

# Programme SPCL « Chimie et Développement Durable »

## Les parties surlignées sont les notions abordées dès l'année de 1ère

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

### (1) Prise en compte de la sécurité en chimie

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Règles de sécurité au laboratoire.</li><li>▪ Pictogramme des réactifs, des solvants, des produits et sous-produits.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relever dans les recueils de données les grandeurs physico-chimiques caractéristiques d'une espèce chimique.</li><li>- Appliquer les règles de sécurité et respecter les conseils de prudence et de prévention liés aux espèces chimiques et à leurs mélanges.</li><li>- Adopter une attitude responsable au laboratoire.</li><li>- Développer progressivement une autonomie dans la prévention des risques.</li><li>- Analyser les consignes de sécurité proposées dans un protocole</li></ul>
---	---

### (2) Enjeux sociétaux, économiques et environnementaux

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Analyses physicochimiques et environnement</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Citer<ul style="list-style-type: none"><li>• l'intervention de la chimie dans divers domaines de la vie courante,</li><li>• l'évolution d'une technique au cours des siècles,</li><li>• des choix opérés pour répondre à des besoins sociétaux et/ou économiques.</li></ul></li><li>- Citer des analyses physico-chimiques mises en œuvre dans le cadre d'études environnementales</li></ul>
--	--

#### La chimie verte

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ La chimie face à l'environnement</li></ul> <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"><li>- Citer des implications de la chimie dans des études menées sur l'environnement ou des actions visant à le préserver.</li><li>- 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.</li><li>- Adapter le mode d'élimination d'une espèce chimique ou d'un mélange à la tolérance admise dans les eaux de rejet.</li><li>- Citer les paramètres d'influence sur le stockage de solutions : matériau du flacon, température, lumière.</li><li>- Choisir, parmi plusieurs procédés, celui qui minimise les impacts environnementaux.</li></ul>
--	--

<p>▪ <b>Synthèses et environnement</b></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"> <li>- Citer les exigences en matière de chimie « verte » ou durable, en ce qui concerne les choix des matières premières, des réactions et des procédés.</li> <li>- 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</li> <li>- Comparer les avantages et les inconvénients de différents procédés de synthèse.</li> <li>- Réaliser l'extraction d'une espèce naturelle.</li> <li>- Reconnaître une hémisynthèse dans la description d'un protocole.</li> <li>- Citer quelques utilisations importantes des agroressources en synthèse organique et exploiter des documents pour illustrer leur part croissante en tant que matières premières.</li> </ul>
--	---

### (3) Synthèses chimiques

#### Les familles organiques

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Relation structure - réactivité en chimie organique</li> <li>▪ Réactivité des : <ul style="list-style-type: none"> <li>- alcools (oxydation, élimination, substitution)</li> <li>- aldéhydes et cétones (aldolisation, crotonisation, réduction)</li> <li>- acides et dérivés (estérification, hydrolyse)</li> </ul> </li> <li>▪ Réaction d'addition, élimination, substitution, oxydation, réduction, acide-base.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaître les groupes caractéristiques dans les alcools, les aldéhydes, les cétones, les acides carboxyliques, les esters et les amines.</li> <li>- Réaliser l'oxydation d'un alcool dans le cadre d'une synthèse.</li> <li>- Reconnaître les réactions d'aldolisation, de crotonisation, d'estérification et d'hydrolyse.</li> <li>- Réaliser une synthèse mettant en œuvre une aldolisation, une réduction de cétone...</li> <li>- 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.</li> <li>- Distinguer les différents types de réaction parmi les additions, éliminations, substitutions, oxydations, réductions et acide-base.</li> </ul>
--	--

#### Techniques de séparation et de purification

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

## Les mécanismes réactionnels

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Échelle d'électronégativité et polarité des liaisons.</li><li>▪ Sites nucléophiles et électrophiles. Réactivité.</li><li>▪ Mécanismes réactionnels :<ul style="list-style-type: none"><li>- étapes d'un mécanisme</li><li>- intermédiaires réactionnels</li><li>- catalyseurs</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Écrire les formules de Lewis des entités chimiques en faisant apparaître les charges et les charges partielles.</li><li>- Identifier les sites électrophiles ou nucléophiles des différents réactifs.</li><li>- Prévoir les déplacements électroniques possibles des sites nucléophiles vers les sites électrophiles.</li><li>- 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.</li><li>- Repérer, dans une étape du mécanisme, les réactifs nucléophile et électrophile à l'aide des déplacements des doublets électroniques.</li><li>- Reconnaître dans un mécanisme une addition, une substitution, une élimination et une réaction acide-base.</li><li>- Retrouver l'équation d'une réaction à partir d'un mécanisme la modélisant au niveau microscopique.</li><li>- Identifier un catalyseur dans un mécanisme fourni.</li></ul>
---	---

## Amélioration des cinétiques de synthèse

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Facteurs cinétiques</li><li>▪ Catalyse homogène et hétérogène.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Proposer un protocole pour mettre en évidence les facteurs d'influence lors d'une catalyse homogène ou lors d'une catalyse hétérogène.</li><li>- 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.</li><li>- Comparer des vitesses de réaction dans différents solvants et discuter du rôle du solvant.</li></ul>
--	---

## Les profils réactionnels

<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Énergie d'activation d'une réaction.</li><li>▪ Relier mécanisme et profil réactionnel :</li><li>- nombre d'étapes, intermédiaires</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relier mécanisme et profil réactionnel : nombre d'étapes, intermédiaires réactionnels, étape cinétiquement déterminante, en comparant les énergies d'activation des différentes étapes</li><li>- Décrire l'évolution de l'énergie d'un système à l'aide d'un profil réactionnel.</li><li>- Savoir identifier sur un profil réactionnel, les réactifs, les produits et l'énergie d'activation pour une étape donnée</li><li>- Comparer les profils réactionnels d'une réaction catalysée et non catalysée</li></ul>
---	--

## Des synthèses avec de meilleurs rendements

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transformation spontanée et évolution d'un système vers un état d'équilibre.</li> <li>▪ Augmentation du rendement de la synthèse d'un produit :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- pour une réaction de synthèse donnée par élimination d'un produit, ajout d'un excès de réactif, modification de la température</li> <li>- par changement d'un des réactifs</li> <li>- par limitation des réactions concurrentes : chimiosélectivité, régiosélectivité, stéréosélectivité.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Justifier le caractère spontané d'une transformation en comparant le quotient de réaction <math>Q_r</math> et la constante d'équilibre <math>K</math>.</li> <li>- Déterminer un rendement de synthèse.</li> <li>- Inventorier les paramètres qui permettent d'améliorer le rendement d'une synthèse.</li> <li>- Reconnaître, entre deux protocoles, le paramètre qui a été modifié et justifier son rôle sur l'évolution du rendement.</li> <li>- Proposer et mettre en œuvre un protocole pour illustrer une amélioration du rendement d'une synthèse.</li> <li>- Comparer des protocoles de synthèse et choisir le plus performant (rendement, coût, respect de l'environnement).</li> </ul>
--	---

## Des synthèses forcées : Les électrolyses

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Electrolyses</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaliser expérimentalement et interpréter quelques électrolyses, dont celle de l'eau.</li> <li>- Identifier expérimentalement ou à partir du schéma du circuit électrique la cathode et l'anode d'un électrolyseur.</li> <li>- Prévoir les réactions possibles aux électrodes, les couples mis en jeu étant donnés.</li> <li>- Identifier et/ou caractériser expérimentalement les espèces chimiques formées aux électrodes.</li> <li>- Écrire les équations des réactions aux électrodes connaissant les produits formés.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transformation forcée : apport d'énergie et évolution hors équilibre du système</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- Repérer la source d'énergie mise en œuvre dans une transformation forcée.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bilan de matière lors d'une électrolyse.</li> <li>▪ Applications courantes des électrolyses à la synthèse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévoir les quantités de produits formés dans des cas simples et confronter les prévisions du modèle aux mesures.</li> <li>- Connaître et savoir utiliser la relation <math>Q = I \times \Delta T</math></li> <li>- Déterminer le rendement d'une électrosynthèse.</li> <li>- Citer quelques applications courantes des électrolyses : synthèse de métaux, de produits minéraux et organiques, stockage d'énergie, analyse et traitement de polluants. –</li> <li>- 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).</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Potentiel d'électrode, potentiel standard</li> <li>▪ Electrode standard à hydrogène, électrode de référence,</li> <li>▪ Relation de Nernst.</li> <li>▪ Le potentiel d'électrode, un outil de prévision : <ul style="list-style-type: none"> <li>- polarité et tension à vide (fem) des piles,</li> <li>- sens spontané d'évolution d'un système, siège d'une réaction d'oxydo-réduction.</li> </ul> </li> <li>▪ 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.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier, dans une pile, une électrode comme un système constitué par les deux membres d'un couple oxydant/réducteur et éventuellement d'un conducteur.</li> <li>- Relier le potentiel d'électrode à la tension à vide de la pile constituée par l'électrode et l'électrode standard à hydrogène (ESH).</li> <li>- Concevoir et mettre en œuvre un protocole pour déterminer un potentiel d'électrode à l'aide d'électrodes de référence.</li> <li>- Déterminer expérimentalement les paramètres d'influence sur un potentiel d'électrode.</li> <li>- 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.</li> <li>- Écrire la relation de Nernst pour un couple donné.</li> <li>- Utiliser la relation de Nernst pour déterminer un potentiel d'électrode.</li> <li>- 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.</li> <li>- 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.</li> <li>- Interpréter l'absence de l'évolution prévue pour un système en termes de blocage cinétique.</li> <li>- Comparer les pouvoirs oxydants (les pouvoirs réducteurs) d'espèces chimiques à l'aide d'une échelle de potentiels d'électrode.</li> <li>- Prévoir le caractère favorisé d'une transformation à l'aide d'une échelle de potentiels standards.</li> </ul>
--	---

### Des synthèses inorganiques : les complexes

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Complexe, ion ou atome central, ligand, liaison.</li> <li>▪ Réaction de formation d'un complexe : <ul style="list-style-type: none"> <li>- constante de formation globale d'un complexe,</li> <li>- synthèse et analyse d'un complexe</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaître dans un complexe : l'ion ou l'atome central, le ou les ligands, le caractère monodenté ou polydenté du ligand.</li> <li>- 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.</li> <li>- Écrire l'équation de la réaction associée à la synthèse d'un complexe.</li> <li>- Suivre un protocole de synthèse d'un complexe.</li> <li>- 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.</li> <li>- Proposer ou suivre un protocole mettant en œuvre l'analyse qualitative et quantitative d'un complexe.</li> </ul>
---	--

## (4) Analyses physico-chimiques

### Mesures effectuées en chimie

- Instruments d'analyse et de mesure.
- Propriétés physiques des espèces chimiques.
- Chromatographie : couche mince (CCM) et colonne.

- 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

#### ▪ Spectroscopie UV-visible

- Savoir associer l'allure du spectre
  - 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)

#### ▪ Spectroscopie IR

- 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

#### ▪ Spectroscopie RMN

- 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

- **Solvant** : eau distillée, eau permutée.

- 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.

- **Concentrations** massique et molaire d'une solution

- Densité, titre massique

- 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"> <li>- Déterminer la concentration effective d'une espèce chimique dans une solution à partir de la description du protocole de préparation de la solution.</li> <li>- Savoir distinguer les concentrations molaires en soluté apporté et les concentrations effectives en ions en utilisant la notation adaptée.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solution saturée et notion de solubilité.</li> <li>▪ Quotient de réaction et constante d'équilibre de dissolution.</li> <li>▪ Paramètres influençant la solubilité d'une espèce chimique en solution aqueuse : <ul style="list-style-type: none"> <li>- température</li> <li>- composition de la solution.</li> </ul> </li> <li>▪ Préviation de l'état final lors de la dissolution d'une espèce chimique dans l'eau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Illustrer expérimentalement la notion de solubilité.</li> <li>- Prévoir le caractère saturé ou non d'une solution : <ul style="list-style-type: none"> <li>• par comparaison de la solubilité à la température considérée et de la quantité de solide mis en solution</li> <li>• en comparant <math>Q_r</math> et <math>K</math>.</li> </ul> </li> <li>- 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.</li> <li>- Connaitre et utiliser les termes hydrophile, hydrophobe, lipophile, lipophobe, amphiphile</li> <li>- Montrer que lors d'une dissolution le quotient de réaction <math>Q_r</math> évolue vers la constante d'équilibre <math>K</math> et qu'il ne peut l'atteindre que si la quantité d'espèce apportée est suffisante.</li> <li>- Associer solution saturée et système chimique à l'équilibre.</li> <li>- 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).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Extraction d'une espèce chimique d'une phase aqueuse : <ul style="list-style-type: none"> <li>- par dégazage</li> <li>- par solvant</li> <li>- par précipitation</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposer un protocole (en choisissant le bon solvant) pour extraire une espèce chimique dissoute dans l'eau.</li> <li>- Proposer ou suivre un protocole pour extraire sélectivement des ions d'un mélange par précipitation.</li> </ul>

<b>Dosages par étalonnage</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Échelle de teintes. Densimétrie. Réfractométrie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concevoir un protocole pour déterminer la concentration d'une solution inconnue par une gamme d'étalonnage.</li> <li>- Tracer et exploiter une courbe d'étalonnage.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spectrophotométrie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Connaitre les conditions de réalisation d'un dosage par étalonnage utilisant la spectrophotométrie : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espèce soluble</li> <li>• Solution limpide et non saturée</li> <li>• 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)</li> </ul> </li> <li>- Connaitre et utiliser la loi de Beer-Lambert.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conductimétrie</li> </ul> <p>conductance, conductivité, conductivité ionique molaire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposer un protocole pour identifier les paramètres d'influence sur la conductance</li> <li>- Utiliser un conductimètre pour mesurer la conductivité d'une solution.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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.</li> <li>- Concevoir un protocole et le mettre en œuvre pour déterminer la concentration d'une solution inconnue par comparaison à une gamme d'étalonnage.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dosages par capteurs électrochimiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concevoir et mettre en œuvre un protocole de dosage par étalonnage d'une espèce chimique à l'aide d'un capteur électrochimique.</li> </ul>

<b>Dosage par titrage</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Équivalence d'un titrage.</li> <li>▪ Titrages directs et indirects.</li> <li>▪ Réactions support de titrage : <ul style="list-style-type: none"> <li>- oxydation-réduction (espèces colorées en solution)</li> <li>- acide-base (suivis conductimétrique et pHmétrique).</li> <li>- précipitation (suivi par conductimétrie).</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir l'équivalence d'un titrage.</li> <li>- 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</li> <li>- Citer les espèces présentes dans le milieu réactionnel au cours du titrage.</li> <li>- Déterminer la concentration d'une solution inconnue à partir des conditions expérimentales d'un titrage.</li> <li>- Suivre et concevoir un protocole de titrage direct et de titrage indirect d'espèces colorées.</li> <li>- Réaliser des titrages suivis par conductimétrie et par pH-métrie.</li> <li>- Interpréter qualitativement l'allure des courbes de titrages conductimétriques en utilisant des tables de conductivités ioniques molaires.</li> <li>- Savoir déterminer le volume à l'équivalence lors d'un titrage suivi par pH-métrie, par conductimétrie ou par colorimétrie</li> <li>- Proposer et réaliser un protocole de titrage mettant en jeu une réaction de précipitation suivie par conductimétrie.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Titrage avec indicateurs colorés</li> <li>Indicateur coloré acidobasique :</li> <li>▪ Zone de virage.</li> <li>▪ Choix d'un indicateur pour un titrage donné.</li> <li>▪ Indicateur coloré de précipitation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconnaître expérimentalement et dans la description d'un protocole un indicateur coloré acido-basique.</li> <li>- Tracer le diagramme de prédominance des deux formes d'un indicateur coloré pour en déduire la zone de virage.</li> <li>- 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.</li> <li>- Proposer et réaliser un protocole de titrage mettant en œuvre un indicateur coloré. Repérer expérimentalement l'équivalence.</li> <li>- Interpréter le comportement de l'indicateur dans le cas du titrage d'ions halogénure selon la méthode de Mohr.</li> <li>- Réaliser et exploiter un titrage d'ions halogénure selon la méthode de Mohr.</li> </ul>