Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

Annexe 2
Programmes des classes préparatoires aux Grandes Ecoles

Filière **: scientifique**

Voie **: Biologie, chimie, physique et sciences de la Terre (BCPST)**

Discipline **: Physique-chimie**

Première année

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Programme de Physique-Chimie en BCPST 1ère année

Les objectifs généraux de la formation en deux années

La filière BCPST constitue la première étape d'une formation d'ingénieurs et de vétérinaires, reposant sur la connaissance du monde du vivant, sur la compréhension des lois de la matière et sur l'interaction entre l'Homme et son environnement. Les domaines d'activités visés lors de l'insertion professionnelle à l'issue de la formation sont variés et les responsabilités touchent à des secteurs vitaux pour la société, tels que la santé animale, l'agriculture, l'agroalimentaire, l'eau, l'environnement, la prospection minière, l'aménagement du territoire.

L'enseignement de physique-chimie poursuit la construction de **compétences scientifiques,** cognitives et réflexives, déjà ébauchées au lycée. Les étudiants doivent maîtriser la démarche scientifique, être en mesure d'identifier un problème scientifique et de mobiliser les ressources pertinentes pour le résoudre, maîtriser la recherche d'informations et la conduite d'un raisonnement, analyser de manière critique la qualité d'une mesure et les limites d'une modélisation. Pendant cette formation, les étudiants doivent aussi acquérir des **compétences en autonomie et créativité** : autonomie de réflexion et de modélisation, prise d'initiative, recul critique sont propices au développement de l'esprit d'innovation. La formation en physique-chimie contribue aussi à l'acquisition de **compétences organisationnelles et sociales**, notamment lors du travail partagé au sein d'un groupe au cours des activités expérimentales ou documentaires. Et il participe à la consolidation des **compétences de communication**, écrite ou orale.

La formation en physique et chimie en première année

Le programme de physique-chimie de la classe de BCPST1 s'inscrit entre deux continuités : en amont avec les programmes rénovés du lycée, en aval avec les enseignements dispensés dans les grandes écoles, et plus généralement les poursuites d'études universitaires. Il est conçu pour amener progressivement tous les étudiants au niveau requis non seulement pour poursuivre avec succès un cursus de vétérinaire, d'ingénieur, de chercheur, d'enseignant, de scientifique, mais encore pour permettre de se former tout au long de la vie.

A travers l'enseignement de la physique et de la chimie, il s'agit de renforcer chez l'étudiant les compétences inhérentes à la pratique de la démarche scientifique et de ses grandes étapes : observer et mesurer, comprendre et modéliser, agir pour créer, pour produire, pour appliquer cette science aux réalisations humaines. Ces compétences ne sauraient être opérationnelles sans connaissances, ni savoir-faire ou capacités. C'est pourquoi ce programme définit un socle de connaissances et de capacités, conçu pour être accessible à tous les étudiants, en organisant de façon progressive leur introduction au cours de la première année. L'acquisition de ce socle par les étudiants constitue un objectif prioritaire pour le professeur.

Parce que la physique et la chimie sont avant tout des sciences expérimentales, parce que l'expérience intervient dans chacune des étapes de la démarche scientifique, parce qu'une démarche scientifique rigoureuse développe l'observation, l'investigation, la créativité et l'analyse critique, l'expérience est mise au cœur de l'enseignement de la discipline, en cours et lors des séances de travaux pratiques. Les activités expérimentales répondent à la nécessité de se confronter au réel, nécessité que l'ingénieur, le chercheur, le scientifique auront inévitablement à prendre en compte dans l'exercice de leur activité, notamment dans le domaine de la mesure.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Pour acquérir sa validité, l'expérience nécessite le support d'un modèle. La notion même de modèle est centrale pour la discipline. Par conséquent modéliser est une compétence essentielle développée en BCPST1. Pour apprendre à l'étudiant à modéliser de façon autonome, il convient de lui faire découvrir les différentes facettes de la physique et de la chimie, qui toutes peuvent le guider dans la compréhension des phénomènes. Ainsi le professeur doit rechercher un point d'équilibre entre des approches complémentaires : conceptuelle et expérimentale, abstraite et concrète, théorique et appliquée, inductive et déductive, qualitative et quantitative.

La construction d'un modèle passe par l'utilisation nécessaire des mathématiques, symboles et méthodes, dont le fondateur de la physique expérimentale, Galilée, énonçait déjà qu'elles étaient le langage dans lequel est écrit le monde. Si les mathématiques sont un outil puissant de modélisation, que l'étudiant doit maîtriser, elles sont parfois plus contraignantes lorsqu'il s'agit d'en extraire une solution. L'évolution des techniques permet désormais d'utiliser aussi l'approche numérique afin de faire porter prioritairement l'attention des étudiants sur l'interprétation et la discussion des résultats plutôt que sur une technique d'obtention. Cette approche permet en outre une modélisation plus fine du monde réel, par exemple par la prise en compte d'effets non linéaires. C'est aussi l'occasion pour l'étudiant d'exploiter les compétences acquises en informatique. C'est enfin l'opportunité de mener avec le professeur de mathématiques d'éventuelles démarches collaboratives.

Les liens de la physique et de la chimie avec les sciences de la vie et de la Terre doivent aussi être soulignés : les exemples choisis par le professeur pour illustrer les enseignements de physique et de chimie doivent être préférentiellement choisis en lien avec la biologie ou les sciences de la Terre. Là aussi c'est l'opportunité de mener d'éventuelles démarches collaboratives avec le professeur de sciences de la vie et de la Terre.

Enfin l'autonomie de l'étudiant et la prise d'initiative sont développées à travers la pratique d'activités du type « résolution de problèmes », qui visent à apprendre à mobiliser des savoirs et des savoir-faire pour répondre à un questionnement ou atteindre un but.

Le programme est organisé en trois composantes :

1. la première décrit les compétences que la pratique de la démarche scientifique permet de développer à travers certaines de ces composantes : la **méthodologie expérimentale**, les **approches documentaires** et la **résolution de problème**. Ces compétences et les capacités associées doivent être exercées et mises en œuvre dans des situations variées tout au long de la première année en s'appuyant sur les autres parties du programme ; elles continueront à l'être en seconde année ; leur acquisition feront donc l'objet d'un suivi dans la durée. Les compétences mentionnées dans cette partie tissent des liens transversaux entre les différentes rubriques du programme, contribuant ainsi à souligner l'idée d'une science constituée de domaines interdépendants.
2. la deuxième, intitulée « **formation expérimentale** », présente les méthodes et les capacités expérimentales que les élèves doivent maîtriser à la fin du cycle de formation. Leur mise en œuvre à travers les activités s'appuie sur les problématiques **identifiées en gras** dans la troisième partie et doit faire l'objet d'une programmation de la part du professeur.
3. la troisième concerne la « **formation disciplinaire** », elle décrit les connaissances et capacités que l'étudiant doit maîtriser pour l'essentiel à l'issue de chaque semestre. Elles sont organisées en deux colonnes : à chaque « notion ou contenu » de la première colonne correspond une ou plusieurs « capacités exigibles » de la seconde colonne. Cette dernière explicite ainsi le socle de capacités dont la maîtrise par tous les étudiants doit être la priorité absolue du professeur. L'évaluation vise à mesurer le degré de maîtrise du socle ainsi défini et le niveau d'autonomie et d'initiative des étudiants. Lors de la conception des

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

évaluations, on veillera soigneusement à identifier les capacités mobilisées afin d'en élargir le plus possible le spectre.
Pour faciliter la progressivité des acquisitions, au premier semestre on traite surtout de grandeurs physiques scalaires dépendant du temps et éventuellement d'une variable d'espace ; et on réserve l'introduction de grandeurs physiques vectorielles au deuxième semestre.
Certains items de cette troisième partie**, identifiés en caractères gras**, se prêtent particulièrement à une approche expérimentale. Ils doivent être abordés, au choix, à travers des expériences de cours exploitées de manière approfondie et collective, ou lors de séances de travaux pratiques où l'autonomie et l'initiative individuelle de l'étudiant sont davantage privilégiées. D'autres items sont signalés comme devant être abordés au moyen d'une approche documentaire.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Mise en œuvre de la démarche scientifique

1. Méthodologie expérimentale

La physique et la chimie sont des sciences à la fois théoriques et expérimentales. Ces deux composantes de la démarche scientifique s'enrichissant mutuellement, leur intrication est un élément essentiel de son enseignement.
Ce programme fait donc une large place à la méthodologie expérimentale, selon deux axes forts et complémentaires :

- Le premier a trait à la formation expérimentale à laquelle l'intégralité de la partie I est consacrée. Compte tenu du volume horaire dédié aux travaux pratiques, ceux-ci doivent permettre l'acquisition de compétences spécifiques décrites dans cette partie, de capacités dans le domaine de la mesure et des incertitudes et de savoir-faire techniques. Cette composante importante de la formation d'ingénieur ou de chercheur a vocation à être évaluée de manière appropriée dans l'esprit décrit dans cette partie.
- Le second concerne l'identification, tout au long du programme, dans la partie II (formation disciplinaire), de problématiques se prêtant particulièrement à une approche expérimentale. Ces items, **identifiés en gras**, doivent être abordés, au choix, à travers des expériences de cours exploitées de manière approfondie et collective, ou lors de séances de travaux pratiques où l'autonomie et l'initiative individuelle de l'étudiant sont davantage privilégiées.

Les expériences de cours et les séances de travaux pratiques, complémentaires, ne répondent donc pas tout à fait aux mêmes objectifs :

- Les expériences de cours doivent susciter un questionnement actif et collectif autour d'une expérience bien choisie permettant de faire évoluer la réflexion théorique et la modélisation, d'aboutir à des lois simplificatrices et unificatrices, de dégager des concepts transversaux entre différents domaines de la physique.
- Les séances de travaux pratiques doivent permettre, dans une approche contextualisée, suscitée par une problématique clairement identifiée, et chaque fois que cela est possible transversale, l'acquisition de savoir-faire techniques, de connaissances dans le domaine de la mesure et de l'évaluation de sa précision, d'autonomie dans la mise en œuvre de protocoles simples associés à la quantification des grandeurs physiques les plus souvent mesurées.

La liste de matériel jointe en annexe de ce programme précise le cadre technique dans lequel les étudiants doivent savoir évoluer en autonomie avec une information minimale. Son placement en annexe du programme, et non à l'intérieur de la partie dédiée à la formation expérimentale, est délibéré : il exclut l'organisation de séances de travaux pratiques dédiées à un appareil donné et centrées seulement sur l'acquisition des compétences techniques associées.

Compétences spécifiques mobilisées lors des activités expérimentales

Les activités expérimentales en CPGE mobilisent les compétences spécifiques qui figurent dans le tableau ci-dessous. Des capacités associées sont explicitées afin de préciser les contours de chaque compétence, elles ne constituent donc pas une liste exhaustive et peuvent parfois relever de plusieurs domaines de compétences.

Les compétences doivent être acquises à l'issue de la formation expérimentale en CPGE, le niveau d'exigence est naturellement à mettre en perspective avec celui des autres composantes du programme de la filière concernée. Elles nécessitent d'être régulièrement mobilisées par les élèves et sont évaluées en s'appuyant, par exemple, sur l'utilisation de grilles d'évaluation.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

L'ordre de présentation de celles-ci ne préjuge pas d'un ordre de mobilisation de ces compétences lors d'une séance ou d'une séquence. Certaines ne sont d'ailleurs pas propres à la seule méthodologie expérimentale, et s'inscrivent plus largement dans la démarche scientifique, voire toute activité de nature éducative et formatrice (communiquer, autonomie, travail en équipe, etc.).

Compétence	Exemples de capacités (liste non exhaustive)
S'approprier	- rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation expérimentale - énoncer une problématique d'approche expérimentale. - définir les objectifs correspondants.
Analyser	- formuler et échanger des hypothèses. - proposer une stratégie pour répondre à la problématique. - proposer un modèle associé. - choisir, concevoir ou justifier un protocole ou un dispositif expérimental. - évaluer l'ordre de grandeur d'un phénomène et de ses variations.
Réaliser	- mettre en œuvre un protocole. - utiliser (avec la notice) le matériel de manière adaptée, en autonomie pour celui de la liste « Grandeurs et instruments », avec aide pour tout autre matériel. - mettre en œuvre des règles de sécurité adéquates. - effectuer des représentations graphiques à partir de données expérimentales.
Valider	- exploiter des observations, des mesures en identifiant les sources d'erreurs et en estimant les incertitudes. - confronter un modèle à des résultats expérimentaux. - confirmer ou infirmer une hypothèse, une information. - analyser les résultats de manière critique. - proposer des améliorations de la démarche ou du modèle.

Communiquer	- à l'écrit comme à l'oral :
	  o présenter les étapes de son travail de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible ;
	  o utiliser un vocabulaire scientifique adapté ;
	  o s'appuyer sur des schémas, des graphes adaptés.
	- faire preuve d'écoute, confronter son point de vue.

Être autonome, faire preuve d'initiative	- travailler seul ou en équipe. - solliciter une aide de manière pertinente. - s'impliquer, prendre des décisions, anticiper.

Concernant la compétence « **Communiquer** », l'aptitude à rédiger un compte-rendu écrit constitue un objectif de la formation. Dans ce cadre, doivent être développer les capacités à définir la problématique du questionnement, à décrire les méthodes, en particulier expérimentales, utilisées pour y répondre, à présenter les résultats obtenus et l'exploitation, graphique ou numérique, qui en a été faite, et à analyser les réponses apportées au questionnement initial et leur qualité. Les activités expérimentales sont aussi l'occasion de travailler l'expression orale lors d'un point de situation ou d'une synthèse finale par exemple. Le but est de préparer les étudiants de CPGE à la présentation des travaux et projets qu'ils auront à conduire et à exposer au cours de leur formation en école d'ingénieur et, plus généralement, dans le cadre de leur métier de chercheur ou d'ingénieur

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

La compétence « **Être autonome, faire preuve d'initiative** » est par nature transversale et participe à la définition du niveau de maîtrise des autres compétences. Le recours à des activités s'appuyant sur les questions ouvertes est particulièrement adapté pour former les élèves à l'autonomie et l'initiative.

2. Résolution de problèmes

Dans l'acquisition de l'autonomie, la « résolution de problème » est une activité intermédiaire entre l'exercice cadré qui permet de s'exercer à de nouvelles méthodes, et la démarche par projet, pour laquelle le but à atteindre n'est pas explicite. Cette activité est adaptée tant à une évaluation écrite où l'étudiant progresse en complète autonomie qu'à une évaluation orale pouvant s'enrichir d'une interaction avec un examinateur qualifié.

Il s'agit pour l'étudiant de mobiliser ses connaissances, capacités et compétences afin d'aborder une situation dans laquelle il doit atteindre un but bien précis, mais pour laquelle le chemin à suivre n'est pas indiqué. Ce n'est donc pas un « problème ouvert » pour lequel on soumet une situation en demandant « Que se passe-t-il ? ». L'objectif à atteindre doit être clairement donné et le travail porte sur la démarche à suivre, l'obtention du résultat et son regard critique.
La résolution de problème permet de se confronter à des situations où plusieurs approches sont possibles, qu'il s'agisse de la méthode mise en œuvre ou du degré de précision recherché. Ces situations se prêtent bien à une résolution progressive pour laquelle un premier modèle permettra d'obtenir rapidement un résultat, qui sera ensuite discuté et amélioré. Cette résolution étagée doit permettre à tous les élèves d'aborder le problème selon leur rythme en s'appuyant sur les compétences qu'ils maîtrisent.

C'est sur la façon d'appréhender une question scientifique, sur le choix raisonné de la méthode de résolution et sur les moyens de vérification qu'est centrée la formation de l'élève lors de la démarche de résolution de problème. La résolution de problème mobilise les compétences qui figurent dans le tableau ci-dessous. Des capacités associées sont explicitées afin de préciser les contours de chaque compétence, elles ne constituent donc pas une liste exhaustive et peuvent parfois relever de plusieurs domaines de compétences.

S'approprier le problème	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs inconnues et non précisées. Relier le problème à une situation modèle connue (réaction chimique voisine …).
Etablir une stratégie de résolution (analyser)	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée. Expliciter la modélisation choisie (définition du système, …). Déterminer et énoncer les lois qui seront utilisées, le type de réaction mise en œuvre, …
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Communiquer par écrit ou par oral la solution trouvée afin d'expliquer le raisonnement et les résultats.
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider).	S'assurer que l'on a répondu à la question posée. Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus. Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre

	approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique, autre voie de synthèse…). Étudier des cas limites plus simples dont la solution est plus facilement vérifiable ou bien déjà connue.

Des possibilités d'articulation entre la résolution de problème et les autres types de compétences développées existent :
- en lien avec les incertitudes : évaluer ou déterminer la précision de la solution proposée, notamment lorsqu'il s'agit d'une solution approchée sans la surestimer ni la sous estimer ; déterminer ce qu'il faudrait faire pour améliorer la précision d'un résultat.
- en lien avec l'analyse de documents : analyser de manière critique un texte dont l'objet est scientifique ou technique, en mobilisant ses connaissances, notamment sur les valeurs quantitatives annoncées ; vérifier la cohérence des chiffres proposés en développant un modèle simple ; vérifier à l'aide d'un document technique, d'une photographie … le résultat d'une modélisation.
- en lien avec la démarche expérimentale : l'approche « résolution de problème » peut se prêter à des activités expérimentales pour lesquelles une tâche précise sera demandée sans que la méthode ne soit donnée. Par exemple : mesurer une quantité physique donnée, comparer deux grandeurs, mettre en évidence un phénomène … ; la vérification d'une modélisation peut être effectuée en réalisant l'expérience (en prédisant quantitativement l'issue d'une expérience, puis en effectuant les mesures pour vérifier les valeurs prédites).
- en lien avec les compétences de communication écrite et de communication orale : adapter le niveau de sa prestation à ses capacités personnelles ; utiliser le support graphique et numérique comme soutien de son argumentation ; rédiger de manière concise et directe une solution qui a souvent été trouvée par un long cheminement ; développer avec conviction une argumentation claire et progressive ; interagir avec un interlocuteur qualifié et faire preuve de réactivité.

3. Approches documentaires

Dans un monde où le volume d'informations disponibles rend en pratique difficile l'accès raisonné à la connaissance, il importe de continuer le travail commencé au collège et au lycée sur la recherche, l'extraction et l'organisation de l'information afin de permettre l'accès à la connaissance en toute autonomie avec la prise de conscience de l'existence d'un continuum de niveaux de compétence sur un domaine donné, de la méconnaissance (et donc la découverte) à la maîtrise totale.
Le programme de physique-chimie prévoit qu'un certain nombre de rubriques, identifiées dans la colonne « capacités exigibles » relèvent d'une « **approche documentaire** ». L'objectif est double ; il s'agit :
- dans la perspective d'une formation tout au long de la vie, d'habituer les étudiants à se cultiver différemment en utilisant des documents au support varié (texte, vidéo, photo...), démarche dans laquelle ils sont acteurs de leur formation ;
- d'acquérir des éléments de culture (grandes idées, étapes d'une démarche scientifique, raisonnements, ordres de grandeurs) dans les domaines de la physique et de la chimie du XXème et XXIème siècle et de leurs applications.

Ces approches documentaires sont aussi l'occasion d'apporter des éléments de compréhension de la construction du "savoir scientifique" : histoire des sciences, débats d'idées, avancée de la recherche sur des sujets contemporains, contribution des sciences à des questions sociétales ou au développement industriel… Elles doivent permettent de développer des compétences d'analyse et de synthèse. Elles reposent sur l'utilisation d'articles de revues scientifiques spécialisées ou de vulgarisation, de documents extraits de sites institutionnels ou reconnus par la communauté scientifique, d'ouvrages scientifiques de référence, ou encoure sur une vidéo, une photo ou un

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013

document produit par le professeur. Elle sensibilise également les étudiants à la diversité des supports de l'information, et au crédit que l'on peut accorder à une information.
Quelle que soit la façon d'aborder ces approches documentaires, le rôle du professeur est de travailler à un niveau adapté à sa classe et d'assurer une synthèse de ce qu'il convient de retenir. Elles doivent être en cohérence avec le socle du programme. Elles peuvent être l'occasion d'acquérir de nouvelles connaissances ou d'approcher de nouveaux modèles mais il faut proscrire toute dérive en particulier calculatoire.

4. Usage de la liberté pédagogique

Le programme indique les objectifs de formation à atteindre pour tous les étudiants. Il ne représente en aucun cas une progression imposée pour chaque semestre. Comme le rappellent les programmes du lycée, la liberté pédagogique de l'enseignant est le pendant de la liberté scientifique du chercheur.
Dans le cadre de cette liberté pédagogique, le professeur organise son enseignement en respectant deux grands principes directeurs :

1. pédagogue, il doit privilégier la mise en activité des étudiants en évitant le dogmatisme : l'acquisition des connaissances et des capacités sera d'autant plus efficace que les étudiants seront acteurs de leur formation. Les supports pédagogiques utilisés doivent notamment aider à la réflexion, la participation et l'autonomie des élèves. La formation expérimentale, l'approche documentaire, la résolution de problèmes favorisent cette mise en activité.
2. didacticien, il doit savoir recourir à la mise en contexte des connaissances et des capacités : le questionnement scientifique peut être introduit à partir de phénomènes naturels, de procédés ou d'objets technologiques. Lorsque le thème traité s'y prête, le professeur peut le mettre en perspective avec l'histoire des sciences et des techniques, des questions d'actualité ou des débats d'idées. L'enseignant peut ainsi avoir intérêt à mettre son enseignement « en culture » si cela rend sa démarche plus naturelle et motivante auprès des élèves.

Partie I : Formation expérimentale

Cette partie, spécifiquement dédiée à la méthodologie expérimentale lors des séances de travaux pratiques, vient compléter la liste des thèmes d'étude – en gras dans le reste du programme – à partir desquels la problématique d'une séance peut être définie.

Le **bloc A** précise les connaissances et savoir-faire qui doivent être acquis dans le domaine de la mesure et de l'évaluation des incertitudes, dans la continuité de la nouvelle épreuve d'Évaluation des Compétences Expérimentales (ECE) de Terminale S, avec cependant un niveau d'exigence plus élevé qui correspond à celui des deux premières années d'enseignement supérieur.

Le **bloc B** présente de façon détaillée l'ensemble des capacités expérimentales qui doivent être acquises et pratiquées en autonomie par les étudiants à l'issue de leur première année de CPGE.

Une liste de matériel, que les étudiants doivent savoir utiliser avec l'aide d'une notice succincte, figure en outre en annexe du présent programme.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

A. Mesures et incertitudes

Pour pratiquer une démarche expérimentale autonome et raisonnée, les étudiants doivent posséder de solides connaissances et savoir-faire dans le domaine des mesures et des incertitudes : celles-ci interviennent aussi bien en amont au moment de l'analyse du protocole, du choix des instruments de mesure…, qu'en aval lors de la validation et de l'analyse critique des résultats obtenus.

Les étudiants doivent avoir conscience de la variabilité des résultats obtenus lors d'un processus de mesure, en connaître les origines, et comprendre et s'approprier ainsi les objectifs visés par l'évaluation des incertitudes. Les compétences acquises pourront être réinvesties dans le cadre des travaux d'initiative personnelle encadrés.

Les notions explicitées ci-dessous sur le thème « mesures et incertitudes » s'inscrivent dans la continuité de celles abordées dans les programmes du cycle terminal des filières scientifiques du lycée général et technologique. Les objectifs sont identiques, certains aspects sont approfondis : utilisation du vocabulaire de base de la métrologie, connaissance de la loi des incertitudes composées, … ; une première approche sur la validation d'une loi physique est proposée. Les compétences identifiées sont abordées dès la première année et doivent être maitrisées à l'issue des deux années de formation. Les activités expérimentales permettent de les introduire et de les acquérir de manière progressive et authentique. Elles doivent régulièrement faire l'objet d'un apprentissage intégré et d'une évaluation.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Erreur ; composante aléatoire et composante systématique de l'erreur.	Utiliser le vocabulaire de base de la métrologie : mesurage, valeur vraie, grandeur d'influence, erreur aléatoire, erreur systématique. Identifier les sources d'erreurs lors d'une mesure.
Notion d'incertitude, incertitude-type. Évaluation d'une incertitude-type. Incertitude-type composée.	Savoir que l'incertitude est un paramètre associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent être raisonnablement attribuées à la grandeur mesurée. Procéder à l'évaluation de type A de l'incertitude-type (incertitude de répétabilité). Procéder à l'évaluation de type B de l'incertitude-type dans des cas simples (instruments gradués) ou à l'aide de données fournies par le constructeur. Évaluer l'incertitude-type d'une mesure obtenue à l'issue de la mise en œuvre d'un protocole présentant plusieurs sources d'erreurs indépendantes dans les cas simples d'une expression de la valeur mesurée sous la forme d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient ou bien à l'aide d'une formule fournie ou d'un logiciel.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Incertitude élargie.	Comparer les incertitudes associées à chaque source d'erreurs. Associer un niveau de confiance de 95 % à une incertitude élargie.
Présentation d'un résultat expérimental.	Exprimer le résultat d'une mesure par une valeur et une incertitude associée à un niveau de confiance. Présenter une valeur à l'aide de la notation scientifique adaptée à la précision des mesures et/ou des données.
Vérification d'une loi physique ou validation d'un modèle ; ajustement de données expérimentales à l'aide d'une fonction de référence modélisant le phénomène.	Utiliser un logiciel de régression linéaire. Expliquer en quoi le coefficient de corrélation n'est pas un outil adapté pour juger de la validité d'un modèle linéaire. Juger qualitativement si des données expérimentales avec incertitudes sont en accord avec un modèle linéaire. Extraire à l'aide d'un logiciel les incertitudes sur la pente et sur l'ordonnée à l'origine dans le cas de données en accord avec un modèle linéaire.

B. Méthodes expérimentales

Cette partie présente l'ensemble des méthodes expérimentales que les étudiants doivent acquérir au cours des deux années durant les séances de travaux pratiques. Les capacités sont acquises plus particulièrement en liaison avec un thème du programme, ce qui ne constitue pas une incitation à limiter une activité expérimentale à un seul thème.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Nature et méthodes	Capacités exigibles
1. Mesure de longueur	Mettre en œuvre une mesure de longueur sur un banc d'optique.
2. Mesure d'un signal électrique Mesure directe d'une tension au voltmètre numérique ou à l'oscilloscope. Mesure d'une intensité : - mesure directe à l'ampèremètre numérique ; - mesure indirecte à l'oscilloscope aux bornes d'une résistance adaptée. Mesure d'une résistance : - mesure directe à l'ohmmètre ; - mesure indirecte au voltmètre sur un diviseur de tension.	Capacités communes à l'ensemble des mesures électriques : Distinguer les modes AC et DC. Définir la nature de la mesure effectuée (valeur efficace, valeur moyenne, amplitude, valeur crête à crête...). Choisir un calibre adapté en lien avec le nombre de chiffres affichés (nombre de points de mesure). Être informé des problèmes de masse.
3. Visualisation d'une image optique Formation d'une image.	Éclairer un objet de manière adaptée. Reconnaître la nature convergente ou divergente d'une lentille. Choisir une ou plusieurs lentilles en fonction des contraintes expérimentales et choisir leur focale de façon raisonnée. Optimiser la qualité d'une image (alignement ...). Mesurer la distance focale d'une lentille convergente. Produire un faisceau de lumière parallèle en utilisant l'autocollimation.
4. Mesure en thermodynamique Mesure d'une température. Effectuer des bilans d'énergie.	Mettre en œuvre un capteur de température. Mettre en œuvre une technique de calorimétrie.
5. Prévention du risque chimique Règles de sécurité au laboratoire. Pictogrammes des produits chimiques. Phrases H et P.	Respecter les règles de sécurité. Relever les indications sur le risque associé à la manipulation des produits chimiques et à sa prévention.
6. Impact environnemental Traitement et rejet des déchets chimiques.	Éliminer les composés chimiques de façon adaptée. Choisir, parmi plusieurs modes opératoires, celui qui minimise les impacts environnementaux.
7. Méthodes de titrage et mesures cinétiques Réalisation d'un titrage volumétrique direct ou	Effectuer un titrage. Choisir l'indicateur coloré adapté.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013

http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

indirect à l'aide d'indicateur coloré de fin de titrage. Tracé et exploitation d'une courbe de titrage acido-basique. Détermination d'une constante thermodynamique . Spectrophotométrie. Suivi cinétique d'une réaction chimique par prélèvement ou in situ.	Déterminer la quantité de matière du réactif titré. Utiliser le conductimètre. Étalonner et utiliser le pH-mètre. Déterminer un pK_a. Choisir la longueur d'onde et la gamme d'absorbance adaptées. Réaliser une courbe d'étalonnage et l'exploiter. Relier la grandeur mesurée à une modélisation cinétique afin de la valider et d'en extraire les constantes caractéristiques. Utiliser un bain thermostaté.
8. Synthèse et analyse Synthèse d'un produit organique : - utiliser un montage à reflux. Extraction d'un produit du milieu réactionnel : - extraire par lavage et décantation. - filtrer sous vide. - évaporer sous vide. - séparer par entrainement à la vapeur. Purification d'un produit : - distiller sous pression atmosphérique ; - recristalliser. Identification et vérification de la pureté : - prendre un point de fusion ; - mesurer un pouvoir rotatoire ; - réaliser une chromatographie sur couche mince ; - analyser des spectres RMN et IR fournis.	Réaliser en autonomie un montage de synthèse organique. Proposer et mettre en oeuvre la technique appropriée à la nature du produit à extraire.

Partie II : Formation disciplinaire

Les thèmes traités en première année

L'enseignement de physique-chimie est organisé en **thèmes**, poursuivant des objectifs de formation décrits par des notions et des capacités exigibles. Dans les thèmes, les illustrations et les exemples s'appuient sur la vie quotidienne, la recherche ou l'histoire des sciences, en balayant les domaines du vivant, de l'environnement ou de l'industrie. La première année est rythmée par dix thèmes, répartis entre les deux semestres, pour lesquels est donnée à titre indicatif une estimation du temps à consacrer.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Semestre 1	I. Thermodynamique chimique II. Signaux physiques, bilans et transports III. Structure de la matière IV. Optique géométrique V. Introduction à la chimie organique VI. Thermodynamique	14 h 17 h 12 h 6 h 10 h 13 h
Semestre 2	VII. Thermodynamique VIII. Cinétique chimique IX. Mécanique X. Chimie organique réactionnelle	17 h 13 h 20 h 18 h

Chaque thème poursuit des objectifs de formation spécifique et de transférabilité des compétences acquises. Les **activités documentaires et expérimentales sont précisées au regard des notions et capacités exigibles**, mais leur mise en œuvre est laissée à **l'appréciation pédagogique** du professeur, qui détermine notamment le choix des études de cas. Les techniques d'analyse et de synthèse contenues dans les attendus de la formation sont également précisées dans le corps du programme.

Chaque thème comporte une brève introduction, qui fixe le cadre et les limites d'étude, suivie d'un tableau qui détaille les connaissances et capacités associées. Les notions abordées, qui doivent être connues des étudiants, figurent dans la colonne de gauche. La colonne de droite précise et encadre les capacités exigibles relatives à chaque notion.

En outre l'étudiant doit savoir utiliser l'analyse dimensionnelle.

Notions	Capacités exigibles
Analyse dimensionnelle.	Vérifier l'homogénéité d'une expression littérale à partir d'une analyse dimensionnelle des termes présents. Définir un ordre de grandeur (durée, longueur) par analyse dimensionnelle d'une équation modélisant un phénomène.

Premier semestre

I. Thermodynamique chimique : un système tend à évoluer vers l'équilibre

L'enseignement de thermodynamique chimique est consacré à l'introduction des notions permettant l'analyse des systèmes chimiques homogènes. L'équilibre chimique est introduit comme une donnée expérimentale, et l'existence d'une constante d'équilibre est admise. Les applications sont illustrées par l'étude des réactions acido-basiques et d'oxydoréduction en solution aqueuse.
L'enseignement d'oxydoréduction vise essentiellement à introduire l'oxydation et la réduction en chimie organique, en lien avec le cours de Sciences de la Vie et de la Terre. Il n'induit pas de développement théorique ; les potentiels standard sont interprétés comme une simple échelle de la force des oxydants et des réducteurs, par analogie avec l'échelle des pK_a. Les exemples privilégiés sont en relation avec la biologie, l'agronomie, l'agroalimentaire, l'environnement ou la géochimie.
La partie expérimentale est consacrée à la réalisation et l'interprétation de titrages directs et indirects. Les techniques usuelles de la chimie analytique (prise de volume, pesée, réalisation du montage, utilisation des appareils à l'aide d'une notice simplifiée) doivent être maitrisées, afin

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013

d'amener progressivement les étudiants à une prise d'autonomie dans l'élaboration et la réalisation de protocoles expérimentaux. Les limites des lois expérimentales sont présentées qualitativement.

Notions	Capacités exigibles
1. Description d'un système chimique en réaction	
Avancement d'une réaction chimique ; degré d'avancement.	Écrire un tableau d'avancement.
Activité ; quotient de réaction.	
Évolution et équilibre.	Prévoir le sens d'évolution d'un système. Déterminer la composition à l'état final. Les outils numériques ou graphiques peuvent être un support à la résolution lorsque la méthode analytique n'est pas aisée.
Transformation quantitative ou limitée.	Établir une hypothèse sur l'état final d'une réaction connaissant l'ordre de grandeur de la constante d'équilibre.
2. Réactions acido-basiques	
Couples acide-base ; acides et bases faibles et forts, constante d'acidité, pH, courbes de distribution et diagrammes de prédominance.	Comparer la force des acides et des bases. Lire et exploiter un diagramme de courbes de distribution.
Réaction prépondérante.	Identifier la réaction prépondérante à partir de la composition initiale.
Détermination du pH d'une solution dans des cas simples et réalistes.	Poser les hypothèses adaptées dans le but d'établir la composition d'une solution à l'équilibre. Calculer le pH d'une solution dans le cas d'une unique réaction prépondérante. Établir l'expression littérale du pH en fonction de la concentration initiale dans les cas suivants : acide ou base fort dans l'eau, acide ou base faible en réaction limitée sur l'eau, ampholyte. Vérifier les hypothèses simplificatrices dans le cas d'un acide faible dans l'eau ou d'une base faible dans l'eau.
Tampons acido-basiques.	
Application aux acides aminés.	Décrire le comportement d'un acide aminé en fonction du pH.
3. Réactions d'oxydoréduction	
Oxydant, réducteur, couples rédox ; pile électrochimique.	Écrire les échanges électroniques pour les couples rédox en chimie organique et inorganique, en liaison avec le cours de biochimie.
Echelle des potentiels standard.	Utiliser sans démonstration l'expression de la constante d'équilibre en fonction des potentiels standard.
Constante d'équilibre rédox.	Prédire le sens d'une réaction rédox. Déterminer la composition à l'équilibre dans le cas d'une unique réaction prépondérante.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013

http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

4. Application à la chimie analytique	
Spectrophotométrie. Loi de Beer-Lambert et limite de validité.	**Réaliser une mesure d'absorbance.**
Conductimétrie. Expression de la conductivité en fonction des concentrations et limite de validité.	**Reconnaître une cellule de conductimétrie.** **Réaliser une mesure de conductivité.**
pH-métrie.	**Choisir les électrodes adaptées à la mesure du pH.** **Réaliser une mesure de pH.**
Titrages direct et indirect.	**Utiliser un indicateur coloré de fin de titrage.** **Suivre un titrage par pH-métrie ou par conductimétrie.** Reconnaître, à partir d'un protocole, la nature d'un titrage. Identifier la ou les équations du titrage et établir les relations entre quantités de matière. Utiliser des courbes de distribution simulées pour analyser un titrage. Calculer le pH aux points particuliers d'un titrage. Modéliser la courbe de titrage pH-métrique et conductimétrique dans un cas simple. Évaluer le caractère successif ou simultané des réactions dans le cas du titrage d'un mélange. Exploiter une courbe de titrage.

II. Signaux physiques, bilans et transports : les phénomènes de transport déterminent l'évolution temporelle et spatiale de grandeurs physiques

Cet enseignement a pour but d'initier les étudiants aux concepts très généraux décrivant des systèmes en interaction avec le monde extérieur, par échange ou transport, en évitant tout développement théorique excessif. Il apparaît alors qualitativement que les grandeurs physiques ou signaux dépendent de variables de temps et/ou d'espace, et l'illustration en est donnée dans la continuité du programme de terminale. L'approche transversale des phénomènes de transport vise à mettre en évidence des analogies et à dégager les notions communes de flux, de différence de potentiel, de stock et de résistance. L'étude de circuits électriques simples sert de support, facilement mis en œuvre expérimentalement, à l'illustration de ces notions. Les exemples traités se rapportent aux circuits en régime continu et au régime transitoire du premier ordre, dont le circuit RC constitue le modèle. Des notions de base sur la mesure électrique et sur l'oscilloscope sont nécessaires à l'illustration expérimentale du régime transitoire, mais elles ne sont pas destinées à être étudiées pour elles-mêmes ; seuls les modes de fonctionnement usuels de l'oscilloscope sont présentés.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Notions	Capacités exigibles
1. Signaux physiques	
Acquisition et traitement de signaux dépendant du temps.	Extraire une fréquence. Identifier les régimes permanent, stationnaire, transitoire. Estimer le temps caractéristique d'un signal transitoire.
Composition de signaux sinusoïdaux.	Interpréter le résultat d'une analyse spectrale.
Signal dépendant du temps et d'une coordonnée de l'espace.	**Approche documentaire** : étudier un exemple d'onde sonore ou d'onde sismique.
2. Bilan macroscopique	
Volume de contrôle et surface de contrôle.	Délimiter un système. Reconnaître un système isolé, fermé, ouvert.
Grandeur intensive et grandeur extensive.	
Bilan de charge, de matière, d'énergie : Flux de charge, de matière et d'énergie.	Définir l'intensité du courant électrique comme débit de charges.
Équation de bilan avec ou sans création. Loi des nœuds.	Établir un bilan macroscopique.
3. Transport	
Relation entre flux et différence de potentiel.	Relier un flux de charge, de chaleur, de matière à une différence, respectivement, de potentiel électrique, de température, de composition. Interpréter le sens du transport.
Transport linéaire : résistance électrique, thermique.	
Association de résistances en série et en parallèle.	Remplacer une association série ou parallèle de plusieurs résistances par une résistance équivalente.
4. Circuit dans l'approximation des régimes quasi-stationnaires	
Tension aux bornes d'un dipôle. Loi des mailles.	Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur. Appliquer les lois de Kirchhoff.
Sources décrites par un modèle linéaire.	Modéliser une source non idéale par un modèle de Thévenin ou de Norton.
Montages diviseurs de tension et de courant.	Reconnaître un diviseur de tension ou de courant dans un montage.
Puissance électrique.	**Mesurer l'impédance d'entrée d'un oscilloscope.**

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Transport thermique et de transport de matière en régime stationnaire.	Calculer la puissance électrique et reconnaître le comportement récepteur ou générateur d'un dipôle dans un circuit. Exprimer la puissance électrique dissipée par effet Joule. Faire l'analogie entre le transport thermique ou le transport de matière d'une part et le transport de charges d'autre part.
5. Régimes transitoires du premier ordre Condensateurs. Modélisation des régimes transitoires par un circuit RC. Stockage et dissipation de l'énergie.	 Relier la tension et la charge, et la tension et l'intensité pour un condensateur. Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur. Interpréter la continuité de la tension aux bornes du condensateur. Analyser le comportement d'un condensateur en régime permanent. Etablir l'équation différentielle de la réponse d'un circuit RC à un échelon de tension et la résoudre. **Réaliser un montage permettant de visualiser à l'oscilloscope la charge et la décharge d'un condensateur** Maîtriser l'analogie entre le bilan d'énergie dans un circuit RC et un bilan particulaire ou thermique en régime transitoire.

III. Structure de la matière

Cet enseignement illustre, sans prétendre à l'exhaustivité, l'organisation de la matière de l'échelle atomique à l'échelle supramoléculaire. Il explicite des concepts sur la structure des atomes, dont la finalité est d'une part de présenter le phénomène de radioactivité et d'autre part de pouvoir lire et utiliser la classification périodique. La structure des molécules est envisagée sous le seul formalisme de Lewis, et leur géométrie dans le cadre du modèle de Gillespie. Les propriétés électroniques des molécules sont traitées dans le but d'interpréter la structure et la réactivité en chimie organique et en biochimie. Selon la même démarche, l'étude des interactions intermoléculaires constitue essentiellement un support à l'interprétation qualitative de protocoles expérimentaux en chimie organique, mais il accompagne également les notions vues en sciences de la vie et de la Terre.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Notions	Capacités exigibles
1. Noyau atomique Composition. Isotopie. Stabilité des noyaux. Principe de la fission. Radioactivités α, β^+, β^- et γ. Décroissance radioactive.	Commenter les ordres de grandeur des énergies mises en jeu dans les unités adaptées. Écrire le bilan d'une réaction nucléaire. **Approche documentaire** : mettre en évidence le rôle des isotopes radioactifs dans le domaine médical ou dans celui de la radioprotection.
2. Structure électronique des atomes Quantification de l'énergie dans les atomes ; lampes spectrales. Notion de fonction d'onde et densité de probabilité de présence ; application à l'électron. Nombres quantiques orbitaux. Représentation géométrique des OA s et p. Spin électronique ; nombre quantique de spin. Principe de Pauli. Règles de remplissage. Électrons de cœur et électrons de valence. Structure du tableau périodique ; familles. Électronégativité.	Interpréter l'existence des longueurs d'onde d'émission à l'aide d'un diagramme d'énergie. Déterminer à l'aide de la règle de Klechkowski la configuration électronique fondamentale d'un atome et en déduire celle de ses ions usuels. Construire un schéma de remplissage des sous-couches de valence et déterminer le nombre d'électrons célibataires Relier la structure électronique d'un élément et sa place dans la classification. Extraire des informations (*Z*, *A*, électronégativité …) à partir d'une classification périodique légendée.
3. Liaison covalente Modèle de Lewis. Hypervalence du soufre et du phosphore. Géométrie des molécules en théorie VSEPR. Caractéristiques de la liaison covalente : longueur, énergie, polarité. Polarité des molécules.	Établir la structure de Lewis de molécules simples. Représenter les structures courantes de type AX_nE_m avec n + m = 2 à 6 Commenter l'ordre de grandeur des longueurs de liaison. Comparer les densités de probabilité de présence et les énergies dans les liaisons sigma et pi. Déterminer si une molécule est polaire ou apolaire.
4. Délocalisation électronique et aromaticité Mésomérie. Conjugaison et conséquences structurales. Aromaticité ; critère de Hückel.	Écrire les formules résonnantes d'une molécule. Utiliser la mésomérie et la conjugaison pour interpréter la géométrie et la réactivité.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013

http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

5. Interactions de faible énergie Interaction de Van der Waals. Liaison hydrogène ; directivité.	Comparer les ordres de grandeurs des énergies mises en jeu (liaison covalente, liaison hydrogène, liaison de Van der Waals). **Approche documentaire** : mettre en évidence l'importance des interactions de faible énergie pour la structure tridimensionnelle des molécules ou des systèmes biologiques.

IV. Optique géométrique

L'enseignement d'optique géométrique vise à sensibiliser les élèves aux principes fondamentaux de la propagation de la lumière, en vue de reconnaître les phénomènes lumineux et de comprendre le fonctionnement des instruments d'optique utilisés dans la vie courante et en biologie. Cet enseignement est fortement adossé à la pratique expérimentale qui repose sur l'utilisation de nombreux dispositifs.

Notions	Capacités exigibles
1. Lois de Descartes Propagation de la lumière dans un milieu transparent, homogène et isotrope. Indice optique. Notion de rayon lumineux. Lois de Descartes pour la réflexion et la réfraction. Miroir plan ; stigmatisme et aplanétisme.	Relier l'indice optique et la vitesse de propagation dans le milieu. Utiliser le principe du retour inverse de la lumière. Etablir la condition de réflexion totale. Construire l'image d'un objet, identifier sa nature réelle ou virtuelle.
2. Lentilles minces Conditions de Gauss. Lentilles minces : centre, foyers principaux, plans focaux, distance focale, vergence. Formule de conjugaison avec origine au centre. Grandissement transversal. L'œil : modèle optique, notion de punctum remotum et de punctum proximum.	Enoncer les conditions permettant un stigmatisme et un aplanétisme approché. Relier un objet et son image (situés à distance finie ou infinie) à l'aide des rayons. Maitriser les notions d'objet et d'image virtuels. Exploiter les formules de conjugaison et de grandissement transversal pour des systèmes à une ou deux lentilles. Modéliser l'œil comme l'association d'une lentille de focale variable et d'un capteur fixe. Interpréter les défauts de l'œil, et leur correction.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

3. Visualisation d'une image optique	
Formation d'une image.	**Éclairer un objet de manière adaptée.**
Focométrie.	**Reconnaître le caractère divergent ou convergent d'une lentille, et évaluer sommairement la distance focale d'une lentille convergente.**
Réalisation de montages.	**Mesurer la distance focale d'une lentille convergente.** **Utiliser le principe d'autocollimation.** **Réaliser en autonomie un montage permettant de visualiser un objet proche ou éloigné.**

V. Introduction à la chimie organique

Cette partie introductive à la chimie organique reste descriptive, l'aspect mécanistique des réactions n'étant abordé qu'au deuxième semestre. Les compléments de stéréochimie s'inscrivent dans la continuité des notions introduites en classe de terminale. L'importance de la structure tridimensionnelle des molécules est illustrée par d'exemples tirés du monde du vivant.
Le chapitre sur les solvants est l'occasion de sensibiliser les étudiants aux problèmes de toxicité humaine et environnementale et à la notion de chimie verte.
La présentation des différentes fonctions chimiques permet d'avoir une vue d'ensemble des groupes fonctionnels les plus courants qui seront rencontrés dans la suite du cours. L'utilisation de données spectroscopiques (UV visible, infra-rouge et résonance magnétique nucléaire du proton), s'appuie sur les connaissances acquises en Terminale.

Notions	Capacités exigibles
1. Stéréochimie	
Ecriture semi-développée et topologique. Représentation spatiale des molécules : Cram, Newman, perspective.	Représenter une molécule à partir de son nom, en tenant compte d'informations stéréochimiques, dans un type de représentation donnée.
Conformations des alcanes linéaires et du cyclohexane.	Discuter la stabilité relative de deux conformations d'un alcane. Représenter le conformère le plus stable d'un cyclohexane monosubstitué.
Glucopyranoses ; anomérie ; existence de la mutarotation du glucose.	**Manipuler des modèles moléculaires.**
Carbone asymétrique, chiralité, énantiomérie, diastéréoisomérie.	Déterminer si une molécule est chirale Identifier les relations de stéréoisomérie entre deux composés.
Descripteurs stéréochimiques Z/E, R/S, D/L	Comparer les propriétés de deux stéréoisomères de configuration, en milieu chiral et non chiral.
Activité optique, pouvoir rotatoire, loi de Biot. Mélange racémique.	Déterminer les descripteurs stéréochimiques dans les cas simples. Utiliser la loi de Biot pour discuter de la pureté énantiomérique d'un mélange. Illustrer l'importance de la structure spatiale par des exemples tirés du monde du vivant.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

	Approche documentaire : illustrer et analyser le rôle de la diastéréoisomérie lors de synthèses énantiosélectives, de séparations d'énantiomères et dans le monde du vivant.
2. Solvant Rôle du solvant. Exemples : solvants apolaires, polaire aprotique et polaire protique	Faire le lien entre les propriétés du solvant et les interactions intermoléculaires. Interpréter qualitativement la méthode de l'extraction liquide-liquide. **Approche documentaire** : expliciter le choix du solvant en faisant un lien à la toxicité et donner une illustration dans le domaine de la chimie verte.
3. Acido-basicité et oxydo-réduction en chimie organique Échelle de pK_a généralisée. Exemples d'acides et de bases utilisés en chimie organique. Présentation des principales fonctions organiques par degré d'oxydation : – halogénoalcanes, alcools, alcènes, – composés carbonylés, – acides carboxyliques et dérivés. Chaine d'oxydation des alcools. Dihydroxylation des alcènes. Coupure oxydante des alcènes.. Exemples de réducteurs utilisés en chimie organique.	Connaître l'utilisation de solvants autre que l'eau pour former des bases fortes. Connaître le caractère acide ou basique de : acide carboxylique, alcool, amine, H en α de groupe électroattracteur. Écrire l'équation-bilan de la formation d'un alcoolate par action du sodium ou de l'ion hydroxyde. Distinguer oxydation complète et oxydation ménagée. Écrire les équations-bilan d'oxydation : – d'un alcool primaire en aldéhyde, – d'un aldéhyde en acide carboxylique, – d'un alcool secondaire en cétone. Écrire l'époxyde obtenu par action d'un acide peroxycarboxylique sur un alcène Écrire le diol obtenu par ouverture d'un époxyde en milieu basique. Écrire le diol obtenu par action du permanganate sur un alcène. Écrire le bilan de la coupure oxydante par action de l'acide périodique sur un diol. Écrire l'équation-bilan de la réduction d'un composé carbonylé en alcool par $NaBH_4$. Écrire l'équation-bilan de réduction d'un alcène en alcane par H_2 et déterminer les stéréoisomères obtenus.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

VI. Thermodynamique

L'enseignement de thermodynamique fait suite à celui consacré aux échanges et aux transports. A partir d'une description des états de la matière et des transformations qu'elle subit, il formalise les échanges d'énergie et contribue à les évaluer. Cet enseignement s'organise en deux parties distinctes. La première, dispensée au premier semestre, est consacrée à la description des états de la matière et des paramètres qui la caractérise. La seconde, dispensée au second semestre, propose, d'une part, une présentation plus étoffée du premier principe dont l'introduction à déjà été réalisée en classe de terminale~~,~~ et d'autre part formalise les notions d'irréversibilité et de réversibilité à l'aide du second principe. Afin de limiter l'utilisation de fonctions de plusieurs variables, les deux principes sont appliqués en première année aux transformations thermodynamiques de phases condensées et aux machines thermiques. C'est l'occasion de réaliser des bilans macroscopiques sur des systèmes modèles. L'objectif est là de dégager le concept de rendement et de sensibiliser l'étudiant à l'impact énergétique d'un dispositif domestique ou industriel.

Notions	Capacités exigibles
1. États de la matière	
Phases condensées et phases gazeuses.	Identifier le caractère peu compressible et peu dilatable des phases condensées.
Notion de température absolue.	Comparer les ordres de grandeurs caractéristiques des gaz et des phases condensées. Utiliser les échelles de température absolue et de température Celsius.
Modèle du gaz parfait. Mélange idéal de gaz parfaits. Fraction molaire et pression partielle.	Utiliser l'équation d'état du gaz parfait. Représenter les isothermes en coordonnées de Clapeyron.
Gaz réel.	Interpréter qualitativement le modèle du gaz parfait, sa pression et sa température à l'échelle moléculaire. Faire le lien avec les interactions de faible énergie.
2. Éléments de statique des fluides	
Pression dans un fluide en équilibre.	Utiliser la relation $dP = -\rho g dz$ pour un fluide incompressible ou compressible dans une atmosphère isotherme, dans un champ de pesanteur uniforme.
3. Changements d'état du corps pur	
Diagramme de phases en coordonnées (T,P) ; point critique et point triple. Pression de vapeur saturante.	**Approche documentaire** : illustrer des applications des changements d'état dans les domaines biologiques, géologiques ou dans l'industrie.
Variance.	
Changement d'état liquide-vapeur ; diagramme	Interpréter le diagramme (P,V) selon la

(P,V) ; isothermes. Titre en vapeur. Théorème des moments.	variance. Interpréter qualitativement le palier de température associé au changement d'état isobare Calculer à partir d'un diagramme la composition d'un mélange liquide-vapeur à l'équilibre.

Deuxième semestre

VII. Thermodynamique

Notions	Capacités exigibles
4. Équilibre et transformations thermodynamiques d'un système fermé	
Équilibre thermodynamique.	Interpréter les conditions d'équilibre thermique et mécanique.
Transformations thermodynamiques.	Maitriser le vocabulaire usuel : isotherme, isobare, isochore, monobare, monotherme, adiabatique.
Réversibilité d'une transformation.	Déterminer l'état d'équilibre final à partir des contraintes imposées par le milieu extérieur. Dégager les critères de réversibilité d'une transformation.
Travail et transfert thermique ; puissance mécanique et puissance thermique. Thermostat.	Distinguer qualitativement les trois types de transferts thermiques : conduction, convection et rayonnement.
5. Premier principe de la thermodynamique en système fermé	
Contributions à l'énergie d'un système : énergie interne, énergie cinétique macroscopique et énergie potentielle macroscopique.	
Énergie interne molaire et massique d'une phase condensée Capacité thermique à volume constant.	Relier l'énergie interne à la température pour une phase condensée.
Premier principe en système fermé : $\Delta U + \Delta E_p + \Delta E_c = Q + W$	Formuler le premier principe en termes de puissance et sous forme d'un bilan élémentaire.
Calorimétrie.	**Réaliser un bilan à partir d'une expérience de calorimétrie.**

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

6. Second principe de la thermodynamique en système fermé	
Entropie ; entropie massique et entropie molaire.	Interpréter qualitativement l'entropie.
Second principe en système fermé ; entropie d'échange ; entropie créée : $\Delta S = S_{éch} + S_{crée}$	Relier la création d'entropie au caractère réversible ou irréversible de la transformation.
Identité thermodynamique. Entropie molaire et massique d'une phase condensée.	Relier l'entropie à la température pour une phase condensée. Exprimer et calculer une entropie d'échange et une entropie de création pour une transformation simple.
7. Machines thermiques	
Machines dithermes réversibles et irréversibles.	Distinguer les sources réelles et les sources idéales. Analyser le fonctionnement d'une machine ditherme sur un diagramme (T,S). Donner le sens des échanges énergétiques pour un moteur ou un récepteur thermique ditherme.
Moteur thermique, rendement, théorème de Carnot. Efficacité, principe d'une pompe à chaleur et d'un appareil frigorifique.	Définir un rendement ou une efficacité et la relier aux énergies échangées au cours d'un cycle. Justifier et utiliser le théorème de Carnot. Citer quelques ordres de grandeur des rendements des machines thermiques réelles actuelles. Relier les concepts aux dispositifs d'usage courant.

VIII. Cinétique chimique

L'enseignement de cinétique s'inscrit dans le cadre plus large de l'évolution temporelle des systèmes. Il prend appui sur des exemples dans les domaines biologiques et géologiques, mettant en jeu des échelles de temps très variées.
Les éléments de cinétique formelle induisent l'usage d'un formalisme mathématique rigoureux, et la nécessité d'une confrontation du modèle avec des données expérimentales. La résolution analytique se limite aux cas les plus simples de réactions d'ordre 0, 1 et 2, des cas plus complexes devant être traités à l'aide de l'outil numérique.
Cet enseignement permet de réinvestir des compétences expérimentales par le recours aux techniques d'analyse et d'utiliser le formalisme du tableau d'avancement pour le suivi cinétique de la réaction.
La présentation des mécanismes réactionnels, limités aux réactions par stades, est l'occasion de mettre en évidence les notions de catalyse et de catalyseur. En lien avec la chimie organique, cet enseignement présente les notions essentielles d'état de transition, d'intermédiaire réactionnel, de postulat de Hammond et de contrôles thermodynamique et cinétique.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Notions	Capacités exigibles
1. Vitesse de réaction	
Vitesses d'apparition et de disparition ; vitesse spécifique de réaction. Temps de demi-réaction.	Utiliser la vitesse volumique pour un réacteur à volume constant.
Ordre de réaction ; réaction avec et sans ordre. Constante de vitesse ; loi d'Arrhenius et énergie d'activation.	Faire l'analogie avec la loi de décroissance radioactive. Déduire l'énergie d'activation à partir d'une série de données par une méthode graphique ou numérique.
Détermination d'un ordre.	Déterminer par une méthode graphique ou numérique : - un ordre à l'aide de la méthode différentielle et à l'aide de la méthode intégrale, - un ordre à partir de données sur les temps de demi-réaction, - un ordre global dans un cas de mélange stœchiométrique, - un ordre partiel dans un cas de dégénérescence de l'ordre. **Etudier des réactions d'ordre 1 et 2 pour en extraire les ordres partiels, la constante de vitesse et l'énergie d'activation.**
2. Mécanismes réactionnels	
Acte élémentaire et molécularité. Intermédiaires réactionnels ioniques et radicalaires.	Faire la différence entre un bilan macroscopique et un acte élémentaire. Retrouver le bilan réactionnel à partir d'un mécanisme par stades.
Étape cinétiquement déterminante, approximation des états quasi-stationnaires, pré-équilibre rapide.	Établir une loi de vitesse à partir d'un mécanisme. Repérer un catalyseur dans un mécanisme.
Chemin réactionnel et profil réactionnel. Contrôle thermodynamique et contrôle cinétique. Postulat de Hammond	Distinguer intermédiaire réactionnel et état de transition. **Approche documentaire** : expliciter les conséquences du contrôle en synthèse.

IX. Mécanique

L'enseignement de mécanique a pour objet de présenter aux élèves les liens qui unissent les notions de force, de mouvement et d'énergie pour le système simple du point matériel. Reposant sur la maîtrise de grandeurs vectorielles dépendantes du temps, l'enseignement se limite à des modélisations simples dont la résolution formelle reste accessible aux étudiants. Les cas plus complexes, modélisant plus finement la réalité, sont abordés par l'utilisation de l'outil numérique et de logiciels d'intégration.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Notions	Capacités exigibles
1. Cinématique	
Référentiel. Vecteurs position, vitesse, accélération. Système de coordonnées cartésiennes, cylindriques et sphériques.	Choisir le système de coordonnées adapté à la symétrie. Utiliser les expressions des vecteurs position, vitesse et accélération dans le cas des coordonnées cartésiennes et, pour le mouvement circulaire, dans le cas des coordonnées cylindriques.
Loi de composition des vitesses pour le cas de référentiels en translation rectiligne.	
2. Dynamique	
Quantité de mouvement. Principe d'inertie, référentiel galiléen.	Choisir un référentiel adapté au problème.
Forces, principe des actions réciproques.	
Force d'interaction gravitationnelle, force d'interaction de Coulomb.	Identifier quelques manifestations de ces interactions.
Forces usuelles à l'échelle macroscopique : poids, force de rappel d'un ressort (en régime linéaire), tension d'un fil, force de frottement fluide, force subie par une charge dans un champ électrique.	
Deuxième loi de Newton.	Déterminer les équations du mouvement d'un point matériel. L'utilisation de l'outil numérique permettra d'aider à leur résolution dans les cas complexes.
3. Énergie d'un point matériel	
Puissance et travail d'une force.	Distinguer force conservative et force non conservative.
Théorème de l'énergie cinétique.	Démontrer et utiliser le théorème de l'énergie cinétique.
Énergie potentielle et énergie mécanique dans un cas unidimensionnel.	Etablir l'expression de l'énergie potentielle connaissant la force (dans le cas unidimensionnel). Distinguer le caractère attractif ou répulsif d'une force. Utiliser les expressions de l'énergie potentielle de pesanteur (dans un champ de pesanteur uniforme) et de l'énergie potentielle élastique.
Théorème de l'énergie mécanique. Mouvement conservatif à une dimension.	Démontrer le théorème de l'énergie mécanique.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013

Position d'équilibre ; stabilité. Petits mouvements au voisinage d'une position d'équilibre stable ; approximation locale par un puits de potentiel harmonique.	Déduire d'un graphe d'énergie potentielle la nature de la trajectoire possible : non bornée, bornée, périodique. Déduire d'un graphe la position et la nature stable ou instable des positions d'équilibre Établir l'équation du mouvement à partir de l'énergie mécanique. Reconnaître l'équation d'un oscillateur harmonique non amorti. Relier la période et la dérivée seconde de l'énergie potentielle à l'équilibre.

X. Chimie organique réactionnelle

L'enseignement de chimie organique décline des familles de réactions plutôt que des familles de composés. De cette manière, il facilite le réinvestissement des connaissances de la classe de terminale sur la réactivité des composés organiques. Il poursuit l'objectif de fournir aux étudiants les outils permettant d'interpréter ou de prévoir la réactivité intermoléculaire dans des conditions données, celles d'un milieu biologique ou d'un milieu de synthèse. La chimie organique permet ainsi d'une part de comprendre des réactions intervenant dans des grands cycles métaboliques, d'autre part de sensibiliser les étudiants à la synthèse totale au laboratoire ou aux réactions industrielles, en gardant à l'esprit que la formation dispensée dans la filière BCPST reste généraliste. Les éléments d'interprétation d'une stratégie de synthèse sont renforcés par l'utilisation de données spectroscopiques (UV, visible, infra-rouge et résonance magnétique nucléaire du proton).

Notions	Capacités exigibles
1. Additions électrophiles sur les doubles liaisons C=C	Expliciter la réactivité des alcènes.
Bilan et mécanisme de l'addition de HX et H_2O. Régiosélectivité.	Utiliser le formalisme des flèches courbes pour décrire un mécanisme en chimie organique. Discuter de la stabilité d'un carbocation. Représenter le profil réactionnel. Utiliser le postulat de Hammond.
Bilan et mécanisme de la bromation par le N-bromosuccinimide et évolution en présence d'un nucléophile.	Mettre en évidence la stéréosélectivité et la stéréospécificité de la réaction.
2. Substitutions nucléophiles	Expliciter la réactivité des liaisons C-X et C-OH.
Nucléophile et nucléofuge.	Identifier les sites électrophiles et/ou nucléophiles d'une espèce chimique. Reconnaître des nucléophiles usuels : ion cyanure, ion alcoolate, amine, ion hydroxyde, eau.
Les deux mécanismes limite : SN1 et SN2 pour les halogénoalcanes et les alcools Activation des alcools par H^+ et par le chlorure de tosyle	Discuter du mécanisme à partir de données cinétiques. Déterminer les stéréoisomères obtenus à

Ouverture d'un époxyde en milieu basique.	l'issue d'une SN. Discuter de la compétition entre les deux mécanismes en fonction de la structure du carbocation. Représenter les profils réactionnels associés à chaque mécanisme Ecrire l'équation-bilan de l'action du chlorure de tosyle sur un alcool. Interpréter la stéréochimie de la dihydroxylation d'un alcène. Comparer les diols obtenus à partir d'un alcène via l'époxydation ou par action du permanganate.
3. Élimination Compétition entre SN et E. Régiosélectivité de l'élimination. Mécanismes limites E1 et E2 pour les halogénoalcanes et les alcools.	 Reconnaître les conditions favorisant l'élimination : température, force et concentration de la base. Déterminer le produit majoritaire de l'élimination. Ecrire les stéréoisomères obtenus à l'issue d'une élimination.
4. Additions nucléophiles Bilan et mécanisme d'une addition nucléophile sur le groupe carbonyle suivie d'une hydrolyse Bilan et mécanisme de l'hémiacétalisation et de l'acétalisation	 Expliciter la différence de réactivité de la double liaison C=O et de la double liaison C=C. Expliciter le caractère renversable de l'acétalisation. Utiliser l'acétalisation comme protection de groupe caractéristique.
5. Synthèse organique **Règles de sécurité** **Techniques** Chauffage à reflux. Addition d'un réactif au cours d'une réaction. Réaction en conditions anhydres. Suivi d'une réaction. Traitement d'un brut réactionnel.	 **Interpréter la fiche de sécurité et l'étiquetage d'un produit.** **Respecter les règles élémentaires de sécurité dans le cadre d'un travail en laboratoire.** Analyser et justifier les choix expérimentaux dans une synthèse organique. **Installer et utiliser un montage de chauffage à reflux.** **Utiliser une ampoule de coulée.** **Conduire une réaction en milieu anhydre.** **Réaliser une chromatographie sur couche mince.** **Réaliser les opérations suivantes : filtration sous pression atmosphérique ou réduite, extraction liquide-liquide, lavage, séchage d'une phase organique, élimination d'un**

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

Séparation et purification.	**solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif, essorage et séchage d'un solide.** **Mettre en œuvre la technique de relargage.**
Rendement.	**Mettre en œuvre une distillation fractionnée sous pression atmosphérique et une recristallisation.** Définir et calculer le rendement d'une réaction.
Caractérisation	
Température de fusion, indice de réfraction, pouvoir rotatoire.	**Utiliser un banc Köfler, un réfractomètre, un polarimètre.**
Lecture de spectres infra rouge.	Identifier des groupes caractéristiques à l'aide d'un spectre IR et d'une table fournie.
Lecture de spectres RMN : déplacement chimique, couplage scalaire, règle des n+1 uplets.	Retrouver la structure d'une molécule par l'analyse d'un spectre RMN du proton à l'aide d'une table fournie. Suivre une synthèse organique par la lecture de spectres RMN et infra-rouge.

Annexe : Matériel

Cette liste regroupe le matériel que les étudiants doivent savoir utiliser avec l'aide d'une notice simplifiée fournie sous forme de version papier ou de version numérique. Une utilisation de matériel hors de cette liste lors d'épreuves d'évaluation n'est pas exclue mais elle doit obligatoirement s'accompagner d'une introduction guidée suffisamment détaillée.

1. Domaine optique

- banc d'optique.
- lentilles minces, miroirs plans.
- lampes spectrales et source de lumière blanche.

2. Domaine électrique

- oscilloscope numérique.
- générateurs de signaux continus et générateurs de signaux basse fréquence.
- multimètre numérique.

3. Domaine thermodynamique

- thermomètre, capteur infra-rouge.
- calorimètre.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr

4. Chimie physique et chimie des solutions

- balance de précision.
- verrerie usuelle graduée et jaugée.
- pH-mètre et électrodes adaptées.
- conductimètre et cellule conductimétrique.
- spectrophotomètre UV-visible.
- bain thermostaté.
- agitateur magnétique.

5. Chimie organique

- verrerie rodée : ballon, réfrigérant, ampoule de coulée isobare ou non.
- ampoule à décanter.
- montage de distillation à pression atmosphérique.
- matériel de filtration sous pression ordinaire et sous pression réduite.
- agitateur magnétique chauffant.
- chauffe ballon.
- banc Köfler.
- matériel pour chromatographie sur couche mince.
- lampe UV.
- modèles moléculaires.

© Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, 2013
http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr