

# La chimie en PCSI

## Première partie

# Programme de l'année

## 1 Premier semestre PCSI

1. Transformations de la matière
  - 1.1. Description et évolution d'un système vers un état final lors d'une transformation chimique
  - 1.2. Évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation chimique
2. Relations entre structure des entités chimiques, propriétés physiques et réactivité
  - 2.1. Structure des entités chimiques
  - 2.2. Relations entre structure des entités chimiques et propriétés physiques macroscopiques
  - 2.3. Réactivité des espèces organiques et premières applications en synthèse

### 1. Transformations de la matière

L'objectif de cette partie est d'amener les étudiant·e·s à mobiliser de manière autonome les notions et modèles pour décrire, au niveau macroscopique, un système physico-chimique et son évolution. Il convient que les problématiques abordées, les illustrations et les applications prennent largement appui sur des transformations chimiques rencontrées dans la vie courante, au laboratoire, en milieu industriel ou dans le monde du vivant.

À travers les contenus et les capacités exigibles, sont développées des compétences qui pourront être, par la suite, valorisées, consolidées ou réinvesties, parmi lesquelles :

- décrire un système physico-chimique avec méthode et en utilisant un vocabulaire scientifique précis ;
- effectuer une distinction entre les mondes des objets et des phénomènes (systèmes physico-chimiques, transformations chimiques) et le monde des modèles (réaction chimique comme modèle d'une transformation, lois d'évolution temporelle comme modèle macroscopique de l'évolution) ;
- exploiter les outils de description ou d'analyse expérimentale des systèmes chimiques pour modéliser leur évolution ;
- proposer des approximations simplifiant l'exploitation quantitative de données expérimentales et en vérifier la pertinence ;
- confronter les prévisions d'un modèle avec des résultats expérimentaux ;
- traduire, en langage de programmation, les démarches mises en œuvre pour déterminer l'état final d'un système ou pour exploiter des résultats expérimentaux et les confronter à des modèles.

### 1.1 Description et évolution d'un système vers un état final lors d'une transformation chimique

Les concepts développés dans cette partie permettent d'envisager l'optimisation des synthèses ou des analyses, tout à la fois pour obtenir davantage de produit désiré, réduire des produits secondaires non désirés ou favoriser une réaction support d'une analyse.

L'étude quantitative de l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique, est réalisée dans un premier temps à partir d'une modélisation par une seule réaction chimique symbolisée par une équation de réaction à laquelle est associée une constante thermodynamique d'équilibre. Il s'agit de prévoir le sens d'évolution de systèmes homogènes ou hétérogènes et de déterminer leur composition dans l'état final.

L'utilisation d'un langage de programmation permet d'effectuer, dans un deuxième temps, des études quantitatives pour déterminer l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique modélisée par deux réactions et de commencer à aborder les compétitions thermodynamiques.

Les compétences relatives à cette partie du programme sont ensuite mobilisées régulièrement au cours de l'année, plus particulièrement au second semestre lors des transformations en solution aqueuse, et en seconde année, notamment dans le cadre de la thermodynamique chimique.

## 1.2 Évolution temporelle d'un système, siège d'une transformation chimique

L'étude de l'évolution temporelle d'un système chimique permet, dans un premier temps, de dégager expérimentalement les facteurs cinétiques concentration et température et de les mettre en œuvre en stratégie de synthèse et d'analyse. Cette mise en évidence est prolongée par les premières modélisations macroscopiques d'évolution des concentrations avec des lois de vitesse d'ordre simple et d'influence de la température avec la loi d'Arrhenius.

Les déterminations d'ordre global ou apparent mettent en œuvre la méthode différentielle ou intégrale, et peuvent s'effectuer à l'aide de logiciels dédiés ou d'un langage de programmation, pour l'exploitation des mesures dans le cadre d'un réacteur fermé parfaitement agité.

La modélisation microscopique par le biais des mécanismes réactionnels est présentée lors des premières synthèses en chimie organique (paragraphe 2.3). Elle est approfondie ultérieurement avec une approche plus exhaustive des mécanismes et leur validation par confrontation des lois de vitesse issues du modèle et des résultats expérimentaux (en partie 3).

## 2. Relations entre structure des entités chimiques, propriétés physiques et réactivité

Décrivant la matière au niveau macroscopique par des espèces chimiques aux propriétés physiques et chimiques caractéristiques, les chimistes la modélisent au niveau microscopique par des entités chimiques dont les structures électroniques et géométriques permettent d'interpréter et de prévoir certaines de ces propriétés.

À travers les contenus et les capacités exigibles, sont développées des compétences qui pourront être, par la suite, valorisées, consolidées ou réinvesties, parmi lesquelles :

- utiliser le tableau périodique des éléments pour déterminer ou justifier des structures d'entités et des propriétés microscopiques (polarité, polarisabilité, amphiphilie, nucléophilie, électrophilie)
- s'approprier les outils de description des entités chimiques et leur complémentarité dans la description des interactions intermoléculaires ;
- relier structure et propriétés microscopiques aux grandeurs et comportements macroscopiques (cohésion, solubilité, miscibilité, températures de changement d'état, tensioactivité) ;
- appréhender la notion de solvant, de tensioactif, d'émulsion au niveau microscopique à travers les interactions intermoléculaires et au niveau macroscopique par leur utilisation au laboratoire, dans l'industrie et dans la vie courante ;
- maîtriser et utiliser différentes représentations schématiques d'une entité chimique ;
- pratiquer un raisonnement qualitatif argumenté pour expliquer le choix d'un mécanisme réactionnel en synthèse organique.

### 2.1. Structure des entités chimiques

L'étude de la constitution de la matière s'appuie sur le tableau périodique des éléments, outil essentiel des chimistes, dans l'objectif de développer progressivement les compétences relatives à l'utilisation des informations qu'il contient pour prévoir, dans cette partie, le nombre de liaisons d'un atome et la nature (polaire, ionique) des liaisons chimiques.

En première année, on se limite au modèle de Lewis de la liaison covalente localisée et délocalisée pour rendre compte des structures et propriétés des entités chimiques ; le modèle quantique de la liaison avec les orbitales atomiques et moléculaires est abordé uniquement en seconde année.

Le modèle de Lewis permet, pour les entités chimiques organiques, d'introduire les notions d'isomérisation de configuration et de conformation. Les ordres de grandeur des énergies de liaison et de la barrière conformationnelle permettent de sensibiliser à la solidité et à la flexibilité des édifices moléculaires.

Sans donner lieu à une étude systématique, la nomenclature IUPAC s'enrichit au fur et à mesure des besoins pour représenter une entité chimique organique à partir de son nom, en tenant compte de la donnée d'éventuelles informations stéréochimiques et en utilisant un type de représentation donné.

## **2.2. Relations entre structure des entités et propriétés physiques macroscopiques**

L'étude des interactions entre entités a pour objectif d'interpréter, de prévoir ou de comparer certaines propriétés physiques : température de changement d'état, miscibilité, solubilité, formation de micelles, d'émulsions.

De nombreuses illustrations et applications dans la vie courante ou au niveau du laboratoire (choix de solvant pour les synthèses ou les extractions) ou dans le domaine du vivant (double couche et solubilisation des médicaments) peuvent être proposées.

## **2.3. Réactivité des espèces organiques et premières applications en synthèse**

L'objectif de cette partie est d'aborder les premières synthèses organiques en interprétant les transformations chimiques associées à partir de la réactivité des espèces organiques mises en jeu, réactivité déduite de la structure et des propriétés des entités chimiques qui les composent ; pour ce qui concerne les propriétés acido-basiques, une table de pKa sera systématiquement fournie.

Les premières modélisations, au niveau microscopique, des transformations chimiques par un mécanisme réactionnel sont établies sur des exemples simples faisant intervenir des entités nucléophiles et électrophiles, acides et basiques. Ces modélisations permettent de rendre compte de modifications de groupes caractéristiques (substitution, élimination, addition) et de chaînes carbonées, ainsi que de propriétés cinétiques ou stéréochimiques.

Les modèles mécanistiques et le modèle du complexe activé sont introduits sur des exemples de transformations s'appuyant, dans un premier temps, sur les halogénoalcanes, mais dans le but d'une maîtrise permettant un réinvestissement à d'autres groupes caractéristiques.

L'approche mécanistique est privilégiée à l'approche fonctionnelle pour favoriser le raisonnement et la transférabilité dans des situations analogues et pour commencer à engager la réflexion sur les stratégies de synthèse.

## 2 Deuxième semestre PCSI - PC

3. Transformations de la matière : évolution d'un système et mécanisme réactionnel
4. Structures microscopiques et propriétés physiques des solides
5. Transformations chimiques en solution aqueuse
  - 5.1. Réactions acide-base et de précipitation
  - 5.2. Réactions d'oxydo-réduction
6. Réactivités, transformations en chimie organique et stratégie de synthèse
  - 6.1. Techniques spectroscopiques de caractérisation
  - 6.2. Réactions d'oxydo-réduction en chimie organique
  - 6.3. Activation de groupes caractéristiques
  - 6.4. Protection de groupes caractéristiques et stratégie de synthèse

### 3. Transformations de la matière : évolution d'un système et mécanisme réactionnel

La modélisation, au niveau microscopique, des transformations chimiques développe plus avant les mécanismes réactionnels et notamment les aspects cinétiques microscopiques et macroscopiques en introduisant les notions d'étape cinétiquement déterminante et d'approximation des états quasistationnaires pour des intermédiaires réactionnels. Des approches numériques sont privilégiées par rapport aux calculs analytiques pour illustrer ces notions, ainsi que celles de contrôles cinétique et thermodynamique.

Introduit expérimentalement, l'effet catalytique est modélisé, au niveau microscopique, par un nouveau mécanisme réactionnel concurrent présentant des étapes souvent plus nombreuses et plus rapides.

L'étude de la catalyse enzymatique est illustrée par des exemples dans le domaine du vivant et du biomimétisme et permet de réinvestir les structures et interactions entre entités.

### 4. Structures microscopiques et propriétés physiques des solides

Les modèles de description microscopique des solides sont présentés à partir de l'observation de différents solides cristallisés que le professeur est libre de choisir et de la prise en compte des propriétés macroscopiques de ces solides. L'introduction du modèle du cristal parfait se fait sur l'exemple de la maille cubique à faces centrées (CFC), seule maille dont la connaissance est exigible ; l'ensemble des notions associées à cette première étude est réinvesti pour étudier d'autres structures cristallines dont la constitution est alors fournie.

L'objectif principal de l'étude des cristaux métalliques, covalents et ioniques est d'aborder une nouvelle fois la notion de modèle : les allers-retours entre le niveau macroscopique (solides de différentes natures) et la modélisation microscopique (cristal parfait) permettent de montrer les limites du modèle du cristal parfait et de confronter les prédictions faites par ce modèle aux valeurs expérimentales mesurées sur le solide réel (distances internucléaires et interatomiques, masse volumique, etc.). Ce chapitre constitue une occasion de revenir sur les positions relatives des éléments dans le tableau périodique, en lien avec la nature des interactions assurant la cohésion des édifices présentés, ainsi que sur les interactions intermoléculaires et la notion de solubilisation pour les solides ioniques et moléculaires.

Une réflexion sur les modèles conduisant à la détermination des différents types de rayons à partir des méthodes expérimentales d'analyse des structures des solides peut être proposée. à travers les contenus et les capacités exigibles, sont développées des compétences qui pourront être, par la suite, valorisées, consolidées ou réinvesties, parmi lesquelles :

- relier la position d'un élément dans le tableau périodique et la nature des interactions entre les entités correspondantes dans un solide ;
- effectuer des liens entre différents champs de connaissance ;
- appréhender la notion de limite d'un modèle.

## 5. Transformations chimiques en solution aqueuse

Les transformations chimiques en solution aqueuse jouent un rôle essentiel en chimie, en biochimie, dans le domaine du vivant et dans les procédés industriels. Un nombre considérable de développements technologiques et d'analyses environnementales (traitement des eaux, méthodes d'analyse, extraction d'ions métalliques des minerais, générateurs électrochimiques, lutte contre la corrosion, etc.) repose sur des transformations modélisées par des réactions acide-base, de solubilisation-précipitation et d'oxydoréduction en solution aqueuse dont la maîtrise est importante pour prévoir, interpréter et optimiser les L'objectif de cette partie est donc de présenter différents types de réactions susceptibles d'intervenir en solution aqueuse, d'en déduire des diagrammes de prédominance ou d'existence d'espèces chimiques, notamment des diagrammes potentiel-pH, et de les utiliser comme outil de prévision et d'interprétation des transformations chimiques quel que soit le milieu donné. Les conventions de tracé de ces diagrammes seront toujours précisées.

Les choix pédagogiques relatifs au contenu des séances de travail expérimental permettront de contextualiser ces enseignements. Les dosages par titrage sont étudiés exclusivement en travaux pratiques. L'analyse des conditions choisies ou la réflexion conduisant à une proposition de protocole expérimental pour atteindre un objectif donné constituent des mises en situation des enseignements évoqués précédemment. Ces séances de travail expérimental constituent une nouvelle occasion d'aborder qualité et précision de la mesure.

À travers les contenus et les capacités exigibles, sont développées des compétences qui pourront être par la suite valorisées, consolidées ou réinvesties, parmi lesquelles :

- modéliser ou simplifier un problème complexe ;
- utiliser différents outils graphiques, numériques, analytiques ;
- repérer les informations ou paramètres importants pour la résolution d'un problème.

### 5.1. Réactions acide-base et de précipitation

Ces différentes transformations en solution aqueuse sont abordées en montrant qu'elles constituent des illustrations de l'évolution des systèmes chimiques introduites au premier semestre, les étudiant·es étant amené·es à déterminer l'état final d'un système en transformation chimique modélisée par une seule réaction chimique. On montrera qu'il est ainsi possible d'analyser et de simplifier une situation complexe pour parvenir à la décrire rigoureusement et quantitativement, en l'occurrence dans le cas des solutions aqueuses, par une seule réaction. Il est cependant important de noter qu'on évite tout calcul inutile de concentration, en privilégiant l'utilisation des diagrammes pour valider le choix de la réaction mise en jeu. Dans ce cadre, aucune formule de calcul de pH n'est exigible.

### 5.2. Réactions d'oxydo-réduction

L'analyse de transformations mettant en jeu des oxydants et réducteurs usuels et des piles permettent d'aborder les différents concepts associés aux phénomènes d'oxydo-réduction en solution aqueuse. La relation de Nernst (admise en première année) ainsi que la relation entre la constante thermodynamique d'équilibre d'une réaction d'oxydo-réduction et les potentiels standard permettent de prévoir l'évolution des systèmes et le caractère favorisé des transformations.

Afin de pouvoir étudier l'influence du milieu sur les espèces oxydantes ou réductrices présentes, les acquis sur les réactions acido-basiques et de précipitation en solution aqueuse sont réinvestis.

Enfin, les diagrammes potentiel-pH sont présentés puis superposés pour prévoir ou interpréter thermodynamiquement des transformations chimiques, la confrontation avec la réalité amenant à aborder éventuellement des blocages cinétiques en lien avec l'évolution temporelle des systèmes étudiée au premier semestre.

## 6. Réactivité, transformations en chimie organique et stratégie de synthèse

Les objectifs de cette deuxième partie de programme en chimie organique sont doubles :

- d'une part, réinvestir ou compléter les connaissances et compétences autour des interconversions entre groupes caractéristiques, notamment par des réactions d'oxydo-réduction et de modifications de chaînes ;
- d'autre part, enrichir les apports concernant la synthèse d'espèces chimiques organiques en introduisant les notions de protection de groupes caractéristiques et d'activation in situ (protonation) ou par synthèse préalable d'une espèce plus réactive.

L'ensemble permet d'amener les étudiant-es à pouvoir conduire une véritable réflexion sur la stratégie de synthèse à travers l'analyse de la réactivité comparée des espèces chimiques et à interpréter la nature et l'ordre des étapes mises en oeuvre dans le cas d'une synthèse multi-étapes. Pour ce qui concerne l'élaboration d'une synthèse multi-étapes par les étudiant-es eux-mêmes, elle peut se faire en autonomie à l'aide d'une banque de réactions (réactionthèque) fournie ou à l'aide des réactions qui figurent explicitement au programme. Les équations des réactions indiquées dans la colonne de gauche (substitutions nucléophiles,  $\beta$ -éliminations, additions nucléophiles) doivent être connues et seuls les mécanismes explicitement inscrits sont exigibles et doivent pouvoir être écrits sans information supplémentaire.

Si la construction du programme privilégie ici une approche liée à stratégie de synthèse, elle n'entrave évidemment pas la liberté pédagogique des enseignant-es dans le choix de leur présentation et de leur progression.

À travers les contenus et les capacités exigibles sont développées des compétences qui pourront être par la suite valorisées, consolidées ou réinvesties, parmi lesquelles :

- analyser des problèmes de complexité croissante ;
- identifier dans une situation complexe la partie utile au raisonnement ;
- proposer une stratégie d'adaptation ou de contournement pour résoudre un problème.

### 6.1. Techniques spectroscopiques de caractérisation

La spectroscopie d'absorption UV-visible a déjà été mise en oeuvre au cours du premier semestre pour suivre l'évolution d'un système chimique.

Elle est enrichie par la spectroscopie IR utilisée pour identifier des liaisons ou groupes caractéristiques présents dans une entité analysée. Les absorptions de ces différents rayonnements électromagnétiques sont associées à la nature des transitions entre niveaux d'énergie dans l'entité et aux caractéristiques des liaisons.

À propos de la spectroscopie de RMN du proton, aucun développement sur son principe n'est attendu, seule l'analyse des spectres de RMN  $^1\text{H}$  est à effectuer pour confirmer la structure d'entités données ou pour identifier des produits de réactions.

### 6.2. Réactions d'oxydo-réduction en chimie organique

En synthèse organique, aucun oxydant ou réducteur n'est à connaître mis à part le tétrahydroborate de sodium. Pour autant, il est attendu que les exemples étudiés portent sur des transformations réelles pour lesquelles seront fournies les conditions expérimentales associées, ce afin de développer une bonne culture chimique chez les étudiant-es.

### 6.3. Activation de groupes caractéristiques

### 3 Deuxième semestre PCSI - PSI

- 3. Structures microscopiques et propriétés physiques des solides
- 4. Transformations chimiques en solution aqueuse
- 4.1. Réactions acide-base et de précipitation
- 4.2. Réactions d'oxydo-réduction

## Deuxième partie

# Approche expérimentale

1. Mesures et incertitudes Les notions et capacités identifiées ci-dessous couvrent les deux années de formation en classe préparatoire aux grandes écoles ; leur pleine maîtrise est donc un objectif de fin de seconde année.

Elles sont communes aux enseignements de physique et de chimie et leur apprentissage s'effectue de manière coordonnée entre les enseignant-es.

L'accent est mis sur la variabilité de la mesure d'une grandeur physique et sa caractérisation à l'aide de l'incertitude-type. La comparaison entre deux valeurs mesurées d'une même grandeur physique est conduite au moyen de l'écart normalisé, l'objectif principal étant de développer l'esprit critique des étudiant-es en s'appuyant sur un critère quantitatif. Le même esprit prévaut dans l'analyse des résultats d'une régression linéaire qui ne saurait s'appuyer sur l'exploitation non raisonnée du coefficient de corrélation ( $R^2$ ).

Le recours à la simulation vise à illustrer, sur la base de résultats expérimentaux, différents effets de la variabilité de la mesure d'une grandeur physique dans les cas des incertitudes-types composées et de la régression linéaire.

## 2. Mesures et capacités expérimentales

Cette partie présente l'ensemble des capacités expérimentales que les étudiant-es doivent avoir acquises, durant les séances de travaux pratiques, à l'issue de la première année. Une séance de travaux pratiques s'articule autour d'une problématique, que les thèmes ? repérés en gras dans le corps du programme ? peuvent servir à définir.

Les capacités rassemblées ici ne constituent donc en aucun cas une liste de travaux pratiques qui s'organiseraient autour d'une découverte du matériel : par exemple, toutes les capacités mises en œuvre autour d'un appareil de mesure ne sauraient être l'objectif unique d'une séance, mais doivent au contraire faire l'objet d'un apprentissage progressif contextualisé où chaque élément apparaît naturellement à l'occasion de l'étude d'un problème concret.

Les différentes capacités à acquérir sont, pour plus de clarté, regroupées en quatre domaines en chimie, les deux premiers étant davantage transversaux :

- 2.1. Prévention du risque au laboratoire de chimie
- 2.2. Mesures de grandeurs physiques
- 2.3. Synthèses chimiques
- 2.4. Analyses qualitatives et quantitatives

Cette structuration ne constitue pas une incitation à limiter une activité expérimentale à un seul domaine.

En effet, lors de la mise en oeuvre d'une synthèse au laboratoire, il peut être utile de procéder à une analyse du produit formé ou à une mesure de grandeur physique caractéristique et, bien entendu, il est indispensable de prendre en compte les consignes de sécurité.

Par ailleurs, il convient de développer les compétences de la démarche scientifique et de favoriser l'autonomie et la prise d'initiative des étudiant·es lors des activités expérimentales.

Le matériel nécessaire à l'acquisition de l'ensemble des capacités ci-dessous figure en Annexe 1 du programme.

## **2.1. Prévention du risque au laboratoire de chimie**

Les étudiant·es doivent prendre conscience du risque lié à la manipulation, au rejet et au stockage des espèces chimiques. L'apprentissage et le respect des règles de sécurité leur permettent de prévenir et de minimiser ce risque. Futur·es ingénieur·es, chercheur·es, enseignant·es, il·elle·s doivent être sensibilisé·es au respect de la législation et à l'impact de leur activité sur l'environnement.

## **2.2. Mesures de grandeurs physiques**

## **2.3. Synthèses chimiques**

Au cours de la première année, l'étudiant·e acquiert la maîtrise de différentes techniques mises en oeuvre dans les synthèses et les fondements théoriques de ces techniques, en lien avec les propriétés physico-chimiques concernées. Progressivement, il·elle est invité·e à proposer des stratégies de transformation des réactifs, de séparation et de purification des produits synthétisés.

Les différentes techniques utilisées permettent de réaliser les opérations de :

- chauffage et refroidissement ;
- séparation et purification : extraction liquide-liquide ou liquide-solide, filtrations, séchage d'un liquide ou d'un solide, séparation avec usage de l'évaporateur rotatif, recristallisation.

## **2.4. Analyses qualitatives et quantitatives**

Au cours de la première année, l'étudiant·e acquiert la maîtrise de différentes techniques expérimentales mises en oeuvre lors des analyses qualitatives et quantitatives pour caractériser une espèce chimique, en contrôler la pureté ou la doser. L'étudiant·e sait distinguer les méthodes d'analyse destructives et non destructives et développe progressivement la capacité à proposer une stratégie de mesures de concentrations ou de quantités de matière, une méthode de caractérisation d'une espèce chimique, tenant compte des propriétés physico-chimiques du système étudié.

Les techniques utilisées lors des analyses qualitatives et quantitatives sont les suivantes : pH-métrie, conductimétrie, potentiométrie à intensité nulle, spectrophotométrie UV-visible, polarimétrie, réfractométrie, chromatographie sur couche mince.

## **Liste du matériel**

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

- Verrerie classique de chimie analytique : burettes, pipettes jaugées et graduées, fioles jaugées, erlenmeyers, béchers, etc.

- Verrerie classique de chimie organique, rodée ou non rodée : ballons, ampoule de coulée (isobare ou non), réfrigérant, dispositifs de chauffage ou de refroidissement (bain-marie, bain froid, chauffe-ballon, agitateur magnétique chauffant, etc.), dispositifs d'agitation, ampoule à décanter, matériel de filtration sous pression atmosphérique et sous pression réduite, appareil de Dean-Stark.
- évaporateur rotatif
- Matériel de chromatographie sur couche mince
- Lampe UV
- Banc de Kofler
- Réfractomètre
- Spectrophotomètre UV-visible
- pH-mètre et électrodes de mesure
- Voltmètre et électrodes
- Conductimètre et cellule de mesure
- Polarimètre
- Thermomètre
- Balance de précision

## Troisième partie

# Liste des capacités numériques

La prise en compte de capacités de codage en langage Python incluant l'utilisation de fonctions extraites de diverses bibliothèques dans la formation des étudiant-es vise à une meilleure appréhension des principes mis en œuvre par les différents logiciels de traitement des données dont l'utilisation est par ailleurs toujours recommandée et à mobiliser ces capacités dans un contexte concret, celui de la physique-chimie. Cette formation par le codage permet également de développer des capacités utiles à la physique-chimie comme le raisonnement, la logique ou la décomposition d'un problème complexe en étapes plus simples.

Le tableau ci-dessous explicite ces outils ainsi que les capacités exigibles en fin de première année. Il sera complété dans le programme de seconde année.

1. Outils graphiques
  - Représentation graphique d'un nuage de points
  - Représentation graphique d'une fonction.
2. Équations algébriques
  - Résolution d'une équation algébrique ou d'une équation transcendante : méthode dichotomique, méthode de Newton.
  - Systèmes linéaires de  $n$  équations indépendantes à  $n$  inconnues.
3. Intégration - Dérivation
  - Calcul approché du nombre dérivé d'une fonction en un point
4. Équations différentielles
  - Équations différentielles d'ordre 1.
5. Statistiques
  - Régression linéaire.

## Quatrième partie

# Évaluation des connaissances

La connaissance du cours, des définitions, des principes fondamentaux est nécessaire pour progresser et résoudre des problèmes. Cette connaissance est évaluée à travers les colles, où le colleur est invité à poser à chaque étudiant une question de cours, qui compte pour moitié dans la note finale. Elle est aussi mesurée dans les devoirs, soit par le traitement là encore d'une question de cours en tant que telle, séparée du reste de l'évaluation, soit au fil de la rédaction par des questions abordant un mécanisme de chimie organique, la définition d'une grandeur ou l'utilisation de relations comme la relation de NERNST.

### Évaluation chiffrée

La rédaction du bulletin semestriel impose une évaluation chiffrée des différents travaux des étudiants. La note finale comporte une moyenne pondérée des résultats des devoirs surveillés (70%), des travaux pratiques (10%) et des colles (20%).

Chaque colle est constituée pour moitié de l'exposé d'une question de cours qui mesure les connaissances de l'étudiant mais aussi les compétences de communication. L'autre moitié consiste en la résolution d'un exercice, mettant en évidence les compétences d'analyse, de résolution de problème et d'autonomie.

Chaque compte-rendu de travaux pratiques est noté. Une partie de cette note prend en compte la clarté des schémas réalisés, la qualité de la rédaction, les résultats obtenus. L'autre, attribuée au cours du TP, évalue les différentes compétences utiles à la résolution de la problématique. Les devoirs surveillés sont notés selon un barème très large permettant de prendre en compte toutes les étapes de la résolution. La note est ensuite ramenée sur « 20 », en divisant par un facteur numérique qui permet d'atteindre une moyenne au moins supérieure à 11 et qui assure surtout aux étudiants ayant travaillé régulièrement une note de l'ordre de 10 ou supérieure à 10. Le classement de chaque étudiant est indiqué sur sa copie mais n'est pas communiqué à l'ensemble de la classe, les copies étant rendues par ordre alphabétique.

Les devoirs libres ne sont pas notés sur vingt, mais une lettre (de A à F) traduit la qualité du travail et parfois une seconde lettre porte sur la qualité de la rédaction.

<b>Compétence</b>	<b>Exemples de capacités (liste non exhaustive)</b>
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation</li> <li>- énoncer une problématique</li> <li>- définir des objectifs</li> </ul>
<b>Analyser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formuler une hypothèse</li> <li>- proposer une stratégie pour répondre à une problématique</li> <li>- proposer un modèle</li> <li>- choisir, concevoir ou justifier un protocole ou un dispositif expérimental</li> <li>- évaluer l'ordre de grandeur d'un phénomène et de ses variations</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en œuvre un protocole</li> <li>- utiliser (avec la notice) le matériel de manière adaptée, en autonomie le cas échéant, avec aide pour tout autre matériel</li> <li>- mettre en œuvre des règles de sécurité adéquates</li> <li>- effectuer des représentations graphiques à partir de données expérimentales</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- exploiter des observations, des mesures en identifiant les sources d'erreurs et en estimant les incertitudes</li> <li>- confronter un modèle à des résultats expérimentaux</li> <li>- confirmer ou infirmer une hypothèse, une information</li> <li>- analyser les résultats de manière critique</li> <li>- proposer des améliorations de la démarche ou du modèle</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- à l'écrit comme à l'oral : <ul style="list-style-type: none"> <li>o présenter les étapes de son travail de manière synthétique, organisée, cohérente et compréhensible</li> <li>o utiliser un vocabulaire scientifique adapté</li> <li>o s'appuyer sur des schémas, des graphes</li> </ul> </li> <li>- faire preuve d'écoute, confronter son point de vue</li> </ul>
<b>Être autonome, faire preuve d'initiative</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- travailler seul ou en équipe</li> <li>- solliciter une aide de manière pertinente</li> <li>- s'impliquer, prendre des décisions, anticiper</li> </ul>