

Programme SPCL « Chimie et Développement Durable »

Notions et contenus	Capacités exigibles
---------------------	---------------------

(1) Prise en compte de la sécurité en chimie

<ul style="list-style-type: none">▪ Règles de sécurité au laboratoire.▪ Pictogramme des réactifs, des solvants, des produits et sous-produits.	<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
---	---

(2) Enjeux sociétaux, économiques et environnementaux

<ul style="list-style-type: none">▪ Analyses physicochimiques et environnement	<ul style="list-style-type: none">- Citer• 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.- Citer des analyses physico-chimiques mises en œuvre dans le cadre d'études environnementales
---	---

La chimie verte

<ul style="list-style-type: none">▪ La chimie face à l'environnement <p>Rôle de la chimie dans des problématiques liées à l'environnement.</p> <p>Toxicité de certaines espèces chimiques. Stockage et recyclage des espèces à risque. Impact environnemental des synthèses et des analyses.</p>	<ul style="list-style-type: none">- Citer des implications de la chimie dans des études menées sur l'environnement ou des actions visant à le préserver.- 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.- Citer les paramètres d'influence sur le stockage de solutions : matériau du flacon, température, lumière.- Choisir, parmi plusieurs procédés, celui qui minimise les impacts environnementaux.
---	--

<p>▪ Synthèses et environnement</p> <p>Analyse de l'impact environnemental d'une synthèse.</p> <p>Les douze principes de la « Chimie verte »</p> <p>Alternative à la pétrochimie : chimie des substances naturelles (agroressources et hémisynthèses)</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. - Analyser un ou plusieurs procédés industriels de synthèse d'une même espèce chimique en s'appuyant sur les principes de la chimie verte : matières premières, sous-produits, énergie, catalyseur, sécurité - Comparer les avantages et les inconvénients de différents procédés de synthèse. - Réaliser l'extraction d'une espèce naturelle. - 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.
--	---

(3) Synthèses chimiques

Les familles organiques

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relation structure - réactivité en chimie organique ▪ Réactivité des : <ul style="list-style-type: none"> - alcools (oxydation, élimination, substitution) - aldéhydes et cétones (aldolisation, crotonisation, réduction) - acides et dérivés (estérification, hydrolyse) ▪ Réaction d'addition, élimination, substitution, oxydation, réduction, acide-base. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les groupes caractéristiques dans les alcools, les aldéhydes, les cétones, les acides carboxyliques, les esters et les amines. - 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... - 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.
--	--

Techniques de séparation et de purification

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distillation ▪ Recristallisation ▪ Filtration sous vide ▪ Chromatographie ▪ Contrôle de pureté 	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser une distillation simple, une distillation fractionnée, une recristallisation, une filtration, une filtration sous vide, une chromatographie. - Savoir décrire et schématiser les principaux montages mis en œuvre dans un laboratoire, pour la synthèse, la séparation et la purification. - Mesurer une température de fusion - 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.
--	--

Les mécanismes réactionnels

- Échelle d'électronégativité et polarité des liaisons.
- Sites nucléophiles et électrophiles. Réactivité.
- Mécanismes réactionnels :
 - étapes d'un mécanisme
 - intermédiaires réactionnels
 - catalyseurs

- *Écrire les formules de Lewis des entités chimiques en faisant apparaître les charges et les charges partielles.*
- *Identifier les sites électrophiles ou nucléophiles des différents réactifs.*
- *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.*

Amélioration des cinétiques de synthèse

- Facteurs cinétiques
- Catalyse homogène et hétérogène.

- *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.*

Les profils réactionnels

- Énergie d'activation d'une réaction.
- Relier mécanisme et profil réactionnel :
 - nombre d'étapes, intermédiaires

- *Relier mécanisme et profil réactionnel : nombre d'étapes, intermédiaires réactionnels, étape cinétiquement déterminante, en comparant les énergies d'activation des différentes étapes*
- *Décrire l'évolution de l'énergie d'un système à l'aide d'un profil réactionnel.*
- *Savoir identifier sur un profil réactionnel, les réactifs, les produits et l'énergie d'activation pour une étape donnée*
- *Comparer les profils réactionnels d'une réaction catalysée et non catalysée*

Des synthèses avec de meilleurs rendements

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformation spontanée et évolution d'un système vers un état d'équilibre. ▪ Augmentation du rendement de la synthèse d'un produit : <ul style="list-style-type: none"> - pour une réaction de synthèse donnée par 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 : 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).
--	---

Des synthèses forcées : Les électrolyses

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Electrolyses 	<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.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformation forcée : apport d'énergie et évolution hors équilibre du système 	<ul style="list-style-type: none"> - Distinguer le caractère forcé des électrolyses, 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.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bilan de matière lors d'une électrolyse. ▪ Applications courantes des électrolyses à la synthèse 	<ul style="list-style-type: none"> - Prévoir les quantités de produits formés dans des cas simples et confronter les prévisions du modèle aux mesures. - Connaître et savoir utiliser la relation $Q = I \times \Delta T$ - 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).

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potentiel d'électrode, potentiel standard ▪ Electrode standard à hydrogène, électrode de référence, ▪ Relation de Nernst. ▪ Le potentiel d'électrode, un outil de prévision : <ul style="list-style-type: none"> - polarité et tension à vide (fem) des piles, - sens spontané d'évolution d'un système, siège d'une réaction d'oxydo-réduction. ▪ 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. 	<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.
--	---

Des synthèses inorganiques : les complexes

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Complexe, ion ou atome central, ligand, liaison. ▪ Réaction de formation d'un complexe : <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"> - 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. - 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.
---	--

(4) Analyses physico-chimiques

Mesures effectuées en chimie

<ul style="list-style-type: none">▪ Instruments d'analyse et de mesure.▪ Propriétés physiques des espèces chimiques.▪ Chromatographie : couche mince (CCM) et colonne.	<ul style="list-style-type: none">- Utiliser les principaux dispositifs d'analyse et de mesure : réfractomètre, banc Kofler, thermomètre, verrerie graduée, balance, pH-mètre, conductimètre, spectrophotomètre.- Utiliser une chromatographie dans le cadre d'une analyse et interpréter le chromatogramme obtenu.- Savoir identifier les sources d'erreurs lors d'une mesure ou d'un processus de mesure, ainsi que leur importance respective.- Faire la différence entre une erreur systématique et aléatoire.- Savoir quantifier les erreurs de mesure.
--	--

Spectroscopie

<ul style="list-style-type: none">▪ Spectroscopie UV-visible	<ul style="list-style-type: none">- Savoir associer l'allure du spectre<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 les données le permettent (longueur d'onde au maximum d'absorbance ou spectre de référence)
<ul style="list-style-type: none">▪ Spectroscopie IR	<ul style="list-style-type: none">- Savoir que la spectroscopie IR permet d'identifier les liaisons présentes dans les groupes caractéristiques.- Identifier les liaisons présentes dans les groupes caractéristiques à l'aide de tables de données
<ul style="list-style-type: none">▪ Spectroscopie RMN	<ul style="list-style-type: none">- Savoir que la spectroscopie RMN permet d'identifier le squelette d'une molécule- 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 d'une molécule simple de formule développée donnée.

Les solutions

<ul style="list-style-type: none">▪ Solvant : eau distillée, eau permutée.	<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.
<ul style="list-style-type: none">▪ Concentrations massique et molaire d'une solution▪ Densité, titre massique	<ul style="list-style-type: none">- Savoir définir et utiliser les grandeurs concentrations molaire et massique- Préparer une solution aqueuse de concentration donnée à partir d'un solide (par dissolution) ou d'une solution de concentration connue (par dilution) ou d'une solution de titre massique et de densité connus.- Écrire l'équation d'une réaction de dissolution.

	<ul style="list-style-type: none"> - Déterminer la concentration effective d'une espèce chimique dans une solution à partir de la description du protocole de préparation de la solution. - Savoir distinguer les concentrations molaires en soluté apporté et les concentrations effectives en ions en utilisant la notation adaptée.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Solution saturée et notion de solubilité. ▪ Quotient de réaction et constante d'équilibre de dissolution. ▪ Paramètres influençant la solubilité d'une espèce chimique en solution aqueuse : <ul style="list-style-type: none"> - température - composition de la solution. ▪ Prévion de l'état final lors de la dissolution d'une espèce chimique dans l'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> - Illustrer expérimentalement la notion de solubilité. - Prévion le caractère saturé ou non d'une solution : <ul style="list-style-type: none"> • par comparaison de la solubilité à la température considérée et de la quantité de solide mis en solution • en comparant Q_r et K. - 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. - Connaitre et utiliser les termes hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe, amphiphile - 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. - À partir des caractéristiques de la réaction de dissolution d'une espèce chimique dans une solution aqueuse, prévion les paramètres influençant sa solubilité (température, pH, ions communs).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Extraction d'une espèce chimique d'une phase aqueuse : <ul style="list-style-type: none"> - par dégazage - par solvant - par précipitation 	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer un protocole (en choisissant le bon solvant) pour extraire une espèce chimique dissoute dans l'eau. - Proposer ou suivre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation.

Dosages par étalonnage

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Échelle de teintes. Densimétrie. Réfractométrie. 	<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.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spectrophotométrie 	<ul style="list-style-type: none"> - Connaitre les conditions de réalisation d'un dosage par étalonnage utilisant la spectrophotométrie : <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 présente dans la solution) - Connaitre et utiliser la loi de Beer-Lambert.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conductimétrie <p>conductance, conductivité, conductivité ionique molaire.</p>	<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.

	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dosages par capteurs électrochimiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concevoir et mettre en œuvre un protocole de dosage par étalonnage d'une espèce chimique à l'aide d'un capteur électrochimique.

Dosage par titrage	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Équivalence d'un titrage. ▪ Titrages directs et indirects. ▪ Réactions support de titrage : <ul style="list-style-type: none"> - oxydation-réduction (espèces colorées en solution) - acide-base (suivis conductimétrique et pHmétrique). - précipitation (suivi par conductimétrie). 	<ul style="list-style-type: none"> - Définir l'équivalence d'un titrage. - Savoir 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 - 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. - Interpréter qualitativement l'allure des courbes de titrages conductimétriques en utilisant des tables de conductivités ioniques molaires. - Savoir déterminer le volume à l'équivalence lors d'un titrage suivi par pH-métrie, par conductimétrie ou par colorimétrie - Proposer et réaliser un protocole de titrage mettant en jeu une réaction de précipitation suivie par conductimétrie.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Titrage avec indicateurs colorés Indicateur coloré acidobasique : ▪ Zone de virage. ▪ Choix d'un indicateur pour un titrage donné. ▪ Indicateur coloré de précipitation 	<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.