

# Sciences physiques et chimiques en laboratoire

Classe de première, voie technologique, série  
STL, enseignement de spécialité

# Sommaire

|   |          |
|---|----------|
| <b>Introduction générale</b>  | <b>3</b> |
| ■ <i>Objectifs de formation</i>   | 3        |
| ■ <i>Organisation des programmes</i>  | 3        |
| ■ <i>Les compétences de la démarche scientifique</i>  | 4        |
| ■ <i>Repères pour l'enseignement</i>  | 4        |
| ■ <i>Mesure et incertitudes</i>   | 5        |
| <b>Contenus disciplinaires</b>  | <b>7</b> |
| ■ <i>Chimie et développement durable</i>  | 7        |
| ■ <i>Image</i>  | 10       |
| ■ <i>Instrumentation</i>  | 14       |
| ■ <i>Ouverture vers le monde de la recherche ou de l'industrie et initiation à la démarche de projet.</i> | 17       |

# 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 des programmes

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 des programmes, 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   |
|-----------------------------------|--|
| <b>S'approprier</b>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Énoncer une problématique</li> <li>– Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée</li> <li>– Représenter la situation par un schéma</li> </ul>   |
| <b>Analyser/<br/>Raisonnement</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formuler des hypothèses</li> <li>– Proposer une stratégie de résolution</li> <li>– Planifier des tâches</li> <li>– Évaluer des ordres de grandeur</li> <li>– Choisir un modèle ou des lois pertinentes</li> <li>– Choisir, élaborer, justifier un protocole</li> <li>– Faire des prévisions à l'aide d'un modèle</li> <li>– Procéder à des analogies</li> </ul> |
| <b>Réaliser</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mettre en œuvre les étapes d'une démarche</li> <li>– Utiliser un modèle</li> <li>– Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données etc.)</li> <li>– Mettre en œuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité</li> </ul>  |
| <b>Valider</b>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance</li> <li>– Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence</li> </ul>  |

|                    |  |
|--------------------|--|
|                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Confronter un modèle à des résultats expérimentaux</li> <li>– Proposer d'éventuelles améliorations de la démarche ou du modèle</li> </ul>   |
| <b>Communiquer</b> | <p>À l'écrit comme à l'oral :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;</li> <li>– échanger entre pairs.</li> </ul> |

Le niveau de maîtrise de ces compétences dépend de l'autonomie et de l'initiative requises dans les activités proposées aux élèves sur les notions et capacités exigibles du programme. La mise en œuvre des programmes est aussi l'occasion de développer le travail d'équipe et d'aborder avec les élèves des 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.

## ■ 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.

| <b>Notions et contenu</b>  | <b>Capacités exigibles</b>   |
|--|--|
| Sources d'erreurs.<br><br>Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.<br><br>Justesse et fidélité.<br><br>Dispersion des mesures, incertitude-type sur une série de mesures.<br><br>Incertitude-type sur une mesure unique.<br><br>Expression du résultat.<br><br>Valeur de référence. | Identifier les principales sources d'erreurs lors d'une mesure.<br><br>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.<br><br>Procéder à une évaluation de type A d'une incertitude-type.<br><br>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.<br><br>Exprimer un résultat de mesure avec le nombre de chiffres significatifs adaptés et l'incertitude-type associée.<br><br>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.<br><br><b>Capacités numériques :</b><br>À l'aide d'un tableur ou d'un programme informatique : <ul style="list-style-type: none"><li>– traiter des données expérimentales,</li><li>– représenter les histogrammes associés à des séries de mesures.</li></ul> |

# Contenus disciplinaires

## ■ Chimie et développement durable

| Sécurité et environnement  |  |
|--|--|
| <p>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.</p> <p>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 ».</p> |  |
| Notions et contenus  | Capacités exigibles  |
| <p>Règles de sécurité au laboratoire, équipement de protection individuel (EPI).</p> <p>Pictogrammes de sécurité, phrases H (<i>hazardous</i>) &amp; P (<i>precaution</i>).</p> <p>Fiches de données de sécurité (FDS).</p> <p>Règlement CLP (<i>classification, labelling and packaging</i>), stockage.</p>   | <ul style="list-style-type: none"><li>– Connaître et appliquer les principales règles de sécurité au laboratoire.</li><li>– Analyser et respecter les consignes de sécurité données dans un protocole à l'aide des pictogrammes de sécurité, des phrases H&amp;P et des fiches de données de sécurité.</li><li>– Relever sur une FDS fournie les données relatives à la toxicité des espèces chimiques.</li><li>– Exploiter une étiquette conforme au règlement CLP pour en tirer des informations sur les propriétés et le stockage d'une substance chimique.</li></ul> |
| <p>Recyclage des substances chimiques.</p> <p>Principes de la chimie verte, impact environnemental, économique et social.</p>  | <ul style="list-style-type: none"><li>– Identifier et justifier le mode d'élimination d'une espèce chimique en se référant aux données de sécurité.</li><li>– Appliquer les principes de la chimie verte pour choisir parmi différents procédés de synthèse ou d'analyse.</li></ul>  |

## 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   |
|---|---|
| <p>Synthèse d'un composé organique.</p> <p>Extraction, séparation et purification.</p> <p>Distillation simple et recristallisation.</p> <p>Contrôles de pureté, chromatographie sur couche mince (CCM).</p> <p>Rendement.</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>– Choisir le matériel adapté pour prélever les réactifs nécessaires à un protocole de synthèse donné.</li><li>– Justifier l'utilisation d'un montage à reflux et d'une ampoule de coulée.</li></ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Prélever les réactifs pour une synthèse.</li><li>▪ Réaliser un montage à reflux ; utiliser une ampoule de coulée.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>– Justifier le choix d'un solvant, pour extraire une espèce chimique d'un mélange réactionnel, à l'aide de données tabulées.</li><li>– Expliquer le principe d'une distillation simple.</li><li>– Expliquer le principe d'une recristallisation en justifiant le choix du solvant utilisé.</li></ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b> réaliser une distillation simple, une recristallisation, une filtration, une filtration sous vide, une extraction par solvant, un séchage.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Expliquer le principe de la chromatographie sur couche mince.</li><li>– Commenter la pureté d'un produit à l'aide d'une observation (CCM).</li></ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Effectuer une CCM et interpréter les chromatogrammes obtenus.</li><li>▪ Mesurer une température de fusion.</li></ul> <ul style="list-style-type: none"><li>– Déterminer le réactif limitant d'une synthèse pour calculer le rendement en produit purifié en utilisant éventuellement un tableau d'avancement.</li></ul> |
| <p>Réactions de synthèse.</p> <p>Sites électrophiles et nucléophiles.</p> <p>Hydrogène labile.</p> <p>Formalisme des flèches courbes pour représenter</p>   | <ul style="list-style-type: none"><li>– 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.</li><li>– Identifier les sites électrophiles et nucléophiles des différents réactifs pour une synthèse donnée.</li><li>– 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.</li><li>– Représenter par des mouvements de doublets d'électrons le</li></ul>   |

|  |  |
|--|--|
| un mouvement de doublet d'électrons.   | 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.                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Écrire l'équation d'une réaction d'hydrogénation.</li> <li>– Déterminer la formule des produits résultant de la déshydratation d'un alcool.</li> <li>– Interpréter un mécanisme réactionnel fourni pour la transformation d'un alcool et écrire l'équation de la réaction correspondante.</li> <li>– Repérer un catalyseur dans une transformation donnée.</li> </ul> |
| Réactivité des alcools (élimination, substitution, propriétés acido-basiques). | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Repérer un catalyseur dans une transformation donnée.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : réaliser une synthèse à partir d'un alcool.</p>   |

### 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.<br><br>Propriétés physiques d'espèces chimiques : températures de changement d'état, masse volumique.<br><br>Interaction rayonnement-matière.<br><br>Spectroscopies UV-visible, IR. | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Utiliser une banque de données pour exploiter les résultats d'une analyse qualitative d'ions.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : détecter la présence d'un ion, choisir un témoin pertinent pour effectuer une analyse qualitative.</p> <p><b>Capacité expérimentale</b> : évaluer la température d'un changement d'état et la masse volumique d'une espèce chimique.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Relier la structure moléculaire au type de rayonnement absorbé : UV, visible ou IR.</li> <li>– Relier la couleur perçue à la longueur d'onde du rayonnement absorbé.</li> <li>– Utiliser des banques de données pour identifier ou confirmer des structures à partir de spectres.</li> </ul> |
| Dosages par étalonnage spectrophotométrique.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Connaître et utiliser la loi de Beer-Lambert et ses limites.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale</b> : concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer la concentration d'une solution à l'aide d'une gamme d'étalonnage.</p> <p><b>Capacité numérique</b> : tracer et exploiter une courbe d'étalonnage à l'aide d'un tableur.</p>  |

|   |   |
|---|---|
| <p>Dosages directs par titrage (l'équation de la réaction support étant donnée et supposée totale).</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Définir l'équivalence lors d'un dosage.</li> <li>– Déterminer les concentrations des espèces présentes dans le milieu réactionnel au cours du dosage en utilisant éventuellement un tableau d'avancement.</li> <li>– Déterminer la valeur de la concentration d'une solution inconnue.</li> <li>– Déterminer le volume à l'équivalence en exploitant une courbe de dosage pH-métrique.</li> <li>– Estimer une valeur approchée de pKa par analyse d'une courbe de dosage pH-métrique.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estimer la valeur du volume à l'équivalence.</li> <li>▪ Réaliser un dosage par changement de couleur.</li> <li>▪ Réaliser un dosage pH-métrique.</li> <li>▪ Repérer une équivalence.</li> <li>▪ Exploiter les incertitudes-types, obtenues par une évaluation de type A, pour comparer un dosage pH-métrique et un dosage avec indicateur coloré.</li> </ul> <p><b>Capacités numériques :</b> tracer une courbe de dosage pH-métrique et déterminer le volume à l'équivalence à l'aide d'un logiciel.</p> |
|---|---|

## ■ 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



|   |  |
|---|--|
| Filtres.  | <p><b>Capacité expérimentale :</b> concevoir, mettre en œuvre un protocole pour expliquer la synthèse soustractive des couleurs.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Citer des procédés de production d'images faisant appel à la synthèse additive ou à la synthèse soustractive.</li> <li>– Prévoir l'effet d'un ou de plusieurs filtres sur une lumière blanche et une lumière colorée.</li> <li>– Interpréter et prévoir la couleur perçue d'un objet éclairé par un faisceau lumineux coloré.</li> </ul>   |
| <b>Images photographiques</b>   |  |
| <p>Chambre noire et sténopé.<br/>Modèle du rayon lumineux.</p> <p>Objet et image réels.</p> <p>Lentilles minces convergentes.<br/>Foyers, distance focale, focométrie.<br/>Relation de conjugaison.<br/>Grandissement.</p> <p>Notion d'image virtuelle.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Interpréter le principe d'un sténopé ou d'une chambre noire à l'aide du modèle du rayon lumineux.</li> <li>– Exploiter les notions de foyers, distance focale pour caractériser un système optique.</li> <li>– 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.</li> <li>– 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.</li> <li>– Décrire et expliquer la méthode d'autocollimation pour mesurer une distance focale.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réaliser des projections.</li> <li>▪ Déterminer expérimentalement la condition sur la position d'un objet par rapport au foyer objet d'une lentille convergente pour réaliser une projection.</li> <li>▪ 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.</li> <li>▪ Réaliser expérimentalement un faisceau lumineux cylindrique.</li> <li>▪ 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.</li> <li>▪ 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.</li> <li>▪ Comparer les deux méthodes de mesure.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Expliquer pourquoi une image d'un objet réel obtenue par une loupe n'est pas réelle.</li> </ul> <p><b>Capacité expérimentale :</b> Déterminer expérimentalement les conditions sur la position d'un objet par rapport à une lentille convergente pour avoir un effet loupe.</p> |



## ■ 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  |   |
|--|---|
| <p>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.).</p> |   |
| Notions et contenus  | Capacités exigibles   |
| <p>Instrument de mesure.</p> <p>Chaîne de mesure.</p> <p>Mesure par étalonnage.</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Choisir un instrument de mesure adapté en fonction de ses caractéristiques (résolution, temps de réponse, étendue de mesure) et du cahier des charges.</li> <li>– Exploiter une notice utilisateur pour retrouver les caractéristiques d'un instrument de mesure.</li> <li>– Dans le cas d'une chaîne de mesure, identifier les différents blocs (capteur, conditionneur, convertisseur analogique numérique, calculateur, afficheur) à partir d'une documentation.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Procéder à une évaluation de type A de l'incertitude-type lors de l'utilisation d'un instrument de mesure gradué ou jaugé.</li> <li>▪ Lors de l'utilisation d'un instrument à affichage numérique, procéder à la détermination d'une incertitude-type à partir de la documentation constructeur.</li> <li>▪ Estimer l'influence d'un changement de calibre sur l'incertitude-type et choisir le calibre adapté.</li> </ul> <p><b>Capacités expérimentales :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tracer et exploiter une courbe d'étalonnage.</li> <li>▪ Vérifier que le choix de la gamme d'étalonnage est adapté à la mesure réalisée.</li> </ul> |

## 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.

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.

**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.

Régulation de température.

**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 de 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.