**Annexe  
Programme de l'enseignement de spécialité de sciences physiques et chimiques en laboratoire  
Classe terminale de la série technologique STL**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Erreurs et notions associées | - Identifier les différentes sources d'erreur (de limites à la précision) lors d'une mesure : variabilité du phénomène et de l'acte de mesure (facteurs liés à l'opérateur, aux instruments, etc.). |
| Incertitudes et notions associées | - Évaluer les incertitudes associées à chaque source d'erreur. - Comparer le poids des différentes sources d'erreur. - Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation fournie. - Évaluer l'incertitude d'une mesure unique obtenue à l'aide d'un instrument de mesure. - Évaluer, à l'aide d'une formule fournie, l'incertitude d'une mesure obtenue lors de la réalisation d'un protocole dans lequel interviennent plusieurs sources d'erreurs. |
| Expression et acceptabilité du résultat | - Maîtriser l'usage des chiffres significatifs et l'écriture scientifique. Associer l'incertitude à cette écriture. - Exprimer le résultat d'une opération de mesure par une valeur issue éventuellement d'une moyenne et une incertitude de mesure associée à un niveau de confiance. - Évaluer la précision relative. - Déterminer les mesures à conserver en fonction d'un critère donné. - Commenter le résultat d'une opération de mesure en le comparant à une valeur de référence. - Faire des propositions pour améliorer la démarche. |

Les concepts concernant « les ondes » sont introduits à travers deux thèmes :  
**1. Des ondes pour observer et mesurer**L'étude de dispositifs permettant l'observation d'objets millimétriques, micrométriques, nanométriques ou l'observation d'objets lointains non ou difficilement observables à l'œil nu permet d'installer les notions de base concernant les ondes (propagation, réflexion, réfraction, diffusion, polarisation, diffraction, interférences, etc.).  
**2. Des ondes pour agir**Ce thème aborde l'étude des dispositifs permettant de concentrer et de guider les ondes. Il s'agit aussi d'étudier l'utilisation de l'énergie ou de l'information transportées par les ondes.  
La partie «**Les ondes qui nous environnent** » fait référence à une première approche des notions et des concepts qui seront développés dans les deux thèmes décrits ci-dessus. Elle vise à poser le lexique, à montrer expérimentalement que des ondes sont générées par des oscillations, que les ondes peuvent être détectées et qu'elles possèdent des propriétés spécifiques qui seront utilisées par la suite pour observer, mesurer et agir. Il s'agit donc d'un balayage initial du champ concerné par le programme, sans développement excessif et sans approfondissement.  
Les ondes qui nous environnent

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Perturbation d'un système physique ; réponse du système. Phénomènes vibratoires ; grandeurs vibratoires. Systèmes oscillants en mécanique et en électricité. Exemples dans différents domaines de fréquences. Analogies électromécaniques. Aspects énergétiques ; effets dissipatifs ; amortissement Oscillations forcées. Notion de résonance. Oscillations auto-entretenues : source de signal. | - Caractériser la réponse temporelle de différents systèmes physiques soumis à une perturbation en utilisant les capteurs appropriés. - Identifier la ou les grandeur(s) vibratoire(s). - Qualifier les oscillations libres d'un système : oscillations pseudo-périodiques, quasi-sinusoïdales, amorties. - Modéliser analytiquement, à partir d'enregistrements, les réponses correspondant aux différents régimes d'oscillations d'un système à un degré de liberté : harmonique, apériodique, pseudo-périodique. - Comparer deux oscillateurs dans deux domaines différents de la physique ; indiquer les analogies. - Identifier les formes d'énergie mises en jeu dans un phénomène oscillatoire en mécanique et en électricité. - Mettre en évidence expérimentalement un phénomène de résonance en électricité et en mécanique ; mesurer une fréquence de résonance et déterminer un facteur de qualité. - Analyser le rôle d'un dispositif d'entretien d'oscillations. - Visualiser et exploiter le spectre en amplitude d'un signal temporel représentatif d'oscillations en régime permanent. |
| Notion d'onde. Propagation d'une perturbation dans un milieu élastique. Ondes progressives ; retard, célérité. | - Analyser la propagation d'une perturbation dans un milieu élastique unidimensionnel. - Représenter les évolutions temporelle et spatiale du phénomène observé. - Mesurer un retard, une célérité. - Distinguer onde transversale et onde longitudinale, onde plane et onde sphérique. |
| Ondes progressives périodiques ; ondes sinusoïdales : fréquence, période, longueur d'onde, célérité, amplitude, intensité. Périodicités temporelle et spatiale. | - Expliciter la signification des différentes grandeurs physiques intervenant dans le modèle d'une onde progressive sinusoïdale, unidimensionnelle et leur lien avec le sens de propagation. - Citer et exploiter la relation entre fréquence, longueur d'onde et célérité. - Citer le lien entre l'amplitude d'une grandeur vibratoire et la puissance moyenne transportée par une onde. |
| Propagation libre, guidée. Réflexion, réfraction, transmission, atténuation. | - Distinguer propagation libre et propagation guidée. - Expliciter les phénomènes se produisant lorsqu'une onde change de milieu de propagation ; caractériser simplement ces phénomènes. |
| Représentation fréquentielle des ondes. Spectre des ondes électromagnétiques. Modèle ondulatoire et corpusculaire. | - Repérer et identifier les différents domaines du spectre des ondes électromagnétiques utilisées. - Extraire et exploiter des informations sur les différentes catégories d'ondes et sur leurs effets sur la matière inerte ou vivante. - Relier la fréquence d'une onde électromagnétique monochromatique à l'énergie des corpuscules la constituant. - Détecter la présence de micro-ondes par une mesure adaptée. |
| Sources d'ondes (acoustiques et électromagnétiques) et capteurs (transducteurs piézo-électriques, composants optoélectroniques, antennes). | - Tracer le diagramme de rayonnement d'un transducteur ultrasonore. - Mesurer et interpréter les caractéristiques d'un photorécepteur. |

Des ondes pour observer et mesurer  
**Observer : voir plus grand**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Du millimètre au micromètre. Faisceaux de lumière ; objectifs et oculaires ; diffraction de la lumière par un diaphragme circulaire, résolution d'un instrument d'optique. Grossissement. | - Extraire d'une documentation les caractéristiques utiles d'un microscope commercial pour le choisir et le mettre en œuvre. - Mettre en évidence expérimentalement le phénomène de diffraction. - Prévoir les conséquences de la modification de la taille de l'objet diffractant et de la longueur d'onde sur une figure de diffraction. - Définir le grossissement et le pouvoir de résolution d'un microscope optique. - Modéliser un microscope optique par un système optique simple. - Réaliser et exploiter le tracé d'un faisceau de lumière pour décrire le principe du microscope. - Exploiter les relations de conjugaison pour déterminer la position et la taille d'une image fournie par l'objectif d'un microscope. - Associer le pouvoir de résolution d'un instrument au phénomène de diffraction et aux propriétés du capteur. - Déterminer expérimentalement quelques caractéristiques d'un appareil commercial. |
| Effet piézoélectrique. Réflexion, absorption et transmission d'une onde. Coefficients de transmission, d'absorption et de réflexion énergétiques. | - Mettre en œuvre une source et un capteur piézoélectriques. - Illustrer expérimentalement le principe d'un échographe unidimensionnel. - Mesurer les coefficients de transmission et de réflexion énergétiques des ondes lumineuses ou ultrasonores d'une interface en incidence normale. - Mesurer le coefficient d'absorption des ondes lumineuses ou ultrasonores dans un milieu. - Tracer expérimentalement le diagramme de directivité d'un émetteur ultrasonore. - Utiliser les coefficients énergétiques dans l'étude de cas concrets simples. |
| Du micromètre au nanomètre. Nanosciences. | - Décrire le principe d'un microscope à force atomique. - Associer les différents types de microscopes à leurs domaines d'observation. |

**Observer : voir plus loin**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Miroirs sphériques, miroirs plans. Télescope. Grossissement. | - Extraire d'une documentation les caractéristiques utiles d'un appareil commercial pour son choix ou sa mise en œuvre. - Réaliser et exploiter le tracé d'un faisceau de lumière pour décrire le principe de fonctionnement du télescope. - lllustrer expérimentalement le principe d'un télescope et déterminer ses caractéristiques. - Déterminer expérimentalement quelques caractéristiques d'un appareil commercial. - Montrer expérimentalement les effets limitatifs de l'objectif et de l'oculaire sur le champ et la luminosité d'un télescope. |

**Mesurer**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Propagation. | - Relier durée de parcours, distance parcourue et célérité. - Mesurer la célérité du son, de la lumière, le protocole expérimental étant fourni. - Mesurer une distance par télémétrie laser ou ultrasonore. |
| Réfraction, réfraction limite et réflexion totale. Réfractomètre. | - Relier les indices optiques des milieux à l'angle limite de réfraction. - Déterminer la concentration en sucre ou en alcool d'une solution par une méthode réfractométrique. |
| Diffusion. | - Décrire le principe de détection à distance de particules en suspension dans l'atmosphère. |
| Structure d'une onde électromagnétique. Ondes polarisées ou non polarisées ; polariseur, analyseur. | - Produire et analyser une lumière polarisée. - Associer la polarisation d'une onde électromagnétique à la direction du champ électrique. - Déterminer une concentration à partir de la mesure de la déviation du plan de polarisation de la lumière dans une solution. |
| Diffraction. | - Utiliser un capteur d'intensité lumineuse pour visualiser une figure de diffraction d'une fente rectangulaire, d'un fil. - Citer et utiliser l'expression de l'angle d'ouverture d'un faisceau monochromatique diffracté par une fente. - Réaliser une mesure dimensionnelle en utilisant le phénomène de diffraction. - Associer la capacité de stockage d'un support numérique optique à la longueur d'onde du laser utilisé et à l'ouverture numérique de l'optique de focalisation. |
| Interférences, différence de marche entre deux chemins. Réseaux, pas d'un réseau. | - Identifier les différents chemins optiques entre une ou plusieurs sources ponctuelles et un détecteur. - Exprimer la différence de marche entre deux chemins optiques. - Relier l'intensité reçue par un capteur à la différence de marche de deux ondes. - Utiliser un capteur d'intensité lumineuse pour visualiser une figure d'interférences, le protocole étant donné. - Exploiter les interférences créées par un dispositif à deux ondes et par un réseau. - Choisir et utiliser un réseau adapté pour mesurer une longueur d'onde. - Effectuer une mesure dimensionnelle avec un dispositif interférométrique, le protocole étant fourni. - Décrire le principe de la mesure de distances entre plans cristallins par une méthode interférométrique. |
| Absorption ; spectrophotométrie. | - Exploiter des spectres d'absorption dans différents domaines de longueurs d'onde. - Déterminer la concentration d'un soluté par spectrophotométrie. |
| Effet Doppler. | - Relier le décalage en fréquence d'une onde émise par une source en mouvement à la vitesse de la source. - Illustrer expérimentalement le principe d'un vélocimètre à effet Doppler. |
| Rayonnement et température. | - Expliciter la dépendance entre la puissance totale rayonnée d'un corps et sa température. - Effectuer une mesure de température à l'aide d'une thermopile (capteur bolométrique), le protocole étant fourni. |

Des ondes pour agir  
**Concentrer et diriger les ondes**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Faisceaux cylindriques et coniques. Focalisation, foyer, distance focale. Stigmatisme. Réfraction. Réflexion. | - Mettre en évidence que l'énergie transportée par les ondes lumineuses ou sonores peut être dirigée ou concentrée. - Associer la concentration d'énergie d'un faisceau à sa géométrie. - Tracer le trajet du faisceau de lumière dans un système qui dirige ou concentre la lumière. - Comparer expérimentalement quelques caractéristiques de différents systèmes de focalisation réels et de leurs modèles simplifiés. - Déterminer expérimentalement un angle d'incidence limite. |

**Utiliser l'énergie transportée par les ondes**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Transport d'énergie. Grandeurs radiométriques : flux énergétique, éclairement énergétique. Laser. Effet sur la matière inerte et vivante. | - Citer les unités des grandeurs radiométriques : flux énergétique, éclairement énergétique. - Déterminer expérimentalement un ordre de grandeur du flux énergétique d'un faisceau laser. - Mesurer un éclairement. - Relier l'énergie transportée par un rayonnement au flux énergétique et à la durée d'exposition. - Exploiter une norme pour déterminer une durée maximale d'exposition. - Énoncer et exploiter que le diamètre de la zone de focalisation du faisceau laser varie dans le même sens que la longueur d'onde. - Justifier l'utilisation d'un laser pour effectuer la découpe d'un matériau. |
| Interférences constructives et destructives. Ondes stationnaires. Cavité résonante, modes propres. | - Exprimer et exploiter une différence de marche pour en déduire les conditions d'obtention d'interférences constructives ou d'interférences destructives. - Mettre en évidence expérimentalement le phénomène d'interférence pour différents types d'ondes : sonores, lumineuses, mécaniques. - Distinguer les ondes stationnaires des ondes progressives. - Interpréter le phénomène d'ondes stationnaires en termes d'interférences. - Relier les fréquences de résonance des ondes stationnaires unidimensionnelles à la longueur d'une cavité. |
| Polarisation. | - Associer la polarisation d'une onde électromagnétique à la direction du champ électrique. - Différencier expérimentalement une lumière polarisée rectilignement d'une lumière non polarisée à l'aide d'un polariseur. - Illustrer expérimentalement le principe d'un afficheur à cristaux liquides. - Décrire le principe d'un interrupteur ou d'un modulateur optique. |

**Communiquer avec des ondes**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Ondes guidées, non guidées, transmission. Guide d'onde, câble. Absorption, diffusion, atténuation des ondes. Spectre d'une onde. | - Illustrer expérimentalement différentes transmissions guidées d'ondes dans plusieurs domaines de longueur d'onde. - Analyser l'effet de la résistance de charge sur la réflexion d'une onde à l'extrémité d'une ligne sans perte. - Représenter le schéma de principe d'un système de transmission par ondes. - Visualiser et exploiter le spectre d'une onde modulée par un signal informatif. - Associer l'absorption d'une onde électromagnétique à la nature de la matière exposée. - Distinguer la diminution de la puissance surfacique d'une onde divergente et son absorption par un milieu. |

Chimie et développement durable  
Dans la continuité de la classe de première, le module « chimie et développement durable » prolonge et renforce, en classe terminale, l'acquisition par les élèves de connaissances et de capacités, tout à la fois dans le champ théorique et dans le champ expérimental, pour réaliser et comprendre **les synthèses chimiques et les analyses physico-chimiques.**Les notions et les lois classiquement étudiées en thermodynamique, en cinétique, en chimie organique, en chimie générale sont introduites ici pour résoudre des problématiques sociétales et pour répondre à des objectifs d'optimisation des techniques et des procédés en termes de rendement, de fiabilité, de sécurité, de seuil de détection, d'impact environnemental et de coût.  
**Le programme de la classe terminale** comporte, comme en classe de première, **deux parties, synthèses chimiques et analyses physico-chimiques,** qui sont enrichies en s'appuyant sur les notions d'équilibre chimique et d'évolution d'un système étudiés dans l'enseignement « chimie-biochimie-science du vivant ». Tout en conservant comme fil conducteur la recherche de procédés durables, il est souhaitable de partir d'exemples concrets de techniques et de procédés mis en œuvre dans les laboratoires et dans l'industrie, tout à la fois pour engager la réflexion et pour réinvestir les nouvelles connaissances et capacités acquises.   
Synthèses chimiques  
**Du macroscopique au microscopique dans les synthèses**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Échelle d'électronégativité et polarité des liaisons. Nucléophilie, électrophilie et 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. - 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. |
| Profils réactionnels. | - Relier mécanisme et profil réactionnel : nombre d'étapes, intermédiaires réactionnels, étape cinétiquement déterminante, en comparant les énergies d'activation des différentes étapes. |

**Des synthèses avec de meilleurs rendements**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Transformation spontanée et évolution d'un système vers un état d'équilibre. Augmentation du rendement de la synthèse d'un produit : - 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. | - Justifier le caractère spontané d'une transformation en comparant le quotient de réaction Qr 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**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Électrolyse, électrosynthèse, photosynthèse. | - 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. |
| Transformation forcée : apport d'énergie et évolution hors équilibre du système. | - 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. |
| Bilan de matière lors d'une électrolyse. Applications courantes des électrolyses à la synthèse. | - 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). |

**Des synthèses inorganiques**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| **Synthèses inorganiques industrielles** : aspects cinétiques, thermodynamiques, environnementaux. **Un exemple de synthèse inorganique au laboratoire : la synthèse des complexes.** Complexe, ion ou atome central, ligand, liaison. | - 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. - 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. |
| Réaction de formation d'un complexe : - constante de formation globale d'un complexe, - synthèse et analyse 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. |
| Complexes inorganiques, bio-inorganiques. | - Extraire des informations pour illustrer des applications des complexes inorganiques et bio-inorganiques. |

**Séparation et purification**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Réaction de dissolution d'une espèce chimique dans l'eau. Solution saturée et notion de solubilité. Quotient de réaction et constante d'équilibre de dissolution. | - Illustrer expérimentalement la notion de solubilité. - Montrer que lors d'une dissolution le quotient de réaction Qr 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. |
| Solubilité d'une espèce chimique dans l'eau. | - 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. |
| Paramètres influençant la solubilité d'une espèce chimique en solution aqueuse : - température ; - composition de la solution. | - 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). |
| Extraction d'une espèce chimique d'une phase aqueuse : - par dégazage ; - par solvant ;  - par précipitation. | - 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. |
| Prévision de l'état final lors de la dissolution d'une espèce chimique dans l'eau. | - Prédire si la solution obtenue par dissolution d'une espèce chimique est saturée ou non en comparant Qr et K. Confronter les prévisions du modèle de la transformation avec les observations expérimentales. |
| Séparation et développement durable. | - 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** |
| Solvant : eau distillée, eau permutée. - soluté : densité, titre massique, concentrations massique et molaire, toxicité ; . solution : stockage, rejet, recyclage. | - 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. - 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. |

**Analyses qualitative et structurale**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Analyse qualitative : tests de reconnaissance, témoin. Analyse structurale : spectroscopie UV-visible, IR, RMN. | À l'aide de tables de données, de spectres ou de logiciels : - 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. |

**Dosage par étalonnage**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Conductimétrie : conductance, conductivité, conductivité ionique molaire. | - 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. |
| Dosage rapide par confrontation à une échelle de teintes : bandelettes et pastilles commerciales. | - Mettre en œuvre un protocole de dosage rapide et comparer ses avantages et ses inconvénients en termes d'efficacité et de justesse. |

**Dosage par titrage**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| **Réactions support de titrage** : précipitation (suivi par conductimétrie). | - 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. |
| **Titrage avec indicateurs colorés** Indicateur coloré acido-basique ; zone de virage. Choix d'un indicateur pour un titrage donné. Indicateur coloré de précipitation. | - 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. |

**Capteurs électrochimiques**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| 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. | - 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. |
| 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. | - 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. - 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. |

**Choix d'une technique d'analyse**

|  |  |
| --- | --- |
| **Notions et contenus** | **Capacités exigibles** |
| Critères de choix : - coût ; - durée ; - justesse et fidélité ; - seuil de détection ; - discrimination de plusieurs espèces dans le cas d'un mélange. | 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. |