ainsi vue comme un réservoir d'énergie permettant de stocker ou de restituer de l'énergie. L'estimation expérimentale du pouvoir calorifique est l'occasion de revenir sur les incertitudes et les sources d'erreur.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Diagramme d'état d'un corps pur.	- Prévoir l'état physique d'un corps pur à température et pression données à l'aide de son diagramme d'état.
Enthalpie de changement d'état.	- Définir une enthalpie de changement d'état.
Enthalpie standard de formation.	- Prévoir le signe d'une enthalpie de changement d'état lors du passage d'un état physique à un autre.
Enthalpie standard de réaction.	- Définir une enthalpie standard de formation.
	- Calculer une enthalpie standard de réaction à partir de données tabulées en utilisant la loi de Hess.
	- Identifier le caractère exothermique, endothermique ou athermique d'une réaction.
Capacité thermique.	- Citer et exploiter la relation entre variation d'enthalpie, capacité thermique et variation de température pour une phase condensée.
Pouvoir calorifique.	- Définir et utiliser le pouvoir calorifique pour comparer différents combustibles.
	Capacité expérimentale :
	- Mettre en œuvre une expérience pour estimer le pouvoir calorifique d'un combustible.

• Énergie électrique

Cette partie du programme réinvestit les notions d'électricité abordées en classe de seconde. Elle est centrée sur l'utilisation de dipôles électrocinétiques permettant de modéliser le comportement de systèmes électriques simples. L'étude des circuits électriques, en particulier lors de l'approche expérimentale, est l'occasion de sensibiliser les élèves aux risques et au respect des règles de sécurité.

L'approche énergétique permet d'ouvrir les champs d'application et de tisser des liens avec d'autres domaines de la physique-chimie, l'électricité intervenant de manière quasi-systématique dans les chaînes énergétiques. Il est attendu de l'élève qu'il soit capable d'analyser le fonctionnement d'un circuit électrique simple en termes d'échanges énergétiques, de caractériser et de mesurer le rendement de convertisseurs en limitant l'étude aux dispositifs fonctionnant en courant continu.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Loi des nœuds, loi des mailles.	- Citer et exploiter la loi des nœuds et la loi des mailles dans le cas d'un circuit simple.
Loi d'Ohm.	- Citer et exploiter la loi d'Ohm.
	- Citer et exploiter l'expression de la puissance électrique fournie par un générateur et reçue par un récepteur.
Puissance et énergie	- Citer et exploiter la relation entre puissance et énergie.

électrique. Effet Joule.	- Analyser les échanges d'énergie dans un circuit électrique simple. - Interpréter l'effet Joule comme une conversion d'énergie électrique en énergie thermique, en citer des applications. Capacités expérimentales : - Réaliser un circuit électrique d'après un schéma donné. - Mesurer une tension électrique et une intensité électrique dans un circuit. - Évaluer expérimentalement le rendement d'un moteur électrique à courant continu.
Générateurs d'énergie électrique. Source idéale. Quantité d'électricité.	- Définir une source idéale de tension. - Citer et exploiter la relation entre quantité d'électricité, durée de fonctionnement et intensité. - Déterminer l'énergie disponible dans une pile ou un accumulateur en fonction de la tension à vide et de la quantité d'électricité. - Estimer la durée de fonctionnement d'une pile ou d'un accumulateur en fonction des caractéristiques du récepteur. - Exploiter une documentation pour extraire les caractéristiques utiles d'une pile, d'un panneau photovoltaïque, d'un accumulateur ou d'une pile à combustible. Capacités expérimentales : - Concevoir et réaliser un protocole expérimental pour déterminer la caractéristique intensité-tension d'un panneau photovoltaïque et la comparer à celle d'une source idéale. - Effectuer le bilan énergétique d'un panneau photovoltaïque.

• Énergie et ondes

Le programme de première introduit les différentes gammes d'ondes électromagnétiques (des rayonnements gamma aux ondes radio) et les classe sur le plan énergétique. En classe terminale, les grandeurs flux et éclairement énergétiques sont définies de manière à effectuer des bilans énergétiques et à estimer l'énergie électromagnétique reçue par un système. L'énergie reçue par une cellule photovoltaïque et l'énergie déposée par un laser permettent d'illustrer ces notions.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Puissance. Flux énergétique. Éclairement énergétique.	- Citer et exploiter la relation entre le flux énergétique (en W) et l'éclairement énergétique (en $W \cdot m^{-2}$). - Estimer le rendement d'un panneau photovoltaïque à partir de données expérimentales fournies et identifier les facteurs limitants. Capacité expérimentale : - Mettre en œuvre un protocole expérimental pour réaliser le bilan énergétique et mesurer le rendement d'un panneau photovoltaïque.

Rayonnement laser.	- Établir et exploiter la relation entre l'énergie reçue par un système, le flux énergétique et la durée d'exposition. - Citer les principales propriétés d'un faisceau laser (directivité, monochromaticité, concentration d'énergie).
Protection contre les risques du rayonnement laser.	- Citer les consignes de sécurité et exploiter une norme pour déterminer la durée maximale d'exposition. - Extraire d'une documentation les principales caractéristiques d'un laser et les relier à son utilisation.

Programme de mathématiques

Intentions majeures

En étroite articulation avec le programme de l'enseignement commun qu'il permet à la fois de compléter et d'approfondir, le programme de l'enseignement de spécialité de physique-chimie et mathématiques vise deux objectifs :

- permettre l'acquisition de connaissances et le développement de compétences mathématiques immédiatement utiles pour la physique, la chimie et les biotechnologies (intégration, fonction exponentielle de base e) ;
- développer des capacités d'abstraction, de raisonnement et d'analyse critique dont le rôle est essentiel dans la réussite d'études supérieures.

Plusieurs concepts et outils mathématiques, déjà abordés en classe de première, sont utilement consolidés et réinvestis dans le cadre d'activités conjointes menées avec le professeur de physique-chimie.

La progression retenue pour la partie « Mathématiques » du programme doit tenir compte à la fois de l'avancement de l'enseignement commun de mathématiques et de l'utilisation des notions mathématiques dans l'enseignement de physique-chimie.

Analyse

• Intégration

Contenus

- Définition de l'intégrale entre a et b ($a < b$) d'une fonction f positive sur $[a;b]$ comme aire sous la courbe ; notation $\int_a^b f(x)dx$.
- Approximation d'une intégrale par la méthode des rectangles. Mise en relation des écritures $\sum_{i=1}^n f(x_i)\Delta x_i$ et $\int_a^b f(x)dx$.
- Définition de l'intégrale d'une fonction négative sur $[a;b]$; extension aux fonctions ne gardant pas un signe constant.
- Définition de $\int_a^b f(x)dx$ lorsque $a > b$.
- Propriétés de l'intégrale : linéarité, positivité, croissance, relation de Chasles.
- Valeur moyenne d'une fonction.
- Intégrale dépendant de sa borne supérieure : $F(x) = \int_a^x f(t)dt$; dérivée.
- $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$ où F est une primitive de f .

Capacités attendues

- Calculer l'intégrale d'une fonction sur un intervalle $[a;b]$.
- Calculer la valeur moyenne d'une fonction sur un intervalle $[a;b]$.
- Calculer une aire sous une courbe ou entre deux courbes.

Commentaires

- L'existence de l'intégrale est admise pour toutes les fonctions considérées.
- La formule de l'aire d'un rectangle (respectivement d'un trapèze) est utilisée pour calculer l'intégrale entre a et b d'une fonction constante (respectivement d'une fonction affine).
- La propriété de croissance de l'intégrale et la relation de Chasles sont mises en relation avec les propriétés des aires dans le cas de fonctions positives et admises dans le cas général.

- Un logiciel de géométrie dynamique permet de visualiser la méthode des rectangles et d'appréhender la fonction $x \mapsto F_a(x) = \int_a^x f(t)dt$.
- Dans une intégrale $\int_a^x f(t)dt$ on distingue le statut du paramètre a , de la variable x et de la variable muette t .
- La valeur moyenne d'une fonction positive sur un intervalle $[a;b]$ s'interprète comme l'une des dimensions d'un rectangle dont l'aire est égale à l'intégrale $\int_a^b f(x)dx$ et dont l'autre vaut $b - a$.
- Dans le cas d'une fonction f positive et croissante, la valeur de la dérivée en x_0 de la fonction $x \mapsto F_a(x) = \int_a^x f(t)dt$ est obtenue en encadrant le taux de variation de F_a entre x_0 et $x_0 + \Delta x$ par $f(x_0)$ et $f(x_0 + \Delta x)$.

Situations algorithmiques et numériques

- Calculer une valeur approchée d'une intégrale par la méthode des rectangles.
- Estimer une aire par la méthode de Monte-Carlo.

• La fonction exponentielle de base e

Contenus

- Nombre e et fonction $x \mapsto e^x$.
- Dérivée de la fonction $x \mapsto e^x$.
- Dérivée de la fonction $x \mapsto e^{kx}$ pour k réel.
- Courbe représentative.
- Limites en $-\infty$ et en $+\infty$.
- Croissance comparée en $+\infty$: $\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{e^x}{x^n}$; $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^n e^{-x}$ pour n entier naturel non nul.

Capacités attendues

- Utiliser les propriétés algébriques de l'exponentielle pour transformer des expressions.
- Étudier les variations de fonctions somme, produit ou quotient de fonctions exponentielles (du type $x \mapsto e^{kx}$ pour k réel) et de fonctions polynômes.
- Déterminer les limites en $-\infty$ et en $+\infty$ de fonctions somme, produit ou quotient de fonctions exponentielles et de fonctions polynômes.

Commentaires

- L'introduction de la fonction exponentielle fait suite au travail sur les fonctions $x \mapsto a^x$ (pour $a > 0$) de l'enseignement commun. Le nombre e est introduit en recherchant, à l'aide d'un logiciel de géométrie dynamique, une valeur du paramètre a pour laquelle la fonction $x \mapsto a^x$ a une tangente en 0 de pente égale à 1 . L'existence et l'unicité de cette valeur, notée e (appelée nombre d'Euler), sont admises.
- Une approche expérimentale permet de percevoir les résultats sur les limites. Dans les exercices, on étend naturellement et sans formalisme les résultats du cours à des fonctions du type $x \mapsto \frac{e^{kx}}{x^n}$ ou $x \mapsto x^n e^{-kx}$ pour des valeurs numériques strictement positives du réel k et de l'entier n .
- L'égalité $\frac{e^{x_0+\Delta x} - e^{x_0}}{\Delta x} = e^{x_0} \times \frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x}$ permet de justifier la dérivée de $x \mapsto e^x$ en x_0 .
- La dérivée de $x \mapsto e^{kx}$ est obtenue par application du résultat sur la dérivation de $x \mapsto f(ax+b)$, au programme de la classe de première STL.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Désintégration radioactive.
- Régime permanent d'un système en lien avec la limite de la fonction exponentielle.
- Cinétique d'une réaction chimique d'ordre 1.

Situations algorithmiques et numériques

- Recherche d'une valeur approchée de e par balayage ou dichotomie sur les valeurs de a , le nombre dérivé en 0 de la fonction $x \mapsto a^x$ étant approché par le taux de variation pour un accroissement Δx arbitrairement fixé.

• La fonction logarithme népérien
Contenus

- Définition du logarithme népérien de a pour $a > 0$ comme unique solution de l'équation $e^x = a$; notation $\ln$.
- Sens de variation.
- Propriétés algébriques : $\ln(ab) = \ln a + \ln b$, $\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln a - \ln b$, $\ln(a^n) = n \ln a$, $\ln(\sqrt[n]{a}) = \frac{1}{n} \ln(a)$, $\ln(a^x) = x \ln a$ pour n entier, x réel, a et b réels strictement positifs.
- Lien avec le logarithme décimal.
- Courbe représentative.
- Limites en 0 et en $+\infty$.

Capacités attendues

- Utiliser les propriétés algébriques de la fonction logarithme népérien pour transformer des expressions.
- Résoudre des équations et des inéquations d'inconnue x du type : $e^{ax} = b$; $e^{ax} > b$; $\ln(x) = b$; $\ln(x) > b$.
- Étudier des fonctions somme, produit ou quotient de fonctions polynômes et de la fonction $x \mapsto \ln(x)$.

Commentaires

- Pour la définition du logarithme népérien de a , l'existence et l'unicité de la solution de l'équation $e^x = a$ pour $a > 0$ sont admises.
- La croissance de la fonction logarithme népérien peut être obtenue à partir de la définition du logarithme népérien et de la croissance de la fonction exponentielle.
- Le travail sur la fonction logarithme népérien est pensé en lien avec celui sur la fonction logarithme décimal de l'enseignement commun afin d'assurer la cohérence didactique.
- L'égalité $\ln(a^x) = x \ln a$ pour x non entier est admise. Elle peut être démontrée pour x entier.
- L'expression de la dérivée de la fonction $x \mapsto \ln(x)$ peut être admise dans un premier temps, puis justifiée en appliquant le théorème de dérivation d'une fonction composée à la fonction $x \mapsto e^{\ln(x)}$ et en exploitant l'identité : $e^{\ln(x)} = x$.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Calcul de la demi-vie d'un élément radioactif.
- Temps de demi-réaction d'une réaction chimique dont la cinétique est d'ordre 1.
- Ondes sonores, pH et relation de Nernst en lien avec le logarithme décimal vu dans l'enseignement commun.

• Équations différentielles

Contenus

- Notion d'équation différentielle ; notion de solution.
- Équations différentielles du type $y' = ay$; $y' = ay + b$.

Capacités attendues

- Vérifier qu'une fonction donnée est solution d'une équation différentielle.
- Déterminer l'ensemble des solutions d'une équation différentielle du type $y' = ay + b$.
- Déterminer la solution d'une équation différentielle du type $y' = ay + b$ vérifiant une condition initiale $y(x_0)$ donnée.

Commentaires

- Pour faciliter la compréhension de la notion d'équation différentielle, des exemples ne relevant pas uniquement du cadre linéaire à coefficients constants ou du premier ordre sont présentés. Par exemple : $2y - xy' = 0$, $y' + y^2 = 0$, $y'' + \omega^2 y = 0 \dots$
- Dans le cas de l'équation homogène $y' = ay$, il est possible de démontrer que la somme de deux solutions et le produit d'une solution par une constante sont encore solutions.
- L'unicité de la solution d'une équation différentielle vérifiant une condition initiale donnée est admise.
- Les notations de la dérivée, y' et $\frac{dy}{dx}$, sont toutes deux utilisées. La première privilégie l'aspect fonctionnel, la seconde, particulièrement adaptée aux sciences physiques, met en évidence le nom de la variable et exprime un rapport de variations infinitésimales entre deux grandeurs.

Liens avec l'enseignement de physique-chimie

- Chute verticale avec un frottement fluide proportionnel à la vitesse : régime permanent, temps caractéristique. Le temps caractéristique correspond à l'abscisse du point d'intersection de la tangente en 0 à la courbe représentative de la fonction vitesse avec l'asymptote horizontale à cette courbe ; on peut démontrer qu'il s'agit de l'instant où la vitesse atteint 63% environ de la vitesse limite.
- Loi de décroissance radioactive: l'égalité symbolique $dN = -\lambda N dt$ est à travailler conjointement avec le professeur de physique-chimie. Cette égalité traduit la proportionnalité du taux d'évolution du nombre de noyaux entre deux instants infiniment voisins t et $t + \Delta t$ avec le nombre de noyaux à l'instant t : $\frac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N$ soit $\Delta N = -\lambda N \Delta t$. Par passage à la limite, on obtient : $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ ou encore, en écriture différentielle : $dN = -\lambda N dt$.

Situations algorithmiques et numériques

- Méthode d'Euler pour approcher la courbe représentative de la fonction exponentielle, solution de l'équation différentielle : $y' = y$ avec la condition initiale $y(0) = 1$.

• La composition de fonctions

Contenus

- Définition de la composée de deux fonctions ; notation $v \circ u$.
- Dérivée de la composée de deux fonctions : $(v \circ u)' = u' \times (v' \circ u)$.
- Expression d'une primitive de $u'f(u)$ en fonction d'une primitive de f et de la fonction u .

Capacités attendues

- Identifier la composée de deux fonctions dans une expression simple.
- Calculer la dérivée des fonctions composées usuelles :
 - $x \mapsto (u(x))^n$ pour n entier relatif ;
 - $x \mapsto \cos(u(x))$ et $x \mapsto \sin(u(x))$;
 - $x \mapsto e^{u(x)}$ et $x \mapsto \ln(u(x))$.
- Calculer des primitives de fonctions de la forme :
 - $x \mapsto f(ax + b)$ connaissant une primitive de f ;
 - $u' u^n$ pour n entier relatif ; cas particulier de $\frac{u'}{u}$;
 - $u' e^u$; $u' \cos u$; $u' \sin u$.

Commentaires

- La compréhension de la formule générale de dérivation d'une fonction composée peut s'appuyer sur l'écriture du taux de variation $\frac{v(u(x)) - v(u(x_0))}{x - x_0} = \frac{v(u(x)) - v(u(x_0))}{u(x) - u(x_0)} \times \frac{u(x) - u(x_0)}{x - x_0}$ sous la forme $\left(\frac{\Delta(v \circ u)}{\Delta x}\right)_{x_0} = \left(\frac{\Delta v}{\Delta u}\right)_{u(x_0)} \times \left(\frac{\Delta u}{\Delta x}\right)_{x_0}$ (avec un abus d'écriture dans le second membre de cette dernière l'égalité).
- La formule générale $(v \circ u)' = u' \times (v' \circ u)$ permet d'unifier, en fin d'apprentissage, les résultats relatifs aux dérivées des fonctions composées usuelles.
- La formule de la dérivée du quotient, admise en classe de première, peut être ici démontrée en écrivant : $\frac{u}{v} = u \times \frac{1}{v}$.