



Enseignement de spécialité STL – SPCL : module chimie et développement durable Repères pour la formation

Les repères pour la formation concernant le module 'chimie et développement durable' du programme de l'enseignement de la spécialité SPCL, élaborés à l'issue de quelques années de mise en pratique, visent trois objectifs :

- clarifier certaines capacités ;
- borner le programme aux fondamentaux exigibles et susceptibles d'être évalués au baccalauréat lors de la sous-épreuve de la spécialité SPCL ;
- proposer des liens avec les programmes de CBSV et de physique-chimie de STI2D-STL.

Ces repères ne se substituent pas aux programmes en vigueur.

Les objectifs de l'enseignement de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire sont identiques à ceux affichés dans le préambule du programme de physique-chimie des séries STI2D et STL :

- pratiquer une démarche scientifique et développer la culture scientifique dans sa dimension historique et contemporaine ;
- poursuivre l'initiation à la conduite de projet ;
- développer l'approche par compétences de l'enseignement.

Initier l'élève à la démarche scientifique, c'est lui permettre de développer des compétences nécessaires pour prendre des décisions raisonnées et éclairées dans les nombreuses situations nouvelles qu'il rencontrera tout au long de sa vie et, ainsi, le conduire à devenir un citoyen libre, autonome et responsable.

Ces compétences nécessitent la maîtrise de capacités qui dépassent largement le cadre de l'activité scientifique :

- faire preuve d'initiative, de ténacité et d'esprit critique ;
- observer en faisant preuve de curiosité ;
- confronter ses représentations avec la réalité ;
- mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile fournie par une situation, une expérience ou des documents variés (textes, images, graphiques, schémas, vidéos, animations ...) ;
- raisonner, démontrer, argumenter, exercer son esprit d'analyse.

La pratique scientifique nécessite l'utilisation d'un langage spécifique. L'élève doit donc pouvoir :

- s'exprimer au moyen d'un langage scientifique rigoureux ;
- choisir des unités adaptées aux grandeurs physiques étudiées ;
- utiliser l'analyse dimensionnelle ;
- valider un résultat notamment à partir de l'estimation d'ordres de grandeur.

Les activités de laboratoire permettent l'acquisition de capacités spécifiques aux activités expérimentales en lien avec les notions et contenus du programme de la filière, mais aussi de renforcer les compétences acquises dans l'enseignement « Mesures et instrumentation ». Il peut être envisagé d'intégrer l'enseignement « Mesures et incertitudes » aux modules de la spécialité SPCL en première, en lui réservant bien l'horaire dédié. L'avantage de cette intégration est d'introduire progressivement les notions et de les illustrer par une meilleure contextualisation. Sans dérive calculatoire, le traitement de la mesure dans les situations d'apprentissage et d'évaluation proposées ne se limitera pas à une seule source d'erreur ; pour cela toutes les relations à utiliser pour déterminer une incertitude de mesure sont fournies à l'exception de celle permettant de calculer la moyenne de N mesures.

Le programme du module « chimie et développement durable » vise à ce que l'élève fasse preuve de réelles compétences :

- en synthèse chimique pour analyser ou choisir un protocole de synthèse et de séparation, afin d'obtenir un produit donné, avec la plus grande pureté, en utilisant les capacités acquises en thermodynamique et en cinétique des transformations physico-chimiques ;
- en analyse physico-chimique pour effectuer un choix raisonné de techniques de dosages en fonction des espèces à analyser et de la précision attendue, pour proposer et mettre en œuvre en autonomie un protocole et pour fournir des résultats de mesure les plus précis possibles, assortis d'incertitudes ;
- dans l'utilisation des modèles pour prévoir, confronter les prévisions aux résultats expérimentaux et interpréter les écarts ;

L'élève à travers ce module doit prendre conscience des enjeux du développement durable, à travers la connaissance des principes de la chimie verte et développer la capacité à inscrire ses choix et ses actions dans ce cadre.

Rendre les élèves acteurs de leurs apprentissages à travers questionnements, résolutions de problèmes, analyses et synthèses de documents en lien avec des enjeux sociétaux permet d'éveiller leur curiosité, de stimuler leur créativité et leur donner envie de poursuivre une formation supérieure scientifique à l'issue de laquelle ils pourront relever les défis de l'innovation et du développement durable.

Bulletin officiel spécial n°3 du 17 mars 2011

Enseignement de Sciences physiques et chimiques en laboratoire de la série sciences et technologies de laboratoire - classe de première

Enjeux sociétaux, environnementaux et économiques

- Champs d'application de la chimie et évolution des techniques
- Prise en compte de la sécurité en chimie
- La chimie face à l'environnement

Synthèses chimiques

- Synthèses et environnement
- Techniques de séparation et de purification ; contrôle de pureté
- Synthèses organiques et réactivité de quelques composés organiques
- Amélioration de la cinétique des synthèses

Analyses physico-chimiques

- Analyses physico-chimiques et environnement
- Validités et limites des tests et mesures chimiques
- Préparation de solution de concentration molaire connue
- Dosages par étalonnage : choix de l'appareil de mesure en relation avec une propriété de l'espèce dosée,
- Dosages par titrage : première approche avec des suivis colorimétrique, conductimétrique et pHmétrique.

Enjeux sociétaux, économiques et environnementaux

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Chimie : enjeux sociétaux, économiques et environnementaux</p>	<p>Citer :</p> <ul style="list-style-type: none"> . l'intervention de la chimie dans divers domaines de la vie courante ; . l'évolution d'une technique au cours des siècles ; . des choix opérés pour répondre à des besoins sociétaux et/ou économiques. <p>- Prendre conscience du lien entre science et technique.</p>	<p>On attend de l'élève, à l'issue des deux années de formation, qu'il sache citer, dans les domaines suivants de la vie courante : santé, sport, alimentation, agriculture, transports, habitat, textiles, un exemple d'intervention de la chimie et un exemple de choix opéré pour répondre à des besoins sociétaux et/ou économiques</p> <p>À travers des ressources multiples, l'élève sait analyser l'évolution d'une technique et prendre conscience du lien entre science et technique.</p>
<p>Prise en compte de la sécurité en chimie Règles de sécurité au laboratoire. Pictogramme des réactifs, des solvants, des produits et sous-produits.</p> <p>La chimie face à l'environnement Rôle de la chimie dans des problématiques liées à l'environnement. Toxicité de certaines espèces chimiques. Stockage et recyclage des espèces à risque. Impact environnemental des synthèses et des</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Relever dans les recueils de données les grandeurs physico-chimiques caractéristiques d'une espèce chimique. - Appliquer les règles de sécurité et respecter les conseils de prudence et de prévention liés aux espèces chimiques et à leurs mélanges. - Adopter une attitude responsable au laboratoire. - Développer progressivement une autonomie dans la prévention des risques. - Analyser les consignes de sécurité proposées dans un protocole <p>Citer des implications de la chimie dans des études menées sur l'environnement ou des actions visant à le préserver.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relever les informations relatives à la toxicité d'espèces chimiques (classes de danger pour la santé et de danger pour l'environnement) et respecter les conseils de prudence et de prévention associés. - Adapter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange à la tolérance admise dans les eaux de rejet. 	<p>À partir des pictogrammes de sécurité des espèces chimiques, l'élève sait identifier et respecter leurs conditions d'utilisation (équipement de sécurité individuels et collectifs, conditions de prélèvement, rejet et stockage)</p> <p>L'élève sait justifier si un protocole respecte les consignes de sécurité et éventuellement le modifier ou le compléter dans ce sens.</p> <p>L'élève est capable de sélectionner un protocole parmi plusieurs propositions, en autonomie dans des cas simples ou à l'aide de documentation fournie ou à rechercher. Il est capable d'effectuer un choix argumenté d'une synthèse ou d'un protocole d'analyse qui combine au mieux sécurité, protection des personnes et de l'environnement et cahier des charges (pureté du produit à synthétiser et précision de l'analyse à réaliser).</p>

analyses.	- Choisir, parmi plusieurs procédés, celui qui minimise les impacts environnementaux.	
-----------	---	--

Synthèses chimiques

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Synthèses et environnement Analyse de l'impact environnemental d'une synthèse. Chimie « verte », Chimie douce.</p> <p>Alternative à la pétrochimie : chimie des substances naturelles (agroressources et hémisynthèses), synthèses biotechnologiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Citer les exigences en matière de chimie « verte » ou durable, en ce qui concerne les choix des matières premières, des réactions et des procédés, ainsi que d'éco-compatibilité du produit formé. - Comparer les avantages et les inconvénients de différents procédés de synthèse. - Réaliser l'extraction d'une espèce naturelle et mettre en œuvre une hémisynthèse à partir de cette espèce. - Reconnaître une hémisynthèse dans la description d'un protocole. - Citer quelques utilisations importantes des agroressources en synthèse organique et exploiter des documents pour illustrer leur part croissante en tant que matières premières. - Citer quelques exemples importants de synthèses mettant en œuvre les biotechnologies 	<p>Les douze principes de la chimie verte seront rappelés en cas de besoin. L'élève sait sélectionner un protocole parmi plusieurs propositions parce qu'il s'inscrit dans le cadre de la chimie verte ou la chimie douce.</p> <p>L'élève sait différencier dans un procédé de synthèse le ou les produits attendus des espèces à éliminer ou recycler (sous-produits, solvants, catalyseur...)</p> <p>À partir de données fournies, l'élève est capable de proposer le choix argumenté d'un solvant pour réaliser une extraction liquide-liquide.</p>

<p>Séparation et purification Techniques : Distillation Recristallisation Filtration sous vide Chromatographie : couche mince (CCM) et colonne. Contrôle de pureté.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une distillation simple, une distillation fractionnée, une recristallisation, une filtration, une filtration sous vide, une chromatographie. - Comparer les influences de la nature de la phase fixe et de la phase mobile sur la séparation des espèces chimiques. - Mesurer une température de fusion, un indice de réfraction. - Argumenter sur la pureté d'un produit à l'aide d'une observation, d'une série de mesures, d'une confrontation entre une mesure et une valeur tabulée. 	<p>L'élève sait choisir la méthode de purification adaptée au mélange à traiter et au produit à obtenir. L'élève sait décrire, schématiser et réaliser les principaux montages mis en œuvre dans un laboratoire, pour la synthèse, la séparation et la purification.</p> <p>L'élève sait proposer et/ou mettre en œuvre une méthode d'identification d'une espèce chimique en lien avec ses caractéristiques (température de changement d'état, indice de réfraction, Rf...)</p>
<p>Synthèses organiques Relation structure - réactivité en chimie organique Réactivité des : - alcools (oxydation, élimination, substitution) ; - aldéhydes et cétones (aldolisation, crotonisation, réduction) ; - acides et dérivés (estérification, hydrolyse) ; - composés aromatiques (substitution). Réaction d'addition, élimination, substitution, oxydation, réduction, acide-base. Sites nucléophiles et électrophiles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser l'oxydation d'un alcool dans le cadre d'une synthèse. - Reconnaître les réactions d'aldolisation, de crotonisation, d'estérification et d'hydrolyse. - Réaliser une synthèse mettant en œuvre une aldolisation, une réduction de cétone, une réaction de substitution électrophile aromatique. - Déterminer, à l'aide d'un tableau d'avancement, le réactif limitant dans une réaction de synthèse et en déduire le rendement de la synthèse. - Distinguer les différents types de réaction parmi les additions, éliminations, substitutions, oxydations, réductions et acide-base. - Identifier les sites électrophiles ou nucléophiles des différents réactifs. 	<p>L'élève sait reconnaître les groupes caractéristiques dans les alcools, les aldéhydes, les cétones, les acides carboxyliques, les esters et les amines en coordination avec les autres enseignements ; on évitera tout développement excessif de nomenclature ; on n'attend pas de l'élève qu'il connaisse les noms des groupes caractéristiques mais qu'il associe groupe et famille de composés.</p> <p>L'élève sait établir et exploiter un tableau d'avancement pour décrire quantitativement l'état final d'un système et déterminer un rendement.</p> <p>L'élève sait déterminer les différents types de réaction à partir de la comparaison des structures des réactifs et des produits (chaîne carbonée et groupes caractéristiques).</p> <p>L'élève s'appuie sur les acquis du programme de CBSV de première concernant l'électronégativité et la polarité des liaisons pour identifier les sites nucléophiles et électrophiles. L'interprétation de la réactivité et des déplacements électroniques sera vue en terminale.</p>

<p>Amélioration des cinétiques de synthèse Facteurs cinétiques. Énergie d'activation d'une réaction. Catalyse homogène et hétérogène. Chimie douce, chimie biomimétique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Effectuer expérimentalement le suivi temporel d'une synthèse chimique. - Décrire l'évolution de l'énergie d'un système à l'aide d'un profil réactionnel. - Proposer un protocole pour mettre en évidence les facteurs d'influence lors d'une catalyse homogène ou lors d'une catalyse hétérogène. - Interpréter, au niveau microscopique, l'évolution de la vitesse d'une réaction en fonction de la concentration, de la température, et de la présence de catalyseur. - Comparer des vitesses de réaction dans différents solvants et discuter du rôle du solvant. - Réaliser une synthèse mettant en œuvre une catalyse dans le cadre de la chimie biomimétique. 	<p>L'élève sait identifier sur un profil réactionnel les réactifs, les produits et l'énergie d'activation pour une étape donnée. Il sait comparer les profils réactionnels d'une réaction catalysée et non catalysée.</p> <p>On n'exige pas d'un élève qu'il sache proposer un protocole de suivi temporel mais qu'il sache en justifier les différentes étapes. L'élève exploite ses connaissances sur les facteurs d'influence de la catalyse homogène (concentration), hétérogène (quantité, surface de contact) et enzymatique (en lien avec CBSV) pour commenter ou choisir un protocole.</p> <p>Les interprétations au niveau microscopique s'appuient sur la notion de chocs efficaces introduite en CBSV.</p> <p>L'élève connaît les avantages de l'utilisation d'un catalyseur lors d'une synthèse en chimie douce : diminuer les consommations de matières premières et d'énergie, diminuer l'impact des procédés sur l'environnement en réduisant la production de sous-produits ou en traitant les émissions et les rejets divers.</p> <p>La comparaison de vitesses de réactions est effectuée à partir de données expérimentales présentées dans un tableau et/ou un graphique et doit éviter toute dérive calculatoire.</p>
---	--	--

Analyses physico-chimiques

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Analyses physico-chimiques et environnement</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Citer des analyses physico-chimiques mises en œuvre dans le cadre d'études environnementales 	<p>L'élève est capable de donner au moins deux exemples de composés présents dans l'air ou dans l'eau, dont la détection qualitative et quantitative est importante pour l'environnement.</p>
<p>Validité et limites des tests et des mesures effectués en chimie Précision, répétabilité, reproductibilité, fiabilité. Analyse qualitative : Tests de reconnaissance. Témoin. Analyse quantitative : seuil de détection. Instruments d'analyse et de mesure. Propriétés physiques des espèces chimiques. Chromatographie : couche mince (CCM) et colonne. Analyse structurale. Spectroscopie UV, IR, RMN Interaction rayonnement-matière.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Apprécier la précision, la répétabilité, la reproductibilité et la fiabilité d'un test ou d'une analyse ou d'un dosage. - Utiliser un logiciel de simulation pour rechercher les conditions opératoires optimales d'une analyse - Utiliser une banque de données pour exploiter les résultats d'une analyse qualitative d'ions ou de groupes caractéristiques. - Apprécier la pertinence d'un témoin lors d'une analyse qualitative et quantitative. - Expliquer le principe des bandelettes-test ou des papiers indicateurs. - Mettre en œuvre un protocole permettant de déterminer une limite de détection d'un test. - Citer quelques techniques mises en œuvre dans le cas de très faibles teneurs d'une espèce chimique à détecter. - Utiliser les principaux dispositifs d'analyse et de mesure : réfractomètre, banc Kofler, thermomètre, verrerie graduée, balance, pHmètre, conductimètre, spectrophotomètre. - Utiliser une chromatographie dans le cadre d'une analyse et interpréter le chromatogramme obtenu. - Pour chaque type d'analyse spectroscopique, citer les caractéristiques du rayonnement utilisé et les structures étudiées. - Utiliser des banques de données pour confirmer la présence d'un groupe caractéristique (IR) et pour confirmer une formule développée (RMN). 	<p>L'élève sait identifier les sources d'erreurs lors d'une mesure ou d'un processus de mesure, ainsi que leurs importances respectives en liaison avec les apprentissages réalisés dans « mesures et incertitudes » ; il fait la différence entre une erreur systématique et aléatoire ; il sait que le meilleur estimateur pour la valeur d'une grandeur est la valeur moyenne de n valeurs mesurées et que l'incertitude vise à quantifier la dispersion des mesures ; il sait calculer un écart-type à l'aide d'un logiciel ou d'une calculatrice.</p> <p>En spectrophotométrie UV-Visible, on attend que l'élève sache associer l'allure du spectre (maximum ou maxima ou la valeur de l'absorbance au maximum d'absorption) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à la couleur perçue dans un solvant donné, - à la concentration de l'espèce, - éventuellement à son identification si des données le permettent (longueur d'onde au maximum d'absorbance ou spectre de référence). <p>L'élève sait que la spectroscopie IR permet d'identifier les liaisons présentes dans les groupes caractéristiques ; il identifie ces liaisons à l'aide de tables de données ; les études seront essentiellement menées sur les groupes caractéristiques connus des élèves.</p> <p>L'élève sait que la spectroscopie de RMN permet d'identifier le squelette d'une molécule ; il est capable d'exploiter un spectre RMN fourni (nombre de signaux, multiplicité, déplacement chimique à partir d'une table de données, courbe d'intégration) pour attribuer les signaux aux différents atomes d'hydrogène</p>

		d'une molécule simple de formule développée donnée. Ces notions seront reprises en terminale.
<p>Préparation de solutions Concentration massique et molaire d'une solution</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser en autonomie des solutions ioniques et moléculaires de concentration molaire donnée. - Écrire l'équation d'une réaction de dissolution. - Déterminer la concentration effective d'une espèce chimique dans une solution à partir de la description du protocole de préparation de la solution. 	<p>L'élève sait définir et utiliser les grandeurs : concentrations molaire et massique. Les notions de titre massique et densité ne seront abordées qu'en terminale. L'élève sait décrire et mettre en œuvre les protocoles de préparation d'une solution par dilution et par dissolution. L'élève doit distinguer les concentrations molaires en soluté apporté et les concentrations effectives en utilisant une notation adaptée en lien avec les enseignements de physique-chimie de STI2D-STL.</p>
<p>Dosages par étalonnage Échelle de teintes. Spectrophotométrie. Densimétrie. Réfractométrie. Chromatographie sur colonne.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Concevoir un protocole pour déterminer la concentration d'une solution inconnue par une gamme d'étalonnage. - Tracer et exploiter une courbe d'étalonnage. - Utiliser la loi de Beer-Lambert. - Réaliser et exploiter quantitativement une chromatographie sur colonne. 	<p>L'élève connaît les conditions de réalisation par spectrophotométrie d'un dosage par étalonnage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - espèce soluble - solution limpide et non saturée - choix de la longueur d'onde (maximum d'absorbance de l'espèce et/ou absence d'absorption à la même longueur d'onde d'une autre espèce) - gamme de concentrations choisie pour éviter la saturation du spectrophotomètre. <p>L'élève relie l'additivité des absorbances à la nécessité et aux modalités de réalisation d'un blanc. L'élève connaît les conditions d'utilisation de la loi de Beer-Lambert qui est rappelée.</p>

<p>Dosages par titrage Équivalence d'un titrage. Titrages directs et indirects. Réactions support de titrage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - oxydation-réduction (espèces colorées en solution) : - acide-base (suivis conductimétrique et pH-métrique). 	<p>Définir l'équivalence d'un titrage.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Citer les espèces présentes dans le milieu réactionnel au cours du titrage. - Déterminer la concentration d'une solution inconnue à partir des conditions expérimentales d'un titrage. - Suivre et concevoir un protocole de titrage direct et de titrage indirect d'espèces colorées. - Réaliser des titrages suivis par conductimétrie et par pH-métrie. <p>- Interpréter qualitativement l'allure des courbes de titrages conductimétriques.</p> <p>- Citer et écrire les formules chimiques de quelques espèces usuelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> . acides (acide nitrique, acide sulfurique, acide phosphorique, acide chlorhydrique, acide éthanoïque) ; . bases (ion hydroxyde, soude et potasse, ammoniac) ; . oxydants (ion permanganate, ion peroxodisulfate, diiode, dioxygène, eau oxygénée) ; . réducteurs (ion thiosulfate, ion sulfite, ions iodure, métaux courants). 	<p>À partir d'un protocole fourni, l'élève sait écrire l'équation de la réaction support de titrage et établir les relations à l'équivalence entre quantités de matière en vue de la détermination de la concentration inconnue.</p> <p>La conception d'un protocole de titrage peut s'appuyer sur la réalisation de tests en tubes à essai ou sur l'exploitation de documents. Les notions thermodynamiques utiles seront introduites en terminale dans le cours de CBSV.</p> <p>L'élève sait réaliser une mesure de conductance ou de conductivité et une mesure de pH, en lien avec le cours de CBSV. Il sait choisir les électrodes adaptées à la mesure. Il sait distinguer une cellule de conductimétrie d'une cellule de pH-métrie.</p> <p>Il sait déterminer le volume à l'équivalence lors d'un titrage suivi par pH-métrie, par conductimétrie ou par colorimétrie (la capacité à choisir l'indicateur coloré n'est pas exigible en classe de première).</p> <p>L'élève sait utiliser qualitativement la loi de Kohlraush pour expliciter l'allure des courbes de titrage acido-basiques suivis par conductimétrie. L'énoncé de la loi n'est pas exigible. L'élève sait distinguer une courbe de titrage pH-métrique d'une courbe de titrage conductimétrique.</p>
---	---	---

Terminale. Bulletin officiel spécial n°8 du 13 octobre 2011

Enseignement de sciences physiques et chimiques en laboratoire de la série sciences et technologies de laboratoire - classe terminale

Synthèses chimiques

Du macroscopique au microscopique dans les synthèses

Des synthèses avec de meilleurs rendements

Des synthèses forcées

Des synthèses inorganiques

Séparation et purification

Analyses physico-chimiques

Préparation de solutions

Analyses qualitative et structurale

Dosage par étalonnage

Dosage par titrage

Capteurs électrochimiques

Choix d'une technique d'analyse

Synthèses chimiques

Du macroscopique au microscopique dans les synthèses

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Échelle d'électronégativité et polarité des liaisons. Nucléophilie, électrophilie et réactivité. Mécanismes réactionnels : - étapes d'un mécanisme ; - intermédiaires réactionnels ; - catalyseurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Écrire les formules de Lewis des entités chimiques en faisant apparaître les charges et les charges partielles. - Prévoir les déplacements électroniques possibles des sites nucléophiles vers les sites électrophiles. - Relier le formalisme des flèches représentant le déplacement de doublets électroniques à la formation ou à la rupture de liaisons dans les étapes d'un mécanisme fourni. - Repérer, dans une étape du mécanisme, les réactifs nucléophile et électrophile à l'aide des déplacements des doublets électroniques. - Reconnaître dans un mécanisme une addition, une substitution, une élimination et une réaction acide-base. - Retrouver l'équation d'une réaction à partir d'un mécanisme la modélisant au niveau microscopique. - Identifier un catalyseur dans un mécanisme fourni. - Montrer qu'un catalyseur renforce le caractère nucléophile ou électrophile d'un site. 	<p>Cette partie s'appuie sur des acquis de la classe de première (module chimie et développement durable et enseignement de CBSV). L'élève sait relier la structure d'une entité et sa réactivité. L'élève sait exploiter l'ensemble des informations fournies par un mécanisme. L'écriture des mécanismes en autonomie n'est pas une capacité exigible et relève de l'enseignement supérieur.</p>
<p>Profils réactionnels. Relier mécanisme et profil réactionnel : nombre d'étapes, intermédiaires</p>	<p>Relier mécanisme et profil réactionnel : nombre d'étapes, intermédiaires réactionnels, étape cinétiquement déterminante, en comparant les énergies d'activation des différentes étapes</p>	<p>La notion de mécanisme réactionnel permet de compléter la première approche des profils réactionnels abordés en classe de première dans le module chimie et développement durable. L'élève sait exploiter un profil réactionnel (identification des réactifs, produits, intermédiaires réactionnels, nombre d'étapes élémentaires, énergies d'activation, étape cinétiquement déterminante). Le tracé en autonomie d'un profil réactionnel complet n'est pas exigible à ce niveau et relève de l'enseignement supérieur.</p>

Des synthèses avec de meilleurs rendements

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Transformation spontanée et évolution d'un système vers un état d'équilibre.</p> <p>Augmentation du rendement de la synthèse d'un produit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - pour une réaction de synthèse donnée par : <ul style="list-style-type: none"> . élimination d'un produit, . ajout d'un excès de réactif, . modification de la température ; - par changement d'un des réactifs ; - par limitation des réactions concurrentes : <ul style="list-style-type: none"> . chimiosélectivité, . régiosélectivité, . stéréosélectivité. 	<ul style="list-style-type: none"> - Justifier le caractère spontané d'une transformation en comparant le quotient de réaction Q_r et la constante d'équilibre K. - Déterminer un rendement de synthèse. - Inventorier les paramètres qui permettent d'améliorer le rendement d'une synthèse. - Reconnaître, entre deux protocoles, le paramètre qui a été modifié et justifier son rôle sur l'évolution du rendement. - Proposer et mettre en œuvre un protocole pour illustrer une amélioration du rendement d'une synthèse. - Comparer des protocoles de synthèse et choisir le plus performant (rendement, coût, respect de l'environnement). 	<p>Cette partie est en lien avec l'enseignement de CBSV.</p> <p>La notion d'activité sera abordée dans l'enseignement supérieur ; on assimilera les activités des solutés aux concentrations molaires. La concentration molaire standard de référence $C^\circ = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ pourra être évoquée pour assurer le fait que Q_r est une grandeur sans dimension, mais sa présence dans l'écriture des expressions littérales de Q_r n'est pas exigible. L'écriture en autonomie du quotient de réaction Q_r est une capacité exigible du programme de CBSV, et pourra donc être exigée dans le cadre de ce module.</p> <p>L'élève sait établir une relation permettant de déterminer le rendement expérimental à partir des quantités de matière, des masses ou des volumes des réactifs et produits. La détermination d'un rendement attendu à l'aide de la valeur de la constante d'équilibre et des données quantitatives sur les réactifs n'est pas exigible.</p> <p>Les lois de modération et la loi de Van 't Hoff ne sont pas exigibles. On privilégie à ce stade de la formation des raisonnements qualitatifs par comparaison de valeurs de quotient réactionnel et de constante d'équilibre.</p> <p>L'élève sait calculer l'économie d'atomes à partir de la définition fournie et l'utiliser pour choisir un protocole parmi plusieurs propositions fournies.</p>

Des synthèses forcées

<p>Électrolyse, électrosynthèse, photosynthèse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser expérimentalement et interpréter quelques électrolyses, dont celle de l'eau. - Identifier expérimentalement ou à partir du schéma du circuit électrique la cathode et l'anode d'un électrolyseur. - Prévoir les réactions possibles aux électrodes, les couples mis en jeu étant donnés. - Identifier et/ou caractériser expérimentalement les espèces chimiques formées aux électrodes. - Écrire les équations des réactions aux électrodes connaissant les produits formés. 	<p>Cette partie s'appuie sur les notions d'oxydo-réduction vues en classe de première en tronc commun dans l'enseignement de physique-chimie et en classe de terminale dans l'enseignement de CBSV et elle complète la formation de tronc commun de la classe terminale dans le thème transport (piles et accumulateurs). Toute notion de cinétique électrochimique est hors programme (courbes courant-potentiel, surtension) et sera abordée dans l'enseignement supérieur.</p>
<p>Transformation forcée : apport d'énergie et évolution hors équilibre du système</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer le caractère forcé des électrolyses et des photosynthèses, du caractère spontané d'autres transformations, en comparant l'évolution du quotient de réaction par rapport à la constante d'équilibre. - Repérer la source d'énergie mise en œuvre dans une transformation forcée. 	<p>L'élève sait expliquer la différence entre un dispositif siège d'une électrolyse et un générateur électrochimique en termes de conversion d'énergie et d'évolution du système par rapport à un état d'équilibre.</p>
<p>Bilan de matière lors d'une électrolyse. Applications courantes des électrolyses à la synthèse</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Prévoir les quantités de produits formés dans des cas simples et confronter les prévisions du modèle aux mesures. - Déterminer le rendement d'une électrosynthèse. - Citer quelques applications courantes des électrolyses : synthèse de métaux, de produits minéraux et organiques, stockage d'énergie, analyse et traitement de polluants. - Analyser différentes voies de synthèses et montrer que l'électrolyse peut permettre de respecter quelques principes de la chimie verte (matières premières renouvelables, non-consommation de ressources fossiles, absence de sous-produits carbonés). 	<p>L'élève sait exploiter des informations fournies au sujet d'un dispositif siège d'une électrolyse pour déterminer la quantité de matière formée et/ou, la masse de matière formée pendant une durée donnée.</p> <p>L'élève connaît et utilise la relation entre la quantité d'électricité échangée pendant une durée donnée de circulation d'un courant d'intensité constante est une connaissance exigible. Cette partie ne sera pas l'occasion de longs calculs mais laissera le temps à l'expérimentation et à l'étude d'exemples authentiques.</p> <p>Il n'est pas exigé de l'élève qu'il sache citer des exemples d'espèces chimiques fabriquées par électrolyse, mais qu'il connaisse les grands champs d'application de l'électrolyse en synthèse.</p>

Des synthèses inorganiques

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Synthèses inorganiques industrielles : aspects cinétiques, thermodynamiques, environnementaux.</p> <p>Un exemple de synthèse inorganique au laboratoire : la synthèse des complexes. Complexe, ion ou atome central, ligand, liaison.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Analyser un ou plusieurs procédés industriels de synthèse d'une même espèce chimique en s'appuyant sur les principes de la chimie verte : <ul style="list-style-type: none"> . matières premières, . sous-produits, . énergie, . catalyseur, . sécurité. - Reconnaître dans un complexe : l'ion ou l'atome central, le ou les ligands, le caractère monodenté ou polydenté du ligand. - Décrire l'établissement de la liaison entre l'ion ou l'atome central et le ou les ligands selon le modèle accepteur-donneur de doublet électronique. - Écrire l'équation de la réaction associée à la synthèse d'un complexe. 	<p>Identifier une espèce chimique comme étant un complexe n'est pas une capacité exigible.</p> <p>La prévision de la formule d'un complexe n'est pas exigible.</p> <p>Aucun élément de nomenclature n'est exigible.</p> <p>L'élève ne peut reconnaître le caractère mono ou polydenté d'un ligand qu'à partir de la représentation spatiale du complexe.</p>
<p>Réaction de formation d'un complexe :</p> <ul style="list-style-type: none"> - constante de formation globale d'un complexe, - synthèse et analyse d'un complexe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suivre un protocole de synthèse d'un complexe. - Déterminer, à l'aide d'un tableau d'avancement, le réactif limitant dans la synthèse d'un complexe et en déduire le rendement de la synthèse. - Proposer ou suivre un protocole mettant en œuvre l'analyse qualitative et quantitative d'un complexe. 	<p>L'élève sait calculer un rendement à partir de l'équation de réaction et d'informations concernant les quantités de matière ou les masses.</p>
<p>Complexes inorganiques, bioinorganiques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Extraire des informations pour illustrer des applications des complexes inorganiques et bio-inorganiques. 	<p>Cette partie est en lien avec le programme de CBSV.</p>

Séparation et purification

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Réaction de dissolution d'une espèce chimique dans l'eau. Solution saturée et notion de solubilité.</p> <p>Quotient de réaction et constante d'équilibre de dissolution.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Illustrer expérimentalement la notion de solubilité. - Montrer que lors d'une dissolution le quotient de réaction Q_r évolue vers la constante d'équilibre K et qu'il ne peut l'atteindre que si la quantité d'espèce apportée est suffisante. - Associer solution saturée et système chimique à l'équilibre. 	<p>Tout calcul de solubilité est hors-programme.</p> <p>L'élève sait prévoir le caractère saturé ou non d'une solution par comparaison de la solubilité à la température considérée et de la quantité de solide mis en solution.</p>
<p>Solubilité d'une espèce chimique dans l'eau.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comparer et interpréter les solubilités de différentes espèces chimiques dans l'eau en termes d'interactions intermoléculaires et d'éventuelles réactions chimiques qu'elles engagent avec l'eau. 	<p>Cette partie est l'occasion de mobiliser les acquis de l'enseignement de CBSV en classe de première (partie 1.5) sur l'eau solvant et les interactions intermoléculaires.</p> <p>En lien avec l'enseignement de CBSV, l'élève interprète la solubilité dans l'eau d'une espèce chimique organique en analysant sa structure et la nature des interactions intermoléculaires mises en jeu. Les termes hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe et amphiphile doivent être connus et mobilisables pour argumenter.</p> <p>L'élève sait que l'eau a des propriétés acides et basiques qui peuvent influencer la solubilité d'espèces acides ou basiques.</p> <p>La notion de moment dipolaire sera abordée dans l'enseignement supérieur.</p>
<p>Paramètres influençant la solubilité d'une espèce chimique en solution aqueuse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - température ; - composition de la solution. 	<ul style="list-style-type: none"> - À partir des caractéristiques de la réaction de dissolution d'une espèce chimique dans une solution aqueuse, prévoir les paramètres influençant sa solubilité (température, pH, ions communs). 	<p>Il s'agit d'une interprétation qualitative ; aucun calcul ne doit être mené.</p>

<p>Extraction d'une espèce chimique d'une phase aqueuse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - par dégazage ; - par solvant ; - par précipitation 	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer un protocole pour extraire une espèce chimique dissoute dans l'eau. - Choisir un solvant pour extraire une espèce chimique et réaliser une extraction par solvant. - Proposer ou suivre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation. 	<p>L'élève sait argumenter le choix d'un solvant pour une extraction à partir de données (structures, solubilités, toxicité du solvant...).</p> <p>L'élève sait exploiter des données numériques ou graphiques sur les limites de précipitation pour proposer ou justifier un protocole d'extraction sélective d'ions.</p>
<p>Prévision de l'état final lors de la dissolution d'une espèce chimique dans l'eau.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Prédire si la solution obtenue par dissolution d'une espèce chimique est saturée ou non en comparant Q_r et K. Confronter les prévisions du modèle de la transformation avec les observations expérimentales. 	<p>La détermination d'un produit de solubilité K_s sera abordée dans l'enseignement supérieur.</p>
<p>Séparation et développement durable</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Extraire des informations pour justifier l'évolution des techniques de séparation et repérer celles qui s'inscrivent davantage dans le cadre du développement durable. 	

Analyses physico-chimiques

Préparation de solutions

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Solvant : eau distillée, eau permutée.</p> <ul style="list-style-type: none"> - soluté : densité, titre massique, concentrations massique et molaire, toxicité ; . solution : stockage, rejet, recyclage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Justifier la nécessité d'utiliser de l'eau distillée ou permutée dans le cadre des analyses en solution. - Analyser l'eau avant et après distillation, avant et après passage sur une résine échangeuse d'ions. - Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'un solide ou d'une solution de concentration connue ou d'une solution de titre massique et de densité connus. - Déterminer la concentration d'une espèce chimique à partir du protocole de fabrication de la solution. 	<p>Cette partie prolonge la formation dispensée à ce sujet en classe de seconde et en classe de première (chimie et développement durable et tronc commun), les notions nouvelles introduites en terminale étant la densité et le titre massique.</p> <p>On attend de l'élève qu'il sache préparer en autonomie toute solution usuelle dont le soluté est solide ou liquide (proposition de protocole, mise en œuvre, vérification expérimentale du titre à l'aide d'informations fournies sur les analyses à mettre en œuvre).</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Adapter le mode d'élimination d'une solution à la tolérance admise dans les eaux de rejet. - Citer les paramètres d'influence sur le stockage de solutions : matériau du flacon, température, lumière. 	<p>On attend de l'élève qu'il interprète un écart entre un résultat expérimental et une valeur attendue par le vieillissement potentiel d'une des solutions utilisées dans le titrage.</p> <p>L'élève est en mesure d'estimer la concentration des espèces contenues dans une solution pour déterminer si le rejet à l'évier est envisageable ou pour proposer des conditions de traitement et/ou stockage.</p> <p>L'élève exploite ses connaissances en réactivité, thermodynamique et cinétique ou des informations fournies pour interpréter ou proposer des conditions de stockage de solutions.</p>
--	---	--

Analyses qualitative et structurale

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Analyse qualitative : tests de reconnaissance, témoin.</p> <p>Analyse structurale : spectroscopie UV-visible, IR, RMN.</p>	<p>À l'aide de tables de données, de spectres ou de logiciels :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proposer un protocole d'analyse qualitative pour valider une hypothèse émise sur la présence d'une espèce chimique. - Exploiter des spectres UV-visible pour caractériser une espèce chimique et choisir une longueur d'onde d'analyse quantitative. - Identifier des groupes fonctionnels par analyse d'un spectre IR. - Relier un spectre de RMN à une molécule donnée. 	<p>L'élève réinvestit les acquis de la classe de première pour proposer des protocoles d'analyse pertinents (spécificité, seuil de détection, saturation, influence du milieu) à partir de ses connaissances et de données fournies.</p> <p>L'élève énonce et exploite la loi de Beer-Lambert.</p> <p>L'élève réinvestit en terminale l'ensemble des capacités attendues en classe de première sur les spectroscopies UV, IR et RMN.</p> <p>Dans des cas complexes on pourra n'exploiter qu'une partie du spectre bien ciblée.</p>

Dosage par étalonnage

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
Conductimétrie : conductance, conductivité, conductivité ionique molaire.	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer un protocole pour identifier les paramètres d'influence sur la conductance - Utiliser un conductimètre pour mesurer la conductivité d'une solution. - Concevoir un protocole et le mettre en œuvre pour comparer qualitativement des conductivités ioniques molaires d'anions et de cations : confronter les classements expérimentaux obtenus à ceux issus des tables de données. - Concevoir un protocole et le mettre en œuvre pour déterminer la concentration d'une solution inconnue par comparaison à une gamme d'étalonnage. 	<p>L'élève sait utiliser un conductimètre, une notice étant fournie.</p> <p>L'élève exploite la loi de Kohlraush (cette loi et ses limites d'application ne sont pas exigibles à ce stade de la formation) pour concevoir ou analyser des protocoles de dosage par étalonnage, ou en exploiter les résultats.</p> <p>L'élève sait que pour établir l'influence d'un paramètre sur une grandeur physique il ne doit modifier qu'un paramètre à la fois.</p> <p>L'utilisation de la calculatrice et/ou d'un logiciel de traitement de données (avec notice fournie) pour l'exploitation des résultats expérimentaux est exigible.</p>
Dosage rapide par confrontation à une échelle de teintes : bandelettes et pastilles commerciales	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en œuvre un protocole de dosage rapide et comparer ses avantages et ses inconvénients en termes d'efficacité et de justesse. 	<p>La mise en œuvre de ces dosages rapides est l'occasion de mobiliser les capacités relatives à la précision de la mesure.</p>

Dosage par titrage

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
Réactions support de titrage : précipitation (suivi par conductimétrie).	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer et réaliser un protocole de titrage mettant en jeu une réaction de précipitation suivie par conductimétrie. - Interpréter qualitativement l'allure de la courbe de titrage par suivi conductimétrique en utilisant des tables de conductivités ioniques molaires et en déduire le volume à l'équivalence du titrage. 	<p>L'élève trace et exploite une courbe de titrage suivi par conductimétrie : détermination du volume à l'équivalence, interprétation qualitative de l'allure de la courbe, la loi de Kohlraush et les conductivités ioniques molaires étant fournies.</p>

<p>Titrage avec indicateurs colorés Indicateur coloré acido-basique ; zone de virage. Choix d'un indicateur pour un titrage donné. Indicateur coloré de précipitation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître expérimentalement et dans la description d'un protocole un indicateur coloré acido-basique. - Tracer le diagramme de prédominance des deux formes d'un indicateur coloré pour en déduire la zone de virage. - Justifier le choix d'un indicateur coloré pour un titrage donné à partir de la courbe de titrage pHmétrique et/ou des diagrammes de prédominance. - Proposer et réaliser un protocole de titrage mettant en œuvre un indicateur coloré. Repérer expérimentalement l'équivalence. - Interpréter le comportement de l'indicateur dans le cas du titrage d'ions halogénure selon la méthode de Mohr. - Réaliser et exploiter un titrage d'ions halogénure selon la méthode de Mohr. 	<p>Cette partie complète les acquis de la classe de première à propos des indicateurs colorés acido-basiques. L'élève sait choisir, à partir de tables fournies, l'indicateur coloré acido-basique adapté. L'élève sait justifier l'emploi en faible quantité d'un indicateur coloré.</p> <p>Dans le cas de la méthode de Mohr, l'élève est capable d'expliquer qualitativement le fonctionnement de l'indicateur, soit à l'aide des équations de réaction qui lui sont fournies, soit à l'aide de tests en tubes à essais</p> <p>La mise en œuvre des titrages colorimétriques est l'occasion de mobiliser les capacités relatives à la précision de la mesure.</p>
---	---	--

Capteurs électrochimiques

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Électrode. Potentiel d'électrode : électrode standard à hydrogène, électrode de référence, relation de Nernst, potentiel standard. Le potentiel d'électrode, un outil de prévision : - polarité et tension à vide (fem) des piles, - sens spontané d'évolution d'un système, siège d'une réaction d'oxydo-réduction.</p> <p>Classement des oxydants et des réducteurs : échelles de potentiels, échelles de potentiels standards, relation entre différence des potentiels standards et caractère plus ou moins favorisé d'une transformation. Électrode spécifique, dosages par capteurs électrochimiques. Analyse en temps réel pour prévenir toutes pollutions et limiter les risques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier, dans une pile, une électrode comme un système constitué par les deux membres d'un couple oxydant/réducteur et éventuellement d'un conducteur. - Relier le potentiel d'électrode à la tension à vide de la pile constituée par l'électrode et l'électrode standard à hydrogène (ESH). - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer un potentiel d'électrode à l'aide d'électrodes de référence. - Déterminer expérimentalement les paramètres d'influence sur un potentiel d'électrode. - Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer ou vérifier la relation entre le potentiel d'électrode et les concentrations des constituants du couple. - Écrire la relation de Nernst pour un couple donné. - Utiliser la relation de Nernst pour déterminer un potentiel d'électrode. - Prévoir, à l'aide des potentiels d'électrode, la polarité d'une pile, sa tension à vide (fem) et son évolution lors de son fonctionnement et valider expérimentalement ces prévisions. - Prévoir le sens spontané d'évolution lors d'une transformation rédox à l'aide des potentiels d'électrode des couples mis en jeu et confronter expérimentalement le modèle. - Interpréter l'absence de l'évolution prévue pour un système en termes de blocage cinétique. - Comparer les pouvoirs oxydants (les pouvoirs réducteurs) d'espèces chimiques à l'aide d'une échelle de potentiels d'électrode. - Prévoir le caractère favorisé d'une transformation à l'aide d'une échelle de potentiels standards. 	<p>En lien avec les enseignements de physique-chimie STI2D-STL et de CBSV, l'élève doit savoir que les réactions mises en jeu dans une pile sont spontanées. À partir de la mesure de l'intensité du courant et/ou de la tension aux bornes de la pile et d'informations éventuelles sur les couples mis en jeu, l'élève sait indiquer :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le sens de circulation des électrons dans le circuit ; - l'électrode où se produit la réduction ; - l'électrode où se produit l'oxydation ; - les réactions aux électrodes ; - le sens de circulation des porteurs de charges au sein de la pile. <p>L'élève sait exploiter des données de potentiels des couples rédox pour trouver le sens de l'évolution d'un système et donc les réactions associées ; on n'abordera pas les problèmes de cinétique.</p> <p>La loi de Nernst est rappelée dans sa formulation générique et l'élève sait l'appliquer à tout couple fourni.</p> <p>L'élève relie le caractère possible (respectivement favorisé) d'une transformation d'oxydoréduction à la comparaison à la valeur zéro de la valeur de la différence de potentiels des couples considérés (respectivement de potentiels standard).</p> <p>Les capacités acquises en tronc commun dans enseignement de physique-chimie de la classe de première sur l'écriture des équations d'oxydoréduction sont réinvesties. L'élève peut désormais relier le sens d'écriture de l'équation de réaction (réactifs à gauche) au caractère spontané de la transformation. L'étude des capteurs sera</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier une électrode à un « capteur électrochimique » spécifique d'une espèce chimique. - Relier le potentiel d'une électrode spécifique d'une espèce chimique à sa concentration. - Concevoir et mettre en œuvre un protocole de dosage par étalonnage d'une espèce chimique à l'aide d'un capteur électrochimique. - Extraire des informations pour illustrer des applications historiques, actuelles et en développement des capteurs électrochimiques, notamment dans le cadre de mesures environnementales : mesures de traces d'éléments, dosage de gaz (polluants, sonde lambda), analyse en temps réel et transmission des données pour contrôle et régulation. 	<p>mise en perspective avec celle faite dans les enseignements de physique-chimie de STI2D-STL.</p>
--	--	---

Choix d'une technique d'analyse

Notions et contenus	Capacités exigibles	Repères pour la formation
<p>Critères de choix :</p> <ul style="list-style-type: none"> - coût ; - durée ; - justesse et fidélité ; - seuil de détection ; - discrimination de plusieurs espèces dans le cas d'un mélange. 	<p>Choisir, parmi plusieurs techniques, la plus performante pour un critère donné (coût, durée, justesse et fidélité, seuil, discrimination de plusieurs espèces) en s'appuyant sur son principe, sa mise en œuvre et ses résultats expérimentaux pour une analyse donnée.</p>	<p>Le travail d'acquisition de cette capacité s'effectue sur l'ensemble des deux années de formation à l'issue desquelles on veillera à proposer des situations de mobilisation de cette capacité en autonomie et sur des cas concrets.</p>