































Contenus (suite)	Commentaires
Matrice de la somme de deux applications linéaires, du produit par un scalaire (réel) d'une application linéaire, de la composée de deux applications linéaires, de l'application linéaire réciproque.	

## Analyse 4 – Suites réelles

**Exemples de capacités :** obtenir une expression pour le terme d'indice  $n$  d'une suite arithmétique ou géométrique ; démontrer ou réfuter une convergence de suite ; comparer deux suites asymptotiquement.

Contenus	Commentaires
<b>a) Généralités</b> Définition. Somme, produit et quotient. Suite majorée, suite minorée. Monotonie.  Suite définie par récurrence.	Les propriétés des suites seront à relier à celles vues pour les fonctions. On se sert de la caractérisation propre aux suites. Représentation graphique des termes d'une suite définie par récurrence. Aucune méthodologie d'étude particulière n'est exigible.
<b>b) Suites usuelles</b> Suites arithmétiques, suites géométriques.  Somme des $n$ premiers termes de telles suites.	La connaissance des suites arithmético-géométriques n'est pas un attendu du programme (on se contente de les inclure dans les exemples d'études de suites récurrentes).
<b>c) Limites</b> Suite convergente, suite divergente vers $-\infty$ et $+\infty$ . Suite divergente. Opérations sur les limites. Limites et relation d'ordre. Théorème dit « des gendarmes ». Théorème de la limite monotone : existence d'une limite finie ou infinie pour les suites monotones. Théorème des suites adjacentes.	Les propriétés des suites seront à relier à celles vues pour les fonctions.  On adapte ce résultat aux limites infinies.
<b>d) Suites équivalentes</b> Suites équivalentes, notation $u_n \sim v_n$ . L'équivalence est compatible avec la multiplication.  Utilisation des équivalents pour la recherche de limites.	Le développement sur les équivalents doit être modeste et se limiter aux suites dont le terme général ne s'annule pas.

### Travaux dirigés

Exemples d'études de suites définies par  $u_{n+1} = f(u_n)$ , la fonction  $f$  étant monotone sur l'intervalle d'étude choisi.

Exemples de recherches d'équivalents.

⇔ Exemples de phénomènes d'évolution représentables par un modèle discret : croissance bactérienne, dynamique des populations.

## Analyse 5 – Calcul intégral

L'intégration est introduite comme outil en vue de la résolution des équations différentielles et des probabilités plus que comme un but en soi.

**Exemples de capacités :** calculer une primitive simple ; calculer une intégrale au moyen d'une primitive ; encadrer une intégrale.

Contenus	Commentaires
<p><b>a) Primitives</b>            Définition.            Existence d'une primitive sur un intervalle pour une fonction continue.            Caractérisation des primitives sur un intervalle pour une fonction continue.            Calcul des primitives.</p>	<p>Résultat admis.</p> <p>Linéarité, composition, primitives de <math>u'e^u</math> et de <math>u'u^\alpha</math> où <math>\alpha</math> est un réel.</p>
<p><b>b) Intégrale</b>            Définition de l'intégrale de <math>a</math> à <math>b</math> d'une fonction <math>f</math> continue sur un intervalle <math>I</math> contenant <math>a</math> et <math>b</math> :  <math>\int_a^b f(t)dt = F(b) - F(a)</math> où <math>F</math> est une primitive de <math>f</math> sur <math>I</math>.            L'intégrale d'une fonction positive est l'aire sous sa courbe représentative.            Extension de cette interprétation au cas d'une fonction de signe non constant.</p> <p>Propriétés élémentaires : relation de Chasles, linéarité, positivité, intégrale et relation d'ordre, majoration de la valeur absolue d'une intégrale.            Si <math>f</math> est continue sur un intervalle <math>I</math> et si <math>a</math> est un élément de <math>I</math> alors la fonction <math>F</math> définie sur <math>I</math> par :  <math>F(x) = \int_a^x f(t)dt</math> est l'unique primitive de <math>f</math> sur <math>I</math> s'annulant en <math>a</math>.            Valeur moyenne d'une fonction.</p>	<p>On se limite à des fonctions continues sur un intervalle s'annulant en un nombre fini de points.</p> <p>⇔ Exemples de valeurs moyennes de grandeurs dépendant du temps (intensité, tension, concentration, vitesse, etc.)</p>
<p><b>c) Procédés d'intégration</b>            Intégration par parties.              Intégration par changement de variable.</p>	<p>Au cours d'une épreuve, sauf dans les cas simples, la nécessité d'une intégration par parties sera indiquée.            Au cours d'une épreuve, sauf dans les cas simples, le changement de variable sera donné.</p>
<p><b>d) Fonctions logarithme népérien et exponentielle</b>            Définition et étude de la fonction logarithme népérien, propriétés algébriques.            Définition du logarithme décimal, conversion.</p>	<p>Révision et complément des acquis antérieurs.            ⇔ Usage des logarithmes décimaux en pH-métrie.            ⇔ Conversion de lois physiques ou chimiques, s'exprimant de manière multiplicative, en relations additives : migration de molécules en situation d'électrophorèse, évolution microbienne, loi d'action de masse, etc.</p>



Contenus (suite)	Commentaires
<p>Étude de la fonction exponentielle. Définition de <math>a^b</math>, où <math>a</math> est un réel strictement positif et <math>b</math> un réel. Étude des fonctions <math>x \mapsto e^{\lambda x}</math> où <math>\lambda \in \mathbf{R}</math>.</p> <p>Théorème des puissances (ou croissances) comparées.</p>	<p>On étudie l'allure de la courbe représentative selon la position de <math>\lambda</math> par rapport à 0. <math>\Leftrightarrow</math> Exemples de modèles exponentiels issus des autres disciplines (la variable <math>x</math> est alors pourvu d'une unité de mesure et la constante <math>\lambda</math> a aussi une unité).</p> <p>Il s'agit de comparer le comportement en 0 et en <math>\pm\infty</math> des fonctions <math>x \mapsto \ln x</math>, <math>x \mapsto x^\alpha</math> et <math>x \mapsto e^{\lambda x}</math> (avec <math>\lambda &gt; 0</math>).</p>

### Travaux dirigés

Études de fonctions dont la définition dépend des fonctions exponentielles ou logarithmes.  
Résolution d'équations faisant intervenir exponentielles, logarithmes ou puissances.  
 $\Leftrightarrow$  Exemples de méthodes numériques de calcul d'intégrales (méthode des rectangles et algorithme associé).  
 $\Leftrightarrow$  Étude de différents modèles d'évolution issus des autres disciplines faisant intervenir une fonction de la variable réelle : modèles linéaires, logarithmiques, exponentiels, homographiques.

## Analyse 6 – Équations différentielles

**Exemples de capacités :** modéliser une situation concrète par un problème différentiel ; exploiter la linéarité d'un problème différentiel.

Contenus	Commentaires
<p><b>a) Équations différentielles linéaires du premier ordre à coefficients constants</b> Équations du type : <math>y' + ay = 0</math> où <math>a</math> est un nombre réel. Équations du type : <math>y' + ay = f(t)</math> où <math>a</math> est un réel et <math>f</math> est une fonction continue sur un intervalle.</p>	<p>Pour ce type d'équations, on donnera la forme d'une solution particulière dont l'étudiant aura à ajuster les coefficients.</p>
<p><b>b) Équations différentielles linéaires du second ordre</b> Équations du type : <math>y'' + ay' + by = 0</math> où <math>a</math> et <math>b</math> sont des nombres réels. Résolution de <math>y'' + ay' + by = f(t)</math> où <math>a</math> et <math>b</math> sont réels et <math>f</math> une fonction continue sur un intervalle, quand la forme d'une solution particulière est donnée.</p> <p>Principe de superposition.</p>	<p><math>\Leftrightarrow</math> Le cas le plus fréquent dans les applications est celui d'un second membre de la forme <math>t \mapsto \sin(\omega t)</math>. On fournit à l'étudiant la forme d'une solution possible, du type <math>t \mapsto \lambda \sin(\omega t) + \mu \cos(\omega t)</math> ou <math>t \mapsto \lambda t \cos(\omega t)</math>, il reste alors à déterminer la valeur de <math>\lambda</math> et de <math>\mu</math>.</p> <p><math>\Leftrightarrow</math> Il s'agit de mettre en évidence la linéarité des « sorties » (la fonction <math>y</math>) par rapport aux « entrées » (la fonction <math>f</math>).</p>

### Travaux dirigés

$\Leftrightarrow$  Exemples issus de modèles relevant des sciences physiques, de la chimie et de la biologie : mouvement d'un point mobile, modèles d'évolution bactérienne, cinétique chimique

et enzymatique.

## Probabilités 2 – Concepts de base des probabilités

Le but de ce chapitre est de reprendre de manière systématique les bases des probabilités finies telles qu'introduites en classes de Seconde et Première et de les compléter avec l'étude du conditionnement.

⇒ Ce domaine peut être avantageusement illustré avec une diversité de situations tirées de la génétique.

**Exemples de capacités :** modéliser une expérience aléatoire au moyen d'une probabilité ; calculer la probabilité d'un événement ; élaborer une hypothèse d'indépendance et l'utiliser pour calculer des probabilités.

Contenus	Commentaires
<b>a) Vocabulaire</b> Épreuve (expérience aléatoire). Univers. Notion d'événement. Événement certain, impossible.  Événement élémentaire. Événements incompatibles, complémentaires. Système complet d'événements.	En première année on se limitera au cas où l'univers est fini et où l'algèbre des événements est égale à l'ensemble des parties de l'univers.
<b>b) Probabilité</b> Définition. Espace probabilisé. Propriétés. Dans le cas d'un univers fini, caractérisation d'une probabilité par la donnée des probabilités des événements élémentaires. Cas de l'équiprobabilité (cas favorables, cas possibles).	
<b>c) Probabilités conditionnelles</b> Définition. Notations : $P(A/B)$ et $P_B(A)$ . Propriétés.  Théorème des probabilités composées. Formule des probabilités totales $P(B) = \sum_i P(B \cap A_i)$ .  Théorème de Bayes. Indépendance de deux événements. Événements mutuellement indépendants. Probabilité sur un univers produit.	On fait observer que $P_B$ est une autre probabilité, mais aucune théorie n'est à construire.  Dans le cas où les $P(A_i)$ sont non nuls, interprétation en termes de probabilités conditionnelles ; on valorise des représentations arborescentes ou en tableau.  On admettra l'existence ainsi que les propriétés d'une telle probabilité.

### Travaux dirigés

On envisagera de nombreux exemples en insistant sur la modélisation choisie.

⇒ On peut en particulier s'appuyer sur des exemples liés au code génétique : probabilités d'apparitions d'un triplet de codons donné, transmission d'allèle pour un gène, génétique des populations, etc.

## Probabilités 3 – Variables aléatoires finies

Dans ce chapitre on met en place le formalisme de l'espérance et de la variance des variables aléatoires finies, en préparation de la seconde année.

**Exemples de capacités :** modéliser une expérience aléatoire au moyen d'une variable aléatoire ; reconnaître une situation relevant d'une loi binomiale ou d'une loi uniforme ; calculer une espérance ; calculer une variance.

Contenus	Commentaires
Définition.	On se limite au cas où l'ensemble des valeurs prises est fini.
Loi de probabilité d'une variable discrète.	Diagramme en bâtons.
Exemples fondamentaux de variables aléatoires : lois uniforme, de Bernoulli, binomiale.	Ces exemples ont été introduits en classe de Première.
Fonction de répartition.	Représentation graphique. On fera le lien avec les statistiques descriptives.
Espérance mathématique : définition, positivité.	On met en valeur la formule $E(aX + b) = aE(X) + b$ .
Variance et écart-type : définition.	On met en valeur la formule $V(aX + b) = a^2V(X)$ .
Formule $V(X) = E(X^2) - E(X)^2$ .	Pour le calcul de $E(X^2)$ , on admet en première année la formule découlant du théorème de transfert (le théorème de transfert est étudié en seconde année).

### Travaux dirigés

Exemples de problèmes faisant intervenir des variables aléatoires discrètes.

⇒ Exemples de simulations informatiques de variables aléatoires finies.



# ANNÉE } ^ Ç ^ AG Programmes des classes préparatoires aux Grandes Ecoles

Filière : **scientifique**

Voie : **Technologie et biologie (TB)**

Discipline : **Physique-chimie**

**Première année**

# Programme de Physique-Chimie de TB 1<sup>ère</sup> année

## Les objectifs généraux de la formation en deux années

La filière TB constitue la première étape d'une formation d'ingénieurs et de vétérinaires proposée aux bacheliers de la voie technologique, reposant sur la connaissance du monde du vivant, sur la compréhension des lois de la matière et sur l'interaction entre l'Homme et son environnement. Les domaines d'activités visés lors de l'insertion professionnelle à l'issue de la formation sont variés et les responsabilités touchent à des secteurs vitaux pour la société, tels que la santé animale, l'agriculture, l'agroalimentaire, l'eau, l'environnement, la prospection minière, l'aménagement du territoire.

La formation dispensée en classe préparatoire vise à donner à tous les élèves un socle de compétences et de capacités spécifiques et interdisciplinaires, tout en développant chez eux des attitudes telles que la curiosité, le sens critique ou la prise de décision. Les compétences acquises par les élèves doivent pouvoir être réinvesties tout au long de leur formation et de leur vie professionnelle.

L'enseignement de physique-chimie poursuit la construction de **compétences scientifiques**, cognitives et réflexives, déjà ébauchées au lycée. Les étudiants doivent maîtriser la démarche scientifique, être en mesure d'identifier un problème scientifique et de mobiliser les ressources pertinentes pour le résoudre, maîtriser la recherche d'informations et la conduite d'un raisonnement, analyser de manière critique la qualité d'une mesure et les limites d'une modélisation. Pendant cette formation, les étudiants doivent aussi acquérir des **compétences en autonomie et créativité** : autonomie de réflexion et de modélisation, prise d'initiative, recul critique sont propices au développement de l'esprit d'innovation. La formation en physique-chimie contribue aussi à l'acquisition de **compétences organisationnelles et sociales**, notamment lors du travail partagé au sein d'un groupe au cours des activités expérimentales ou documentaires. Et il participe à la consolidation des **compétences de communication**, écrite ou orale.

## La formation en physique et chimie en première année

Le programme de physique-chimie de la classe de TB1 s'inscrit entre deux continuités : en amont avec les programmes du lycée, en aval avec les enseignements dispensés dans les grandes écoles, et plus généralement les poursuites d'études universitaires. Il est conçu pour amener progressivement tous les étudiants au niveau requis non seulement pour poursuivre avec succès un cursus de vétérinaire, d'ingénieur, de chercheur, d'enseignant, de scientifique, mais encore pour permettre de se former tout au long de la vie.

A travers l'enseignement de la physique et de la chimie, il s'agit de renforcer chez l'étudiant les compétences inhérentes à la pratique de la démarche scientifique et de ses grandes étapes : observer et mesurer, comprendre et modéliser, agir pour créer, pour produire, pour appliquer cette science aux réalisations humaines. Ces compétences ne sauraient être opérationnelles sans connaissances, ni savoir-faire ou capacités. C'est pourquoi ce programme définit un socle de connaissances et de capacités, conçu pour être accessible à tous les étudiants, en organisant de façon progressive leur introduction au cours de la première année. L'acquisition de ce socle par les étudiants constitue un objectif prioritaire pour le professeur.

Parce que la physique et la chimie sont avant tout des sciences expérimentales, parce que l'expérience intervient dans chacune des étapes de la démarche scientifique, parce qu'une démarche scientifique rigoureuse développe l'observation, l'investigation, la créativité et l'analyse critique, l'expérience est mise au cœur de l'enseignement de la discipline, en cours et lors des séances de travaux pratiques. Les activités expérimentales répondent à la nécessité de se confronter au réel, nécessité que l'ingénieur, le chercheur, le scientifique auront inévitablement à prendre en compte dans l'exercice de leur activité, notamment dans le domaine de la mesure.

Pour acquérir sa validité, l'expérience nécessite le support d'un modèle. La notion même de modèle est centrale pour la discipline. Par conséquent modéliser est une compétence essentielle développée en TB1. Pour apprendre à l'étudiant à modéliser de façon autonome, il convient de lui faire découvrir les différentes facettes de la physique et de la chimie, qui toutes peuvent le guider dans la compréhension des phénomènes. Ainsi le professeur doit rechercher un point d'équilibre entre des approches complémentaires : conceptuelle et expérimentale, abstraite et concrète, théorique et appliquée, inductive et déductive, qualitative et quantitative.

La construction d'un modèle passe par l'utilisation nécessaire des mathématiques, symboles et méthodes, dont le fondateur de la physique expérimentale, Galilée, énonçait déjà qu'elles étaient le langage dans lequel est écrit le monde. Si les mathématiques sont un outil puissant de modélisation, que l'étudiant doit maîtriser, elles sont parfois plus contraignantes lorsqu'il s'agit d'en extraire une solution. L'évolution des techniques permet désormais d'utiliser aussi l'approche numérique afin de faire porter prioritairement l'attention des étudiants sur l'interprétation et la discussion des résultats plutôt que sur une technique d'obtention. Cette approche permet en outre une modélisation plus fine du monde réel, par exemple par la prise en compte d'effets non linéaires. C'est aussi l'occasion pour l'étudiant d'exploiter les compétences acquises en informatique. C'est enfin l'opportunité de mener avec le professeur de mathématiques d'éventuelles démarches collaboratives.

Les liens de la physique et de la chimie avec les sciences de la vie et de la Terre doivent aussi être soulignés : les exemples choisis par le professeur pour illustrer les enseignements de physique et de chimie doivent être préférentiellement en lien avec la biologie ou les sciences de la Terre. Là aussi c'est l'opportunité de mener d'éventuelles démarches collaboratives avec le professeur de sciences de la vie et de la Terre.

Enfin l'autonomie de l'étudiant et la prise d'initiative sont développées à travers la pratique d'activités du type « résolution de problèmes », qui visent à apprendre à mobiliser des savoirs et des savoir-faire pour répondre à un questionnement ou atteindre un but.

Le programme est organisé en trois parties :

1. dans la première partie sont décrites les compétences que la pratique de la « **démarche scientifique** » permet de développer à travers certaines de ces composantes : la démarche expérimentale, les approches documentaires et la résolution de problèmes. Ces compétences et les capacités associées seront exercées et mises en œuvre dans des situations variées tout au long de la première année en s'appuyant sur les autres parties du programme. Elles continueront à l'être en deuxième année. Leur acquisition doit donc faire l'objet d'un suivi dans la durée. Les compétences mentionnées dans cette partie tissent des liens transversaux entre les différentes rubriques du programme, contribuant ainsi à souligner l'idée d'une science constituée de domaines interdépendants.
2. dans la deuxième partie, intitulée « **formation expérimentale** », sont décrites les méthodes et les capacités expérimentales que les élèves doivent maîtriser à la fin de

l'année scolaire. Leur mise en œuvre à travers les activités doit s'appuyer sur des problématiques concrètes contenant celles identifiées en gras dans la troisième partie. Elles doivent faire l'objet de la part du professeur d'une programmation visant à s'assurer de l'apprentissage progressif de l'ensemble des capacités attendues.

3. dans la troisième partie sont décrites les connaissances et capacités associées aux **contenus disciplinaires**. Elles sont organisées en deux colonnes : à la première colonne « notions et contenus » correspond une ou plusieurs « capacités exigibles » de la deuxième colonne. Celle-ci met ainsi en valeur les éléments clefs constituant le socle de connaissances et de capacités dont l'assimilation par tous les étudiants est requise. Elle est organisée sur deux semestres. L'évaluation vise à mesurer le degré de maîtrise du socle ainsi défini et le niveau d'autonomie et d'initiative des étudiants. Lors de la conception des évaluations, on veillera soigneusement à identifier les capacités mobilisées afin d'en élargir le plus possible le spectre.

La progression dans les contenus disciplinaires est organisée en deux semestres. Pour faciliter la progressivité des acquisitions, au premier semestre les grandeurs physiques introduites sont essentiellement des grandeurs scalaires dépendant du temps et éventuellement d'une variable d'espace ; et on utilise les grandeurs physiques vectorielles au deuxième semestre.

Certains items de cette troisième partie, **identifiés en caractères gras**, se prêtent particulièrement à une approche expérimentale. Ils doivent être abordés, au choix, à travers des expériences de cours exploitées de manière approfondie et collective, ou lors de séances de travaux pratiques où l'autonomie et l'initiative individuelle de l'étudiant sont davantage privilégiées. D'autres items sont signalés comme devant être abordés au moyen d'une approche documentaire.

Ce programme indique les objectifs de formation à atteindre pour tous les étudiants. Il ne représente en aucun cas une progression imposée pour chaque semestre. Comme le rappellent les programmes du lycée, la liberté pédagogique de l'enseignant est le pendant de la liberté scientifique du chercheur.

Dans le cadre de cette liberté pédagogique, le professeur, pédagogue et didacticien, organise son enseignement en respectant trois grands principes directeurs :

- il doit privilégier la mise en activité des étudiants en évitant le dogmatisme : l'acquisition des connaissances, des capacités et des compétences sera d'autant plus efficace que les étudiants seront acteurs de leur formation. Les supports pédagogiques utilisés doivent notamment aider à la réflexion, la participation et l'autonomie des élèves. La formation expérimentale, l'approche documentaire, la résolution de problèmes favorisent cette mise en activité.
- il doit savoir recourir à la mise en contexte des contenus scientifiques : le questionnement scientifique peut être introduit à partir de phénomènes naturels, de procédés ou d'objets technologiques. Lorsque le thème traité s'y prête, le professeur peut le mettre en perspective avec l'histoire des sciences et des techniques, des questions d'actualité ou des débats d'idées. L'enseignant peut ainsi avoir intérêt à mettre son enseignement « en culture » si cela rend sa démarche plus naturelle et motivante auprès des élèves.
- il contribue à la nécessaire mise en cohérence des enseignements scientifiques ; la progression en physique-chimie doit être articulée avec celles mises en œuvre dans les autres disciplines, mathématiques, informatique et sciences de la vie et de la Terre.



# Démarche scientifique

## 1. Démarche expérimentale

La physique et la chimie sont des sciences à la fois théoriques et expérimentales. Ces deux composantes de la démarche scientifique s'enrichissent mutuellement, leur intrication est un élément essentiel de son enseignement.

Ce programme fait donc une large place à la méthodologie expérimentale, selon deux axes forts et complémentaires :

- Le premier a trait à la formation expérimentale à laquelle l'intégralité de la deuxième partie est consacrée. Compte tenu du volume horaire dédié aux travaux pratiques, ceux-ci doivent permettre l'acquisition de compétences spécifiques décrites dans cette partie, de capacités dans le domaine de la mesure et des incertitudes et de savoir-faire techniques. Cette composante importante de la formation de praticien, d'ingénieur ou de chercheur a vocation à être évaluée de manière appropriée dans l'esprit décrit dans cette partie.
- Le second concerne l'identification, tout au long du programme, dans la troisième partie (contenus disciplinaires), de problématiques se prêtant particulièrement à une approche expérimentale. Ces items, **identifiés en gras**, doivent être abordés, au choix, à travers des expériences de cours exploitées de manière approfondie et collective, ou lors de séances de travaux pratiques où l'autonomie et l'initiative individuelle de l'étudiant sont davantage privilégiées.

Les expériences de cours et les séances de travaux pratiques répondent à des objectifs complémentaires :

- Les expériences de cours doivent susciter un questionnement actif et collectif autour d'une expérience bien choisie permettant de faire évoluer la réflexion théorique et la modélisation, d'aboutir à des lois simplificatrices et unificatrices, de dégager des concepts transversaux entre différents domaines de la physique.
- Les séances de travaux pratiques doivent permettre, dans une approche contextualisée, suscitée par une problématique clairement identifiée, et chaque fois que cela est possible transversale, l'acquisition de savoir-faire techniques, de connaissances dans le domaine de la mesure et de l'évaluation de sa précision, d'autonomie dans la mise en œuvre de protocoles simples associés à la quantification des grandeurs physiques les plus souvent mesurées.

La liste de matériel jointe en annexe de ce programme précise le cadre technique dans lequel les étudiants doivent savoir évoluer en autonomie avec une information minimale. Son placement en annexe du programme, et non à l'intérieur de la partie dédiée à la formation expérimentale, est délibéré : il exclut l'organisation de séances de travaux pratiques dédiées à un appareil donné et centrées seulement sur l'acquisition des compétences techniques associées.

### Compétences spécifiques mobilisées lors des activités expérimentales

Les activités expérimentales en CPGE mobilisent les compétences spécifiques qui figurent dans le tableau ci-dessous. Des capacités associées sont explicitées afin de préciser les contours de chaque compétence, elles ne constituent donc pas une liste exhaustive et peuvent parfois relever de plusieurs domaines de compétences.

Les compétences doivent être acquises à l'issue de la formation expérimentale en CPGE, le niveau d'exigence est naturellement à mettre en perspective avec celui des autres parties du programme de la filière concernée. Elles nécessitent d'être régulièrement mobilisées par les élèves et sont évaluées en s'appuyant, par exemple, sur l'utilisation de grilles d'évaluation.



L'ordre de présentation de celles-ci ne préjuge pas d'un ordre de mobilisation de ces compétences lors d'une séance ou d'une séquence. Certaines ne sont d'ailleurs pas propres à la seule méthodologie expérimentale, et s'inscrivent plus largement dans la démarche scientifique, voire toute activité de nature éducative et formatrice (communiquer, autonomie, travail en équipe, etc.).

<b>Compétence</b>	<b>Exemples de capacités associées</b>
<b>S'approprier</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- rechercher, extraire et organiser l'information en lien avec une situation expérimentale</li> <li>- énoncer une problématique d'approche expérimentale.</li> <li>- définir les objectifs correspondants.</li> </ul>
<b>Analyser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- formuler et échanger des hypothèses.</li> <li>- proposer une stratégie pour répondre à la problématique.</li> <li>- proposer un modèle associé.</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.</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 adaptés.</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>

Concernant la compétence « **Communiquer** », l'aptitude à rédiger un compte-rendu écrit constitue un objectif de la formation. Dans ce cadre, doivent être développées les capacités à définir la problématique du questionnement, à décrire les méthodes, en particulier expérimentales, utilisées pour y répondre, à présenter les résultats obtenus et l'exploitation, graphique ou numérique, qui en a été faite, et à analyser les réponses apportées au questionnement initial et leur qualité. Les activités expérimentales sont aussi l'occasion de travailler l'expression orale lors d'un point de situation ou d'une synthèse finale par exemple. Le but est de préparer les étudiants de CPGE à la présentation des travaux et projets qu'ils auront à conduire et à exposer au cours de leur formation en école d'ingénieur et, plus généralement, dans le cadre de leur métier de chercheur ou d'ingénieur.

La compétence « **Être autonome, faire preuve d'initiative** » est par nature transversale et participe à la définition du niveau de maîtrise des autres compétences. Le recours à des activités s'appuyant sur les questions ouvertes est particulièrement adapté pour former les élèves à l'autonomie et l'initiative.

## **2. Résolution de problèmes**

Dans l'acquisition de l'autonomie, la « résolution de problèmes » est une activité intermédiaire entre l'exercice cadré qui permet de s'exercer à de nouvelles méthodes, et la démarche par projet, pour laquelle le but à atteindre n'est pas explicite. Cette activité est adaptée tant à une évaluation écrite où l'étudiant progresse en complète autonomie qu'à une évaluation orale pouvant s'enrichir d'une interaction avec un examinateur qualifié.

Il s'agit pour l'étudiant de mobiliser ses connaissances, capacités et compétences afin d'aborder une situation dans laquelle il doit atteindre un but bien précis, mais pour laquelle le chemin à suivre n'est pas indiqué. Ce n'est donc pas un « problème ouvert » pour lequel on soumet une situation en demandant « Que se passe-t-il ? ». L'objectif à atteindre doit être clairement donné et le travail porte sur la démarche à suivre, l'obtention du résultat et son regard critique.

La résolution de problèmes permet de se confronter à des situations où plusieurs approches sont possibles, qu'il s'agisse de la méthode mise en œuvre ou du degré de précision recherché. Ces situations se prêtent bien à une résolution progressive pour laquelle un premier modèle permettra d'obtenir rapidement un résultat, qui sera ensuite discuté et amélioré. Cette résolution étagée doit permettre à tous les élèves d'aborder le problème selon leur rythme en s'appuyant sur les compétences qu'ils maîtrisent.

C'est sur la façon d'appréhender une question scientifique, sur le choix raisonné de la méthode de résolution et sur les moyens de vérification qu'est centrée la formation de l'élève lors de la démarche de résolution de problèmes. La résolution de problèmes mobilise les compétences qui figurent dans le tableau ci-dessous. Des capacités associées sont explicitées afin de préciser les contours de chaque compétence, elles ne constituent donc pas une liste exhaustive et peuvent parfois relever de plusieurs domaines de compétences.

Compétence	Exemples de capacités associées
S'approprier le problème	Faire un schéma modèle. Identifier les grandeurs pertinentes, leur attribuer un symbole. Évaluer quantitativement les grandeurs inconnues et non précisées. Relier le problème à une situation modèle connue (réaction chimique voisine ...).
Etablir une stratégie de résolution (analyser)	Décomposer le problème en des problèmes plus simples. Commencer par une version simplifiée. Expliciter la modélisation choisie (définition du système, ...). Déterminer et énoncer les lois qui seront utilisées, le type de réaction mise en œuvre, ...
Mettre en œuvre la stratégie (réaliser)	Mener la démarche jusqu'au bout afin de répondre explicitement à la question posée. Savoir mener efficacement les calculs analytiques et la traduction numérique. Utiliser l'analyse dimensionnelle.
Avoir un regard critique sur les résultats obtenus (valider).	S'assurer que l'on a répondu à la question posée. Vérifier la pertinence du résultat trouvé, notamment en comparant avec des estimations ou ordres de grandeurs connus. Comparer le résultat obtenu avec le résultat d'une autre approche (mesure expérimentale donnée ou déduite d'un document joint, simulation numérique, autre voie de synthèse...).
Communiquer.	Présenter la solution, ou la rédiger, en expliquant le raisonnement et les résultats.

### 3. Approches documentaires

Dans un monde où le volume d'informations disponibles rend en pratique difficile l'accès raisonné à la connaissance, il importe de continuer le travail commencé au collège et au lycée sur la recherche, l'extraction et l'organisation de l'information afin de permettre l'accès à la connaissance en toute autonomie avec la prise de conscience de l'existence d'un continuum de niveaux de compétence sur un domaine donné, de la méconnaissance (et donc la découverte) à la maîtrise totale.

Le programme de physique-chimie prévoit qu'un certain nombre de rubriques, identifiées dans la colonne « capacités exigibles » relèvent d'une « **approche documentaire** ». L'objectif est double ; il s'agit :

- dans la perspective d'une formation tout au long de la vie, d'habituer les étudiants à se cultiver différemment en utilisant des documents au support varié (texte, vidéo, photo...), démarche dans laquelle ils sont acteurs de leur formation ;
- d'acquérir des éléments de culture (grandes idées, étapes d'une démarche scientifique, raisonnements, ordres de grandeurs) dans les domaines de la physique et de la chimie du XX<sup>ème</sup> et XXI<sup>ème</sup> siècle et de leurs applications.

Ces approches documentaires sont aussi l'occasion d'apporter des éléments de compréhension de la construction du "savoir scientifique" : histoire des sciences, débats d'idées, avancée de la recherche sur des sujets contemporains, contribution des sciences à des questions sociétales ou au développement industriel... Elles doivent permettre de

développer des compétences d'analyse et de synthèse. Elles reposent sur l'utilisation d'articles de revues scientifiques spécialisées ou de vulgarisation, de documents extraits de sites institutionnels ou reconnus par la communauté scientifique, d'ouvrages scientifiques de référence, ou encore sur une vidéo, une photo ou un document produit par le professeur. Elle sensibilise également les étudiants à la diversité des supports de l'information, et au crédit que l'on peut accorder à une information.

Quelle que soit la façon d'aborder ces approches documentaires, le rôle du professeur est de travailler à un niveau adapté à sa classe et d'assurer une synthèse de ce qu'il convient de retenir. Elles doivent être en cohérence avec le socle du programme. Elles peuvent être l'occasion d'acquérir de nouvelles connaissances ou d'approcher de nouveaux modèles mais il faut proscrire toute dérive en particulier calculatoire.

## Formation expérimentale

Cette partie, spécifiquement dédiée à la pratique de la formation expérimentale lors des séances de travaux pratiques, vient compléter la liste des thèmes d'étude – en gras dans la partie « contenus disciplinaires » – à partir desquels la problématique d'une séance peut être définie.

D'une part, elle précise les connaissances et savoir-faire qui doivent être acquis dans le domaine de la **mesure** et de l'évaluation des **incertitudes**, dans la continuité de la nouvelle épreuve d'Évaluation des Compétences Expérimentales (ECE) de Terminale S, avec cependant un niveau d'exigence plus élevé qui correspond à celui des deux premières années d'enseignement supérieur.

D'autre part, elle présente de façon détaillée l'ensemble des **capacités expérimentales** qui doivent être acquises et pratiquées en autonomie par les étudiants à l'issue de leur première année de CPGE.

### 1. Mesures et incertitudes

Pour pratiquer une démarche expérimentale autonome et raisonnée, les étudiants doivent posséder de solides connaissances et savoir-faire dans le domaine des mesures et des incertitudes : celles-ci interviennent aussi bien en amont au moment de l'analyse du protocole, du choix des instruments de mesure..., qu'en aval lors de la validation et de l'analyse critique des résultats obtenus.

Les étudiants doivent avoir conscience de la variabilité des résultats obtenus lors d'un processus de mesure, en connaître les origines, et comprendre et s'approprier ainsi les objectifs visés par l'évaluation des incertitudes. Les compétences acquises pourront être réinvesties dans le cadre des travaux d'initiative personnelle encadrés.

Les notions explicitées ci-dessous sur le thème « mesures et incertitudes » s'inscrivent dans la continuité de celles abordées dans les programmes du cycle terminal des filières scientifiques du lycée général et technologique. Les objectifs sont identiques, certains aspects sont approfondis : utilisation du vocabulaire de base de la métrologie, connaissance de la loi des incertitudes composées, ... ; une première approche sur la validation d'une loi physique est proposée. Les capacités identifiées sont abordées dès la première année et doivent être maîtrisées à l'issue des deux années de formation. Les activités expérimentales permettent de les introduire et de les acquérir de manière progressive et authentique. Elles doivent régulièrement faire l'objet d'un apprentissage intégré et d'une évaluation.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Erreur ; composante aléatoire et composante systématique de l'erreur.	<p>Utiliser le vocabulaire de base de la métrologie : mesurage, valeur vraie, grandeur d'influence, erreur aléatoire, erreur systématique.</p> <p>Identifier les sources d'erreurs lors d'une mesure.</p>
<p>Notion d'incertitude, incertitude-type.</p> <p>Évaluation d'une incertitude-type.</p> <p>Incertitude-type composée.</p> <p>Incertitude élargie.</p>	<p>Savoir que l'incertitude est un paramètre associé au résultat d'un mesurage, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent être raisonnablement attribuées à la grandeur mesurée.</p> <p>Procéder à l'évaluation de type A de l'incertitude-type (incertitude de répétabilité).</p> <p>Procéder à l'évaluation de type B de l'incertitude-type dans des cas simples (instruments gradués) ou à l'aide de données fournies par le constructeur.</p> <p>Évaluer l'incertitude-type d'une mesure obtenue à l'issue de la mise en œuvre d'un protocole présentant plusieurs sources d'erreurs indépendantes dans les cas simples d'une expression de la valeur mesurée sous la forme d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient ou bien à l'aide d'une formule fournie ou d'un logiciel.</p> <p>Comparer les incertitudes associées à chaque source d'erreurs.</p> <p>Associer un niveau de confiance de 95 % à une incertitude élargie.</p>
Présentation d'un résultat expérimental.	<p>Exprimer le résultat d'une mesure par une valeur et une incertitude associée à un niveau de confiance.</p> <p>Présenter une valeur à l'aide de la notation scientifique adaptée à la précision des mesures et/ou des données.</p>
Vérification d'une loi physique ou validation d'un modèle ; ajustement de données expérimentales à l'aide d'une fonction de référence modélisant le phénomène.	<p>Utiliser un logiciel de régression linéaire.</p> <p>Expliquer en quoi le coefficient de corrélation n'est pas un outil adapté pour juger de la validité d'un modèle linéaire.</p> <p>Juger qualitativement si des données expérimentales avec incertitudes sont en accord avec un modèle linéaire.</p> <p>Extraire à l'aide d'un logiciel les incertitudes sur la pente et sur l'ordonnée à l'origine dans le cas de données en accord avec un modèle linéaire.</p>

## 2. Méthodes expérimentales

Cette partie présente l'ensemble des méthodes expérimentales que les étudiants doivent acquérir durant les deux années de formation pendant les séances de travaux pratiques. Les capacités sont acquises plus particulièrement en liaison avec un thème du programme, ce qui ne constitue pas une incitation à limiter une activité expérimentale à un seul thème.

Le choix des activités peut être réalisé en fonction de la progression de l'enseignement des concepts tout en maintenant un équilibre entre les deux années de préparation. Ces activités sont l'occasion pour l'étudiant de développer le sens de l'initiative, le respect des règles de sécurité pour l'homme et pour l'environnement. Il doit connaître le principe des techniques indiquées et en réaliser la mise en œuvre expérimentale. Des notices simplifiées de fonctionnement et de réglage des appareils utilisés doivent lui être fournies.

Nature et méthodes	Capacités exigibles
<p><b>Règles de sécurité</b></p> <p><b>Techniques :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- chauffage à reflux,</li><li>- addition d'un réactif au cours d'une réaction,</li><li>- réaction en conditions anhydres,</li><li>- traitement d'un brut réactionnel,</li><li>- séparation et purification,</li></ul> <p><b>Analyse et suivi :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- chromatographie sur couche mince,</li><li>- dosage de prélèvements,</li><li>- température de fusion,</li><li>- indice de réfraction,</li><li>- pouvoir rotatoire,</li><li>- rendement.</li></ul>	<p>Interpréter la fiche de sécurité et l'étiquetage d'un produit.</p> <p>Respecter les règles élémentaires de sécurité dans le cadre d'un travail en laboratoire.</p> <p>Installer et utiliser un montage de chauffage à reflux.</p> <p>Utiliser une ampoule de coulée.</p> <p>Conduire une réaction en milieu anhydre.</p> <p>Réaliser les opérations suivantes : filtration sous vide, extraction liquide-liquide, lavage, séchage d'une phase organique, élimination d'un solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif, essorage et séchage d'un solide.</p> <p>Mettre en œuvre les techniques suivantes : relargage, distillation fractionnée sous pression atmosphérique, hydrodistillation, recristallisation.</p> <p>Réaliser une chromatographie sur couche mince.</p> <p>Réaliser un prélèvement et effectuer un dosage</p> <p>Utiliser un banc Köfler, un réfractomètre, un polarimètre.</p> <p>Définir et calculer le rendement d'une réaction.</p> <p>Mesurer une masse, un volume.</p>

## Contenus disciplinaires

### Les thèmes traités en première année

L'enseignement de physique-chimie est organisé en **thèmes**, poursuivant des objectifs de formation précisés en notions et capacités attendues. Dans les thèmes, les illustrations et les exemples ont avantage à s'appuyer sur la vie quotidienne, la recherche ou l'histoire des sciences, en balayant les domaines du vivant, de l'environnement ou de l'industrie. La première année est rythmée par cinq thèmes, répartis entre les deux semestres. Chaque thème poursuit des objectifs de formation spécifique et de transférabilité des compétences acquises. **Les activités documentaires et expérimentales sont précisées au regard des notions et capacités exigibles**, mais leur mise en œuvre est laissée à l'**appréciation pédagogique** du professeur, qui détermine notamment le choix des études de cas

Chaque thème comporte une brève introduction, qui fixe le cadre et les limites d'étude, suivie d'un tableau qui détaille les connaissances et capacités associées. Les notions abordées, qui doivent être connues des étudiants, figurent dans la colonne de gauche. La colonne de droite précise et encadre les capacités exigibles relatives à chaque notion.

En outre l'étudiant doit maîtriser les capacités transversales suivantes :

Notions	Capacités exigibles
Analyse dimensionnelle.	Vérifier l'homogénéité d'une expression littérale à partir d'une analyse dimensionnelle des termes présents. Définir un ordre de grandeur (durée, longueur) par analyse dimensionnelle d'une équation modélisant un phénomène.
Ordres de grandeur, puissances de 10, nombre de décimales.	Présenter une valeur à l'aide de la notation scientifique adaptée à la précision des données et/ou des mesures.
Résolution numérique d'équations et l'intégration numérique d'équations différentielles.	Utiliser un logiciel de calcul. Donner l'intérêt et les limites d'une résolution numérique d'une équation.

### Premier semestre

#### I. Structure de la matière

La matière, sous différents états, est constituée d'atomes et de molécules en interaction. Au niveau microscopique, sa structure spatiale joue un rôle déterminant sur ses propriétés dans le monde du vivant et en synthèse organique.

L'enseignement de la structure de la matière illustre, sans prétendre à l'exhaustivité, l'organisation de la matière de l'échelle atomique à l'échelle supramoléculaire. Il explicite, de façon succincte et sans aucun débordement théorique, des concepts sur la structure des atomes, dont la finalité est de pouvoir lire et utiliser la classification périodique. La structure des molécules est envisagée sous le seul formalisme de Lewis, et leur géométrie est étudiée dans le cadre du modèle de Gillespie. L'exposé sur les interactions intermoléculaires est étroitement ancré aux applications en milieu biologique et en synthèse. Les états de la matière et les changements d'état font l'objet d'une étude ancrée à l'observation des phénomènes naturels. Les notions de stéréochimie s'inscrivent dans la continuité des notions introduites en classe de première. Elles visent à instruire sur les liens essentiels



entre structure spatiale et réactivité. L'importance de la structure tridimensionnelle des molécules est illustrée par des exemples tirés du monde du vivant.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. La structure de l'atome</b>	
Quantification de l'énergie dans l'atome. Principe d'émission d'une lampe spectrale.	Relier les niveaux d'énergie de l'atome aux nombres quantiques.
Configuration électronique d'un atome ou d'un ion à l'état fondamental : principe d'exclusion de Pauli, règle de Klechkowsky, règle de Hund.	Déterminer la structure électronique d'un atome ou d'un ion à l'état fondamental.
Classification Périodique. Energie d'ionisation, affinité électronique et électronégativité de Pauling : évolution dans la classification périodique. Analogie et évolution des propriétés sur quelques exemples. Importance des éléments de transition en biologie.	Localiser les principales familles ou blocs dans la classification périodique. Extraire des informations sur un élément chimique de la classification périodique. Relier structure électronique et place d'un élément dans la classification périodique.
<b>2. De l'atome aux édifices chimiques</b>	
Liaison covalente : définition, propriétés. Modèle de Lewis, règle de l'octet et ses limites. Limite du modèle de Lewis : mésomérie, conjugaison, mésomérie.  Méthode V.S.E.P.R.	Utiliser la règle de l'octet pour représenter quelques molécules simples. Utiliser le modèle de Lewis y compris dans les cas d'hypervalence ou de lacune électronique (ozone, dioxyde de soufre...). Ecrire les formes mésomères dans quelques cas simples, en particulier en chimie organique. Prévoir la géométrie de molécules simples jusqu'à AX <sub>6</sub> . Activité : construire des modèles moléculaires et utiliser un logiciel de modélisation pour représenter et visualiser dans l'espace des molécules.
<b>3. Cohésion et forces intermoléculaires</b>	
Interaction de Van der Waals Liaison hydrogène inter et intramoléculaire  Importance de ces interactions dans les milieux biologiques : bases azotés, □-aminoacides, protéines, ADN...	Comparer les ordres de grandeur des énergies dans les cas des liaisons de Van de Waals et covalente. Interpréter la cohésion des solides atomiques et moléculaires. Prévoir la solubilité d'une espèce dans l'eau. <b>Approche documentaire</b> : exploiter un document pour comprendre l'importance de ces interactions dans les molécules et systèmes biologiques (en lien avec l'enseignement de biotechnologie).
<b>4. Les états de la matière</b>	
Etats solide, liquide et gazeux. Etat condensé et état fluide. Les différentes échelles d'étude de la matière : microscopique, mésoscopique et macroscopique.	Définir et caractériser les différents états de la matière. Définir les différentes échelles d'étude de la matière et préciser leur intérêt. Décrire le niveau microscopique uniquement de manière qualitative.

<b>5. Description d'un système</b>	
<p>Système isolé, fermé et ouvert.</p> <p>Paramètres ou variables d'état : définition, caractère intensif ou extensif.</p> <p>Fonction d'état et équation d'état.</p> <p>Homogénéité, phases.</p>	<p>Définir et reconnaître chaque type de système. Illustrer les définitions à l'aide d'exemples, entre autres issus du monde du vivant.</p> <p>Présenter les paramètres usuellement utilisées pour la description d'un système thermodynamique : pression, température, volume etc. ....</p> <p>Reconnaître et exploiter le caractère extensif ou intensif d'une variable d'état.</p> <p>Citer et définir les fonctions d'état usuellement utilisées en thermodynamique.</p> <p>Définir les grandeurs : fraction molaire, fraction massique, concentration molaire, concentration massique, masse volumique, densité.</p>
<p>Equilibre thermique : principe 0 de la thermodynamique, température absolue et température Celsius.</p>	<p>Enoncer et utiliser le principe 0 de la thermodynamique.</p> <p>Définir la température à partir de l'équilibre thermique.</p> <p>Utiliser les échelles Kelvin et Celsius, sans aucun développement calculatoire sur la construction de ces deux échelles.</p>
<p>Equilibre thermodynamique : définition.</p>	<p>Faire le lien entre l'équilibre thermodynamique et les équilibres mécanique, chimique et thermique.</p>
<b>6. Modèle macroscopique du gaz parfait</b>	
<p>Equation d'état.</p>	<p>Présenter succinctement l'allure des isothermes de gaz réels en coordonnées d'Amagat.</p> <p>Définir le gaz parfait comme limite du gaz réel et déduire son équation d'état.</p>
<p>Mélange idéal de gaz parfaits. Pression partielle.</p>	<p>Donner la définition de la pression partielle.</p> <p>Justifier et utiliser la loi de Dalton.</p>
<b>7. Fluides réels et phases condensées</b>	
<p>Fluides réels : équation d'état <math>f(P, V, T) = 0</math>.</p> <p>Coefficients thermoélastiques : <math>\alpha</math> et <math>\chi_T</math>.</p>	<p>Analyser une équation d'état sur une étude de cas (équation de Van der Waals ou autre équation non mémorisée) pour montrer les liens entre les termes correctifs et la nature attractive ou répulsive des interactions.</p> <p>Présenter une analyse qualitative de la signification des coefficients thermoélastiques.</p> <p>Traiter une application dans un cas simple sans développement calculatoire excessif ni établissement d'une équation d'état à partir des coefficients.</p>
<p>Phases condensées dans le cadre du modèle incompressible et indilatable.</p>	<p>Connaître les ordres de grandeurs des valeurs de <math>\alpha</math> et <math>\chi_T</math> pour une phase condensée.</p> <p>Discuter les hypothèses du modèle à partir de calculs d'ordre de grandeur.</p> <p><b>Approche documentaire</b> : conduire une étude documentaire issue du monde géologique pour montrer les limites du modèle.</p>

<b>8. Stéréochimie</b>	
<b>8.1. Utiliser la représentation adaptée pour décrire la géométrie d'une molécule</b>	
Représentation spatiale des molécules : en perspective et en projections de Cram, Newman et Fischer.	Représenter une molécule en choisissant la représentation la mieux adaptée. Passer d'une représentation à une autre.
Conformation, études de cas : éthane, butane, cyclohexane. Isomérisie cis-trans, substituant axial et équatorial, interconversion chaise-chaise.	Utiliser la représentation de Newman et passer d'une écriture perspective à la représentation Newman. Exploiter une échelle d'énergie pour discuter de la stabilité d'un conformère.
Stéréoisomérisie de configuration Z et E, R et S. Chiralité, énantiomérisie, diastéréoisomérisie.	Prévoir si une molécule présente une stéréoisomérisie de configuration et écrire les différents stéréoisomères de configuration, en utilisant la représentation adaptée. <b>Construire des modèles moléculaires et utiliser un logiciel de modélisation pour représenter et visualiser des molécules.</b>
Activité optique, mélange racémique. Loi de Biot.	Relier activité optique et structure moléculaire. Utiliser la loi de Biot. Discuter de la pureté énantiométrique d'un mélange. Connaître la définition d'un mélange racémique. Activité : mettre en œuvre une activité expérimentale pour mesurer un pouvoir rotatoire.
Lien entre stéréoisomérisie et propriétés biologiques.	<b>Approche documentaire</b> Extraire et exploiter des informations sur les propriétés (et la réactivité) des stéréoisomères.
Nomenclature D et L des oses et des $\alpha$ -aminoacides. Conséquence sur la structure chirale de l'hélice $\square$ protéique.	Identifier les groupes caractéristiques et les atomes de carbone asymétriques d'un ose ou d'un $\alpha$ -aminoacide. Utiliser la représentation de Fischer. Interpréter la structure spatiale protéique.
<b>8.2. Structure spatiale et réactivité</b>	
Aspect macroscopique : modification de chaîne ou de groupe, réactions d'addition, de substitution, d'élimination. Aspect microscopique : liaison polarisée, site donneur et site accepteur de doublet d'électrons, site nucléophile ou électrophile.	Reconnaître le type de réaction à partir de l'équation bilan. Citer un exemple par type de réaction. Identifier un site nucléophile, un site électrophile. Reconnaître des nucléophiles usuels. Placer les flèches entre site donneur et site accepteur dans une étape d'un mécanisme.
Réactivité des dérivés monohalogénés d'alcane : - substitution nucléophile : mécanismes limites de types SN1 et SN2, - réaction d'élimination : mécanisme limite de type E1, règle de Zaitsev. Compétition entre SN1 et E1.	Ecrire les mécanismes du programme. Préciser les conséquences stéréochimiques des mécanismes limites. Discuter de la compétition entre les deux mécanismes en fonction de la stabilité du carbocation. Déterminer la régiosélectivité de l'élimination. Reconnaître les conditions favorisant l'élimination.

## II. Équilibre macroscopique de la matière

L'équilibre apparent de la matière (à l'échelle humaine) peut se décrire grâce à un petit nombre de paramètres et d'outils prédictifs.

L'enseignement de l'équilibre macroscopique de la matière balaie le spectre des équilibres chimiques et mécaniques. L'équilibre chimique est introduit comme une donnée expérimentale, et l'existence d'une constante d'équilibre est admise. Les applications sont limitées à l'étude des réactions acido-basiques et d'oxydoréduction en solution aqueuse. L'enseignement d'acido-basicité a pour objectif de se limiter à des études de cas simples dont on perçoit l'intérêt en analyse ou en milieu biologique. L'enseignement d'oxydoréduction vise essentiellement à illustrer le concept prévisionnel de potentiel redox, pour prévoir le sens des échanges entre couples rédox dans un système chimique ou électrochimique. Il n'induit pas de développement théorique. L'équilibre mécanique fait l'objet d'une approche descriptive à l'échelle macroscopique mettant en jeu des forces simples. Il suscite l'étude de cas du fluide en équilibre, dont le champ d'application contient des éléments de la vie quotidienne.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. Les outils de description d'un système chimique en réaction</b>	
Avancement d'une réaction chimique ; taux d'avancement.	Traduire une transformation par une équation bilan. Construire un tableau d'avancement et l'utiliser.
Activité d'un constituant dans un mélange idéal de constituants gazeux, liquides et solides et dans une solution aqueuse idéale. Equilibre chimique ; quotient de réaction $Q_R$ et constante d'équilibre $K^\circ$ .	Exprimer l'activité d'un constituant dans le cas de l'idéalité.  Expliciter une constante d'équilibre $K^\circ$ et un quotient de réaction $Q_R$ . Justifier le sens d'évolution d'un système. Déterminer la composition d'un système à l'équilibre chimique.
Notion de transformation quantitative ou limitée.	Mettre en relation l'état final avec le caractère total ou limité d'une transformation.
<b>2. Les réactions acido-basiques</b>	
Couples acide-base en solution aqueuse Diagrammes de prédominance. Détermination du pH d'une solution par la méthode de la réaction prédominante : cas d'un acide faible, d'une base faible, d'une espèce amphotère. Exemple des $\alpha$ -aminoacides.  Solutions tampon : propriétés, sans aspect quantitatif sur le pouvoir tampon.	Comparer la force de deux acides, de deux bases. Lire et exploiter un diagramme de prédominance, une courbe de distribution. Déterminer le pH d'une solution, en se limitant aux cas où une réaction est nettement prépondérante. Poser les hypothèses adaptées et les vérifier dans un calcul de détermination de pH. Activité : préparer une solution titrée par dissolution, mélange ou dilution. Activité : utiliser un simulateur pour prévoir la composition d'une solution à l'équilibre. Expliciter les propriétés des solutions tampon et leur intérêt dans les milieux biologiques.
<b>3. Les réactions d'oxydoréduction</b>	
Couples rédox.  Pile électrochimique, potentiel d'électrode, formule de Nernst, potentiel standard.  Réaction rédox. Constante d'équilibre, prévision du sens d'évolution spontané selon une réaction rédox.	Identifier l'oxydant et le réducteur dans un couple, en utilisant les nombres d'oxydation. Equilibrer une demi-équation rédox. Appliquer la formule de Nernst dans des cas simples. Prédire le sens de fonctionnement d'une pile. Equilibrer une réaction rédox. Exprimer la constante d'équilibre rédox en fonction des potentiels $E^\circ$ .

	<p>Prédire le sens spontané d'une réaction rédox. Déterminer les caractéristiques du système à l'équilibre. illustrer les échanges électroniques et les couplages en lien avec les enseignements de biotechnologie et de SVT.</p> <p><b>Réaliser une pile</b> <b>Approche documentaire</b> conduire une activité documentaire sur une pile à combustible.</p>
<b>4. Equilibre d'un point matériel</b>	
Masse d'un point matériel.	Illustrer qualitativement le rôle de la masse en dynamique, lorsqu'il est question de relier le mouvement à ses causes.
Force : représentation vectorielle, cause du mouvement, cause de l'équilibre  Exemples de forces	Décomposer une force dans une base. Connaître et utiliser les caractéristiques des forces usuellement rencontrées en mécanique du point : poids, poussée d'Archimède, tension exercée par un fil, force de rappel d'un ressort, force de frottement fluide proportionnelle à la vitesse, réaction d'un support sans frottement, force électrique subie par une particule chargée dans un champ électrique uniforme, d'origine non étudiée et non explicitée.
<b>5. Statique des fluides</b>	
Milieu continu. Définition de la particule de fluide.  Champ de force dans un fluide au repos.	Illustrer l'intérêt de l'échelle mésoscopique. Utiliser le fait que les variables d'état d'un fluide varient continûment à l'échelle macroscopique.  Distinguer les forces volumiques (actions à distance ou interactions de longue portée : force de pesanteur) et les forces surfaciques (actions à courte portée : force de contact, pression). Etablir l'expression de la force volumique de pesanteur s'exerçant sur la particule de fluide. Etablir l'expression de la résultante des forces surfacique de pression s'exerçant sur la particule de fluide.
Principe fondamental de la statique des fluides  Applications : Cas des fluides homogènes et incompressibles. Mesure de pression : baromètre, manomètre Cas de l'atmosphère isotherme.	Expliciter le principe dans le cas du champ de pesanteur uniforme, sans faire intervenir le gradient du champ de pression. Reconnaître la difficulté d'intégrer cette relation si la masse volumique ne peut pas être considérée comme une constante. Connaître les unités de pression (Pascal, bar et millimètre de mercure), sans tenir aucun développement calculatoire concernant ces échelles. Apprécier les limites de validité du modèle de pression dans un gaz, considérée en général comme uniforme en thermodynamique.
Résultante des forces pressantes appliquées sur une surface.	Réaliser une étude limitée à des surfaces planes ou cylindriques en utilisant les symétries sans développement calculatoire excessif ni

	détermination du point d'application.
Théorème d'Archimède, énoncé sans démonstration	Conduire une étude limitée aux corps flottants. <b>Approche documentaire</b> conduire une étude documentaire sur la flottaison d'un corps ou le ballon dirigeable.

## Deuxième semestre

### III. Evolution temporelle

La connaissance de l'état initial et des lois qui régissent le système permet de prévoir son évolution au cours du temps.

L'étude de l'évolution temporelle d'un système vise aussi bien à comprendre son devenir chimique et son devenir mécanique. Les notions de cinétique chimique sont essentiellement illustrées par des exemples pris chez les êtres vivants, dans l'environnement et en synthèse. L'aspect cinétique des processus radioactifs est placé dans un contexte environnemental, industriel ou médical. Les éléments de cinétique formelle induisent l'usage d'un formalisme mathématique rigoureux, et la nécessité d'une confrontation du modèle avec des données expérimentales. La résolution analytique se limite cependant aux cas les plus simples de réactions d'ordre 0, 1 et 2, des cas plus complexes pouvant être éventuellement traités à l'aide de simulation numérique. La présentation des mécanismes réactionnels est conçue essentiellement dans le but d'éclairer la réactivité en chimie organique et de comprendre finement le rôle et le choix du catalyseur. Les notions de cinématique et de dynamique du point matériel ont pour objet de présenter aux élèves les liens qui unissent force, mouvement et énergie, sans aborder la notion de puissance mécanique. Les référentiels galiléens sont utilisés sans justification de leur existence. Reposant sur la maîtrise de grandeurs vectorielles dépendantes du temps, l'enseignement se limite à des modélisations simples dont la résolution analytique reste accessible au profil des étudiants de la filière. L'utilisation de l'outil numérique et de logiciels d'intégration peut être l'occasion d'étudier des cas plus complexes, proches de la réalité.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. Vitesse de réaction</b>	
Avancement d'une transformation. Vitesse de réaction dans l'unique cas où le volume est constant. Temps de $\frac{1}{2}$ réaction.  Facteurs de la cinétique : concentration, température, pression, catalyse.	Etablir un tableau d'avancement adossé à une équation de réaction. Exprimer la vitesse à partir des coefficients stœchiométriques algébriques et des concentrations. Discuter sur les facteurs influençant la vitesse. <b>Mettre en évidence expérimentalement l'influence de la température et d'un catalyseur sur la vitesse d'une réaction.</b>
Ordre : exemples de réaction avec ordre et de réaction sans ordre. Constante de vitesse. Dégénérescence de l'ordre. Cas de la décroissance radioactive, période radioactive.	Appliquer les méthodes de simplification pour déterminer une loi de vitesse (mélange stœchiométrique, dégénérescence de l'ordre).  <b>Pratiquer une démarche expérimentale ou exploiter des données pour vérifier une hypothèse d'ordre, déterminer une constante de vitesse.</b>
Loi d'Arrhénius et énergie d'activation.	Utiliser la loi d'Arrhénius et discuter sur l'énergie d'activation et savoir les utiliser dans des exemples pris dans la chimie



	organique ou environnementale.
<b>2. Mécanisme de réaction</b>	
Décomposition d'une réaction globale en actes élémentaires et molécularité. Loi de Van't Hoff.	Différencier le bilan macroscopique et l'acte élémentaire à partir d'exemples. Exploiter des informations pour établir la loi de vitesse.
Intermédiaires réactionnels.	Utiliser l'effet inductif pour discuter de la stabilité d'un intermédiaire réactionnel.
Approximation de l'état quasi stationnaire. Etape cinétiquement déterminante. Cas d'un pré-équilibre rapide.	Utiliser les approximations dans quelques cas simples.
Notion de chemin réactionnel, postulat de Hammond.	Commenter l'allure d'un diagramme « énergie-coordonnée de réaction » dans quelques cas simples.
<b>3. Catalyse</b>	
Action catalytique Catalyse homogène et catalyse hétérogène. Auto-catalyse.	Préciser les caractéristiques de l'action catalytique à partir quelques exemples pris dans les domaines de l'oxydoréduction, l'acido-basicité et la chimie organique.
Choix d'un catalyseur, sélectivité	<b>Approche documentaire</b> : justifier le choix d'un catalyseur pour une réaction au regard du contexte réactionnel et des objectifs.
<b>4. Cinématique du point matériel</b>	
Définition de la cinématique. Point matériel. Référentiel : définition, référentiel terrestre. Repère d'espace, base de projection.  Description du mouvement : Vecteur position. Vecteur vitesse et vecteur déplacement élémentaire. Vecteur accélération. Etudes de cas simples.	Commenter la relativité du mouvement fonction du point de vue de l'observateur. Distinguer référentiel et repère. Utiliser les coordonnées cartésiennes, polaires et cylindriques. Expliciter les expressions de la vitesse et de l'accélération en coordonnées polaires et cylindriques. Choisir le repérage le mieux adapté à la situation d'étude. Etudier des mouvements simples sans recourir aux coordonnées sphériques ni à la base de Frénet : rectiligne (uniforme ou non), circulaire (uniforme ou non), parabolique, hélicoïdal, elliptique etc.....
<b>5. Dynamique du point matériel en référentiel galiléen</b>	
Première loi de Newton ou principe d'inertie. Référentiel galiléen : définition, référentiel terrestre.	Utiliser le référentiel terrestre en considérant qu'il est galiléen. Analyser des applications simples.
Deuxième loi de Newton ou principe fondamental de la dynamique pour un point matériel de masse invariable dans le temps.	Définir le système étudié et le référentiel d'étude. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées au système. Faire un schéma décrivant la situation étudiée. Dédire la trajectoire à partir des forces appliquées au point matériel, en se limitant exclusivement aux études de cas en référentiel galiléen, et maîtriser également la

	démarche inverse.
Troisième loi de Newton ou principe des interactions réciproques.	Utiliser la troisième loi de Newton pour expliquer la propulsion.
<b>6. Energie d'un point matériel en référentiel galiléen</b>	
Travail élémentaire et travail fini d'une force appliquée à un point matériel.	Effectuer des calculs dans des cas simples. Traiter le cas du travail d'une force constante et l'exemple du travail du poids.
Energie cinétique : définition Théorème de l'énergie cinétique en référentiel galiléen : démonstration et applications.	Retrouver par le théorème de l'énergie cinétique des résultats déjà obtenus par la deuxième loi de Newton.
Force dite conservative : définition, exemples. Energie potentielle associée.  Energie mécanique. Théorème de l'énergie mécanique en référentiel galiléen : démonstration et applications.	Utiliser la relation $\vec{F} \cdot d\vec{l} = -dE_p$ , sans recourir au gradient. Mettre en évidence le fait que l'énergie potentielle associée à une force conservative n'est fonction que de la position. Traiter les exemples de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie potentielle élastique. Retrouver par le théorème de l'énergie mécanique des résultats déjà obtenus par le théorème de l'énergie cinétique ou la deuxième loi de Newton. Illustrer les cas de conservation ou de non conservation de l'énergie mécanique. <b>Mettre en oeuvre une expérience illustrant la conservation de l'énergie mécanique (approchée) et la non conservation de l'énergie mécanique, selon la prise en compte des frottements (dans l'air et dans un liquide visqueux) ; utiliser un logiciel d'acquisition de données.</b>

#### IV. Analyse et synthèse

On a recours à des techniques d'analyse afin d'identifier et de quantifier une espèce chimique. La synthèse organique vise à reproduire des molécules présentes dans des substances naturelles ou à en élaborer de nouvelles.

L'approche de l'enseignement d'analyse est résolument expérimentale, les techniques d'analyse visant à identifier et à quantifier une espèce chimique. La synthèse organique tend à reproduire des molécules présentes dans des substances naturelles ou à en élaborer de nouvelles. On se limite aux titrages acido-basiques et à l'exploitation de données d'analyse spectroscopique. L'entrée dans la chimie organique de synthèse se fait en douceur par l'explicitation de la réactivité de quelques fonctions essentielles. Le but est de donner quelques outils permettant de comprendre que des réactions interviennent dans des grands cycles métaboliques et dans les synthèses industrielles. Les éléments d'interprétation d'une stratégie de synthèse sont renforcés par l'utilisation de données spectroscopiques (UV visible, infra-rouge et résonance magnétique nucléaire du proton).

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. Mesures et contrôles</b>	
Titration acido-basique.	Ecrire et exploiter l'équation de la réaction



	<p>de titrage. Déterminer graphiquement et par calcul le pH en un point remarquable du titrage. <b>Repérer le point équivalent lors d'un titrage suivi par pH-métrie, conductimétrie ou à l'aide d'indicateurs colorés.</b> <b>Tracer et exploiter une courbe de titrage (sur papier et logiciel tableur).</b></p>
Electrodes.	<p>Décrire les électrodes utilisées usuellement : 1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> espèces, électrode spécifique de verre. Activité : choisir les électrodes en fonction des mesures à réaliser et réaliser le montage d'une mesure de pH, ou d'une mesure de ddp.</p>
<b>2. Spectroscopie</b>	
<p><b>Spectroscopie UV –Visible</b> Principe de l'interaction rayonnement matière appliqué à l'absorption dans le domaine de l'UV-visible. Lien entre la couleur perçue et la longueur d'onde au maximum d'absorption pour des substances organiques ou inorganiques. Loi de Beer-Lambert.</p>	<p>Commenter les ordres de grandeurs des énergies et des longueurs d'onde du domaine de l'UV-visible. <b>Réaliser et exploiter des spectres UV-Visible.</b> <b>Rhoisir une longueur d'onde d'étude et réaliser un titrage par spectrophotométrie.</b></p> <p>Appliquer la loi de Beer Lambert.</p>
<p><b>Spectroscopie IR</b> Utilisation des spectres IR pour contrôler une formule : identification de groupes caractéristiques.</p>	<p><b>Exploiter un spectre IR pour identifier des groupes caractéristiques à l'aide de tables de données.</b></p>
<p><b>Spectroscopie RMN du proton</b> Identification de molécules organiques à l'aide du déplacement chimique, de l'intégration et de la multiplicité du signal (règle des (n+1) uplets) en se limitant au couplage du 1<sup>er</sup> ordre.</p>	<p>Identifier les protons équivalents. Relier la multiplicité du signal au nombre de voisins. <b>Associer le spectre RMN à la structure d'une molécule, dans des cas simples, à l'aide de tables de données.</b></p>
	<p><b>Déterminer la structure d'une molécule par analyse de données spectroscopiques UV-visible, IR et/ou RMN.</b></p>
<b>3. Réactivité en chimie organique</b>	
<b>3.1. Les alcènes</b>	
<p>Addition électrophiles de HX, H<sub>2</sub>O et Br<sub>2</sub> : mécanismes. Addition radicalaire de HBr : mécanisme, effet Kharasch. Hydrogénation catalytique. Coupure oxydante : ozonolyse et action du permanganate de potassium concentré.</p>	<p>Ecrire les mécanismes d'additions de HX, H<sub>2</sub>O et Br<sub>2</sub>. Relier les effets électroniques d'un substituant à la régiosélectivité ou à la stéréosélectivité d'une réaction. Ecrire les équations des réactions d'hydrogénation et de coupure oxydante sans préciser les mécanismes.</p>
<b>3.2. Les organomagnésiens</b>	
<p>Préparation des organomagnésiens mixtes : conditions expérimentales, réactions de</p>	<p>Décrire la préparation d'un organomagnésien sans expliciter les</p>

<p>synthèse et annexes. Nucléophilie et basicité des organomagnésiens :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- substitution sur les dérivés à hydrogène mobile (eau, acides),</li> <li>- substitutions sur les dérivés halogénés (RX, CuCl<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>),</li> <li>- additions sur les époxydes, les dérivés carbonyles et sur le dioxyde de carbone (en excès),</li> <li>- addition-élimination sur les dérivés d'acide carboxylique.</li> </ul>	<p>mécanismes de la synthèse et des réactions annexes.</p> <p>Ecrire les équations des réactions. Expliciter les mécanismes dans le seul cas de l'action sur un dérivé carbonyle. Commenter le rôle d'intermédiaire de synthèse des organomagnésiens pour transformer les chaînes et les fonctions en synthèse.</p> <p><b>Réaliser la synthèse d'un organomagnésien et l'utiliser pour un dosage ou une synthèse.</b></p>
<b>3.3. Les alcools</b>	
<p>Acido-basicité des alcools. Influence du noyau benzénique sur l'acido-basicité, dans le cas des phénols. Nucléophilie des alcools :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- protection de la fonction alcool par la synthèse de Williamson et déprotection,</li> <li>- estérification sur un acide carboxylique et sur un chlorure d'acide.</li> </ul> <p>Electrophilie des alcools :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- préparation d'un dérivé halogéné à partir d'un alcool par action de HX, PCl<sub>3</sub>, PBr<sub>3</sub> et SOCl<sub>2</sub>,</li> <li>- déshydratation intramoléculaire d'un alcool en milieu acide : formation d'un alcène.</li> </ul> <p>Oxydation des alcools, à l'air, par des oxydants minéraux.</p>	<p>Ecrire les formes acide et basique d'un couple alcool/ alcoolate et du couple phénol/phénolate. Comparer l'acidité d'un alcool et d'un phénol.</p> <p>Discuter de la pertinence à protéger la fonction alcool. Ecrire les équations des réactions. Comparer l'estérification sur un acide carboxylique et sur un chlorure d'acide en synthèse. Expliciter le mécanisme de l'action de HX et le mécanisme de la déshydratation dans le cas d'un alcool tertiaire. Discuter de la régiosélectivité et du contrôle thermodynamique de la déshydratation des alcools. Reconnaître l'oxydant et le réducteur. Citer des exemples illustrant les rôles de l'oxydant et des conditions opératoires sur la nature du produit d'oxydation.</p> <p><b>Approche documentaire</b> commenter quelques exemples d'estérification et d'oxydation des fonctions alcool dans le monde du vivant et dans l'industrie (cosmétique, agroalimentaire...).</p> <p><b>Réaliser une synthèse illustrant la réactivité d'un alcool.</b></p>

## V. Bilans d'énergie en thermodynamique

Le principe de la conservation de l'énergie permet d'établir des bilans énergétiques en vue de comprendre les transformations des systèmes macroscopiques.

L'analyse de bilans énergétiques simples sur des transformations clairement identifiées constitue l'une des bases de la formation. L'enseignement du premier principe permet de conjuguer la mise en place de l'outil des fonctions d'état et l'analyse de quelques expériences (détentes du GP, changement d'état du corps pur, réaction chimique, calorimétrie). Un aspect important de l'enseignement vise à préciser que le premier principe ne se démontre pas, et que la conservation de l'énergie repose sur la notion de transferts.

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>1. Evolution d'un système fermé</b>	
<p>Système thermodynamique et milieu extérieur : définitions.</p> <p>Transformations thermodynamiques élémentaires et finies : définitions.</p> <p>Réversibilité : définition, causes d'irréversibilité d'une transformation.</p>	<p>Choisir et délimiter un système, définir son milieu extérieur.</p> <p>Distinguer une transformation élémentaire et une transformation finie.</p> <p>Définir une transformation réversible.</p> <p>Identifier les causes d'irréversibilité d'une transformation.</p>
<p>Transformations usuelles en thermodynamique.</p>	<p>Caractériser une évolution : isotherme, isobare, isochore, monobare, monotherme, adiabatique réversible, pour un gaz parfait.</p> <p>Reconnaître une transformation cyclique et en donner une illustration.</p> <p>Exploiter le diagramme de Watt : <math>P = f(V)</math>.</p>
<b>2. Bilan d'énergie en thermodynamique</b>	
<b>2.1. Premier principe</b>	
<p>Energie totale d'un système.</p> <p>Premier principe de la thermodynamique : conservation de l'énergie pour une transformation élémentaire et pour une transformation finie.</p> <p>Convention algébrique utilisée pour les transferts d'énergie : énergie algébriquement reçue par le système.</p> <p>Travail des forces extérieures de pression <math>W</math> : définition, explicitation.</p> <p>Transfert thermique <math>Q</math> : définition, interprétation qualitative, transformation adiabatique, source de chaleur.</p>	<p>Énoncer le premier principe de la thermodynamique dans le cas général faisant intervenir l'énergie mécanique macroscopique.</p> <p>Utiliser à bon escient les notations « d » pour désigner des petites variations de fonction d'état et « <math>\delta</math> » pour des petites quantités d'énergie échangée.</p> <p>Utiliser à bon escient les notations <math>W</math> et <math>Q</math> en proscrivant les notations <math>\Delta W</math> et <math>\Delta Q</math>.</p> <p>Etablir et utiliser la relation <math>W = - \int_{E.I}^{E.F} P_{EXT} \cdot dV</math></p> <p>qui devient, dans le cas d'une transformation réversible, <math>W = - \int_{E.I}^{E.F} P \cdot dV</math>.</p> <p>Distinguer les qualificatifs « calorifugé » (qui caractérise une enceinte) et « adiabatique » (qui caractérise la transformation qui s'y déroule).</p> <p>Commenter le sens des transferts et relier aux signes de <math>W</math> et <math>Q</math>.</p>
<b>2.2. Fonction d'état énergie interne U</b>	
<p>Energie interne <math>U</math> : définition, caractère extensif admis.</p>	<p>Illustrer et utiliser l'extensivité de l'énergie interne.</p> <p>Définir, en lien avec le cours de mécanique,</p>

<p>Cas du gaz parfait :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- détente de Joule Gay-Lussac,</li> <li>- première loi de Joule,</li> <li>- expressions de U pour un gaz parfait monomoléculaire ou bimoléculaire, sans justification.</li> </ul> <p>Capacité thermique à volume constant <math>C_v</math> : définition par la dérivée partielle de l'énergie interne par rapport à la température, cas du gaz parfait, du gaz parfait monoatomique et du gaz parfait diatomique.</p> <p>Cas d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable.</p>	<p>l'énergie interne comme étant l'énergie mécanique d'origine microscopique :</p> $U = E_{C_{micro}} + E_{p_{micro}} .$ <p>Activité : commenter l'approche expérimentale (détente de Joule Gay Lussac), permettant de déduire qu'un gaz parfait obéit à la première loi de Joule. Expliciter la différentielle de U en variable T et V, et préciser l'expression dans le cas du gaz parfait. Enoncer la première loi de Joule. Illustrer la définition de <math>C_v</math> en évitant tout développement calculatoire excessif. Comparer la propriété de <math>C_v</math> dans le cas général d'un gaz (<math>C_v = C_v(T)</math>) au cas des gaz parfaits. Commenter qualitativement la croissance de <math>C_v</math> avec l'atomicité du gaz.</p> <p>Utiliser, dans le cas des études de systèmes usuels en phase condensée, la relation <math>dU = C_v(T)dT</math> et simplifier le modèle dans un domaine de température pas trop étendu, pour lequel <math>C_v</math> est indépendant de T.</p>
---	--

### 2.3. Fonction d'état enthalpie H

<p>Enthalpie H : définition, caractère extensif admis.</p> <p>Cas du gaz parfait :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- détente de Joule Thomson,</li> <li>- deuxième loi de Joule,</li> <li>- expressions de H pour un gaz parfait monomoléculaire ou bimoléculaire, sans justification.</li> </ul> <p>Capacité thermique à pression constante <math>C_p</math> : définition par la dérivée partielle de l'enthalpie par rapport à la température, cas du gaz parfait, du gaz parfait monoatomique et du gaz parfait diatomique.</p> <p>Coefficient <math>\beta</math> pour un gaz parfait</p> <p>Cas d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable.</p>	<p>Exprimer le transfert thermique lors d'une évolution monobare en utilisant la fonction enthalpie.</p> <p><b>Approche documentaire</b> commenter l'approche expérimentale (détente de Joule Thomson), permettant de déduire qu'un gaz parfait obéit à la deuxième loi de Joule. Expliciter la différentielle de H en variable T et P, et préciser l'expression dans le cas du gaz parfait. Enoncer la deuxième loi de Joule. Relier la première loi de Joule et la deuxième loi de Joule pour le gaz parfait. Illustrer la définition de <math>C_p</math> en évitant tout développement calculatoire excessif. Comparer la propriété de <math>C_p</math> dans le cas général d'un gaz (<math>C_p = C_p(T)</math>) au cas des gaz parfaits. Déduire la relation de Mayer pour un gaz parfait à partir des deux lois de Joule. Définir et préciser les valeurs de <math>\beta</math> pour les cas usuels de gaz parfaits monoatomiques, diatomiques et leurs mélanges respectifs. Utiliser à bon escient la relation approchée <math>dU \approx dH = CdT</math>, en confondant alors <math>C_p</math> et <math>C_v</math>.</p>
--	--

### 2.4. Changement d'état d'un corps pur

<p>Nature des changements d'état. Diagramme d'état en coordonnées (P,T). Point critique, point triple. Enthalpie de changement d'état d'un corps pur à pression et température fixées.</p> <p>Diagramme d'état de Clapeyron (P,V) pour le changement d'état liquide-gaz. Composition d'un mélange liquide-vapeur. Théorème des moments chimiques.</p>	<p>Nommer les changements d'état réversibles et citer des changements d'état irréversibles. Lire le diagramme (P,T) : domaines, transformations isobares, transformations isothermes. Définir l'enthalpie de changement d'état d'un corps pur et commenter qualitativement son signe. Lire le diagramme (P,V) pour le changement d'état liquide-gaz. Utiliser les fractions massiques et le théorème des moments chimiques. Lire et exploiter le diagramme d'état en coordonnées de Clapeyron (P,v) , en excluant toute étude au voisinage du point critique, et toute étude sur les propriétés du fluide supercritique. Activité : exposer le principe de fonctionnement de la machine de Cailletet.</p>
<p><b>3. Applications du premier principe à la chimie</b></p>	
<p><b>3.1. Description d'un système fermé en réaction chimique</b></p>	
<p>Etat standard d'un constituant pour un gaz, ou un état condensé : définition, exemples. Grandeur molaire et grandeur molaire standard appliquée à une fonction d'état d'un corps pur : définition, exemples.</p> <p>Grandeur de réaction et grandeur standard de réaction : définitions, exemples.</p>	<p>Décrire l'état standard d'un constituant. Définir le volume molaire et l'enthalpie molaire d'un constituant pur dans un état quelconque puis dans un état standard ; traiter le cas du gaz parfait. Apprécier qualitativement la distinction entre grandeur molaire d'un constituant pur et grandeur molaire partielle d'un constituant d'un mélange, sur l'exemple du volume des mélanges de liquides. Définir l'enthalpie de réaction <math>\Delta_r H</math> et l'enthalpie standard de réaction <math>\Delta_r H^\circ</math>. Justifier qualitativement et utiliser l'approximation de l'équivalence des deux grandeurs.</p>
<p><b>3.2. Application du premier principe</b></p>	
<p>Variation de l'énergie interne <math>\Delta U</math> et de l'enthalpie <math>\Delta H</math> du système des réactants pendant la transformation « réaction chimique » à volume constant, à pression constante. Réaction endothermique et exothermique.</p>	<p>Relier les variations des fonctions d'état <math>\Delta U</math> et <math>\Delta H</math> aux transferts thermiques. Expliciter la variation <math>\Delta H</math> pendant la réaction en fonction de l'enthalpie standard de réaction <math>\Delta_r H^\circ</math>. Analyser les unités de ces deux grandeurs. Analyser le signe du transfert thermique. Donner la définition d'une réaction endothermique / exothermique. Citer la variation de <math>\Delta_r H^\circ</math> avec la température sans développement calculatoire, et utiliser l'approximation d'Ellingham sur un intervalle de température réduit.</p>
<p>Enthalpie molaire standard de formation <math>\Delta_f H^\circ</math> d'un corps pur : définition, loi de Hess. Energie de liaison : définition</p>	<p>Expliciter la réaction de formation d'un corps pur. Appliquer la loi de Hess dans quelques cas</p>

	<p>simples.</p> <p>Utiliser des données tabulées pour calculer un transfert thermique, une enthalpie de réaction, une énergie de liaison.</p>
<p>Calorimétrie.</p> <p>Etude de cas simples se limitant à un système fermé, en excluant la méthode des régimes permanents et la microcalorimétrie.</p>	<p>Choisir un système d'étude en calorimétrie et appliquer le premier principe de la thermodynamique.</p> <p>Déterminer la valeur en eau d'un calorimètre.</p> <p><b>Déterminer une grandeur thermodynamique (capacité thermique, enthalpie de changement d'état, enthalpie de réaction ou enthalpie de mise en solution) par calorimétrie.</b></p>

## Annexe 3 - INTRODUCTION

La mise en œuvre des programmes de Biotechnologies et de sciences de la vie et de la Terre doit permettre aux futurs ingénieurs et vétérinaires de se constituer une culture scientifique de base dans le domaine des sciences du vivant, construite sur les grands concepts et modèles, opérationnelle et transférable pour interroger et comprendre les situations auxquelles ils seront confrontés.

### Contenus

Les programmes de SVT et Biotechnologies définissent des contenus (connaissances, faits, modèles, concepts...), qui constituent une base cognitive indispensable à l'organisation du savoir. Ces éléments doivent pouvoir être exposés de façon concise, en particulier dans le cadre d'exercices de synthèse. Ils servent aussi de référence pour mener une réflexion scientifique rigoureuse dans le cadre de problématiques non directement abordées dans le programme.

En SVT, le programme s'articule autour de grands concepts fédérateurs qui peuvent être développés par différents items. Il en va ainsi, par exemple, de l'évolution et sa relation avec la biodiversité, de la relation génotype/phénotype, des relations entre structures-propriétés-milieu-fonctions (à différentes échelles d'études), les liens entre la vie et la planète plante, etc. Ces fils rouges, souvent mis en exergue dans l'un ou l'autre des chapitres, plus discrètement présents dans d'autres, permettent aux étudiants d'établir des liens et d'organiser un véritable réseau de connaissances, de poser par eux-mêmes un certain nombre de problématiques et de mettre en perspective leurs réflexions.

En Biotechnologies, les études combinent approches scientifiques fondamentales et activités technologiques notamment en laboratoire. Elles permettent l'acquisition de grands concepts scientifiques (interactions moléculaires, flux de matière et d'énergie dans le vivant, relations structure-fonction, méthodologies valorisant le potentiel des biomolécules et des organismes vivants, ...). Elles permettent de confronter les étudiants à des mises en situation pouvant être réinvesties dans leurs études ultérieures. C'est pourquoi les formulations du programme présentent non seulement les objectifs des études mais également les compétences associées aux activités mises en œuvre.

A la fois en SVT et en Biotechnologies, ces contenus doivent être argumentés. Toutefois, si une certaine richesse d'argumentation se justifie dans le cadre de l'enseignement, il importe de limiter la mémorisation de raisonnements à ce qui est nécessaire à la présentation d'une démarche, de développements, de synthèse, valides. Ceci amène à définir deux niveaux d'exigibilité :

- un premier niveau : éclairer un concept, un modèle, en s'appuyant sur l'exposé d'UN exemple-argument, nécessaire à l'exercice de synthèse ;
- un deuxième niveau : construire l'argumentation à partir de la réflexion sur un objet ou document fourni, confronter de nouvelles informations à un modèle connu soit pour l'y rapporter, soit pour identifier des différences et les interroger.

Cette nécessité de réinvestissement est au cœur de l'approche par compétences, exigeant que les savoirs soient réellement opérationnels, mais strictement sélectionnés en nombre et



en qualité. *La définition de ces objectifs n'est pas sans impact sur la réflexion didactique et pédagogique. En effet, une telle réflexion gouverne l'organisation de l'enseignement en classe préparatoire dès lors qu'il s'agit de combiner, dans la construction des compétences, l'acquisition de contenus et de capacités.*

## **Présentation des programmes**

Les programmes sont présentés en trois colonnes.

La colonne de gauche comprend l'énoncé des objectifs de connaissances ; elle ne constitue pas un « résumé » des contenus attendus mais exprime les éléments centraux de chaque unité ainsi que l'esprit dans lequel est orientée leur étude.

La colonne du milieu comprend, quant à elle, plusieurs types d'informations destinées à préciser ces attendus.

Est exprimé, par un verbe, ce que l'on attend que les étudiants sachent faire : présenter ou exposer des concepts, argumenter, analyser des éléments, mettre en relation... Ces précisions sont destinées à fixer plus clairement ce que l'on attend comme mémorisation de connaissances (au premier ordre) et ce qui relève de l'acquisition de méthodes ou de savoir-faire, applicables à condition que les éléments sur lesquels ils doivent s'exercer soient fournis à l'étudiant.

Sont donc indiqués :

- des précisions sur les contenus attendus : argumentation minimale, éléments de diversification des exemples, parfois précision d'un exemple à utiliser. Le fait qu'un exemple soit désigné ne constitue pas une incitation à réaliser une monographie pointilleuse : au contraire, le niveau d'exigence est limité à ce qui peut servir la construction ou l'illustration des concepts visés ;
- l'énoncé de démarches ou d'actions à savoir réaliser, c'est-à-dire des savoir-faire exigibles associés au contenu spécifique de l'item ;
- des limites qui sont indiquées soit dans une rubrique spécifique, soit associées à des items plus précis selon qu'elles ont une valeur générale ou ponctuelle ;
- des liens avec d'autres parties du programme, avec l'enseignement d'autres disciplines, avec les programmes du second degré ou avec des concepts intégrateurs ; les indications, qui invitent à des mises en relations fortes ne sont pas limitatives.

Enfin la dernière colonne précise le semestre pendant lequel ces notions sont abordées.

## **Compétences attendues**

L'expression large des compétences déclinées dans les programmes de SVT et de Biotechnologies correspond à une attente de formation des étudiants couvrant la totalité du spectre des écoles recrutant sur la filière.

Les compétences sont destinées à être travaillées dans le cadre des enseignements en cours et/ou en travaux pratiques, chaque professeur étant libre du choix des supports, des moments et des lieux.



Les compétences figurant dans les programmes peuvent être mises en relation avec **les compétences intellectuelles ou cognitives dans le champ scientifique (sciences du vivant, sciences de la Terre) et qui relèvent de la capacité à recueillir, à exploiter, à analyser et à traiter l'information** :

#### 1 - Construire une argumentation scientifique en articulant différentes références

- connaissances scientifiques relevant du champ disciplinaire (et dans certains cas d'autres disciplines), maîtrise des concepts associés ;
- capacité à structurer un raisonnement : maîtrise des relations de causalité ;
- capacité à construire une démonstration à partir d'une progression logique :
  - identifier la question dans le contexte posé ;
  - analyser, hiérarchiser ;
  - intégrer différents paramètres, articuler, mettre en perspective.
- capacité à construire une argumentation écrite et/ou orale : maîtrise des techniques de communication (synthèse, structure, clarté de l'expression) ;
- apport d'un regard critique.

#### 2 - Résoudre un problème complexe

- capacité à conduire un raisonnement scientifique sur un objet défini :
  - identifier le problème posé dans son environnement technique, scientifique, culturel ;
  - identifier le problème sous ses différents aspects ;
  - mobiliser les connaissances scientifiques pertinentes pour résoudre le problème ;
  - maîtriser la méthode exploratoire, le raisonnement itératif ;
  - maîtriser la démarche de diagnostic.

#### 3 - Conduire ou analyser une expérimentation

- capacité à observer et à mettre en relation des éléments ;
- capacité de déduction ;
- capacité d'investigation.

#### 4 - Conduire une démarche « diagnostic »

- capacité à recueillir des informations ;
- capacité à observer et à explorer ;
- capacité à analyser et à hiérarchiser ;
- capacité à organiser et à proposer une démarche diagnostic ;
- capacité à présenter la démarche.

### **Les compétences en communication écrite et orale**

Sont constamment mobilisées, que ce soit lors de la présentation de travaux, de résultats, ou lors de la réalisation de synthèses... :

- la capacité à organiser une production écrite en fonction du contexte :
  - traitement de l'information dans une perspective de communication ;
  - structuration du propos, cohérence, logique, clarté de l'expression, maîtrise de la syntaxe ;
- la capacité à construire un argumentaire ;
- la capacité à structurer une communication orale ;
- la capacité à convaincre ;
- la capacité à s'adapter au contexte de la communication.

### **Les compétences réflexives qui mobilisent le recul critique, l'autonomie de réflexion, la créativité, c'est-à-dire :**

- la capacité à identifier les différentes approches et concepts dans le traitement d'une question ;
- la capacité à se situer et à développer une pensée autonome et à l'argumenter ;
- la capacité à initier des perspectives nouvelles (curiosité, exploration, ouverture d'esprit)

sont particulièrement mises en œuvre en TIPE, même si certaines activités techniques et expérimentales des programmes peuvent, dans d'autres contextes, amener à les exercer.

# PROGRAMME DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Le programme de biologie et de géologie croise deux approches scalaires, l'une d'espace et l'autre de temps.

## BIOLOGIE

En ce qui concerne les différences échelles spatiales (celles de la cellule, de l'organisme, de la population et de l'écosystème), la compréhension du fonctionnement du vivant implique que l'on construise l'emboîtement de ces différents niveaux soit pour expliquer des mécanismes, soit pour comprendre des relations de « cause à effet ». Ces dernières ne sont cependant pas linéaires, comme c'est le propre pour tout système complexe. Chaque palier d'organisation, cellule, organisme, écosystème, possède des propriétés émergentes supérieures à la somme des propriétés de ses parties, conférées en particulier par l'intégration du système. Les relations entre les structures, leurs propriétés, leur milieu, leur fonction sont au cœur des problématiques abordées.

Les différentes échelles de temps correspondent :

- au temps court, celui du contrôle et de la régulation du métabolisme et de l'expression génétique ;
- aux temps intermédiaires de l'individu (ontogenèse), de la transmission de l'information génétique entre générations et de la dynamique populationnelle ;
- au temps long de l'évolution.

Elle permet d'aborder entre autres les processus d'adaptation des systèmes soit à ses variations de fonctionnement, soit à des variations de leur environnement, selon des processus intervenant à des vitesses différentes selon l'échelle temporelle considérée.

Ces idées seront privilégiées et mises en valeur chaque fois que possible, même si elles ne sont pas explicitées dans telle ou telle partie du programme. En particulier, l'idée que les structures et les processus observés sont le résultat d'une évolution, et en évolution perpétuelle, doit être sous-jacente à tous les aspects du programme.

La première année associe essentiellement l'échelle cellulaire (1.1, 1.2, 1.3, 1.5) et celle de l'organisme (2.1, 2.2, 2.4) et la transition avec celle des populations (3.1, 3.2) dont l'entretien et la variabilité est envisagée à travers la reproduction sexuée et asexuée. Sur la base des exemples rencontrés, la classification se construit (5.2), amenant ainsi une première synthèse sur la dimension évolutive.

En deuxième année, l'aspect métabolique (1.4) est abordé. Le développement des organismes animaux et végétaux est étudié (3.3, 3.4) ainsi que le fonctionnement des organismes en relation avec les variations d'activité et d'environnement (2.3, 2.4). Les relations entre êtres vivants sont envisagés jusqu'à l'échelle écosystémique (4) ou jusqu'au temps de l'évolution (5.1)

Cette répartition permet une construction progressive et ordonnée des concepts, et facilite leur mise en relation en amenant, en seconde année, à revenir pour les intégrer sur certains acquis fondamentaux de première année.

## **1. Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote**

L'unité fonctionnelle de la cellule se construit au travers d'une présentation générale (§1.1) et de l'étude de nombreuses cellules rencontrées au fil des chapitres. Elle s'appuie sur les connaissances acquises par les étudiants en biotechnologies sur les principales biomolécules constituant la cellule.

Il s'agit de montrer l'unité des principes de fonctionnement des cellules eucaryotes mais aussi l'existence de spécialisations cellulaires. Celles-ci reposent sur des différenciations mettant en jeu une modulation de l'expression de l'information génétique (§1.3). Ces spécialisations contribuent au fonctionnement global de l'organisme pluricellulaire, siège d'une division du travail.

L'étude des membranes en tant que surfaces d'échanges avec le milieu environnant est abordée (§ 1.2) en particulier dans cette optique.

La cellule constitue une unité thermodynamique ouverte capable de produire ses propres constituants grâce à un apport de matière première et d'énergie. Un focus, réalisé à travers l'exemple de la biosynthèse protéique, permet d'ancrer cette approche, et se relie de plus à l'expression de l'information génétique (§ 1.3) et son contrôle.

L'aspect métabolique des synthèses est l'occasion de faire un lien avec l'enseignement de biotechnologies, entre autres à travers l'exemple de la cellule musculaire striée squelettique (§ 1.4).

Enfin, la cellule est replacée dans un contexte temporel permettant de montrer sa multiplication, étape essentielle au maintien de l'intégrité des organismes mais aussi à la reproduction asexuée (§ 3.1).

## **2. L'organisme, un système en interaction avec son environnement**

Cette partie s'appuie sur quatre volets :

- Dans le premier volet, l'objectif est d'appréhender les relations qui existent entre les différentes fonctions qui interagissent au sein d'un organisme. L'exemple proposé, une espèce ruminante, permet à partir d'une littérature très abondante d'aborder les relations inter et intra spécifiques, et la place de cette espèce dans les bilans de fonctionnement des écosystèmes. Cet exemple permet aisément d'appréhender les interactions entre objectifs sociétaux (agronomie, et technologie) et études scientifiques. Traité à l'échelle de l'organisme (appareil organe).
- Dans le deuxième volet, l'étude d'une fonction permet de préciser, en reliant différentes échelles d'études, les mécanismes qui permettent la réalisation d'une fonction ainsi qu'une étude des relations entre organisation, fonction et milieu : la fonction étudiée est la respiration dans le règne animal. Cette partie permet aussi d'évoquer la diversité des plans d'organisation animale et fait donc un lien évident avec la partie 4.
- Dans le troisième volet, le contrôle du débit sanguin a comme objectif de développer un exemple d'interrelations entre plusieurs systèmes de contrôle et de régulation au sein de l'organisme et de montrer comment l'intégration des diverses réactions conduit à l'adaptation physiologique liées aux variations d'activité de l'organisme ou bien aux variations de milieu.

- Dans le quatrième volet, ce sont les Angiospermes qui servent de support à l'étude d'un mode de vie particulier : la vie fixée. Afin de montrer un parallélisme avec le règne animal, la fonction d'échange sera aussi abordée chez les Angiospermes, à différentes échelles : à l'échelle de l'organisme avec la nutrition hydrominérale des plantes et à l'échelle de la cellule et de la molécule avec le mécanisme de photosynthèse vu en Biotechnologies. Cette échelle permettra un lien avec le métabolisme abordé en biotechnologies. Enfin, la vie fixée sera également envisagée non plus à l'échelle de l'instant mais à l'échelle des saisons avec les cycles de développement des végétaux angiospermes.

### **3. Reproduction des individus et pérennité des populations**

L'étude des populations animales et végétales permet d'appréhender l'écosystème comme un ensemble d'interactions intra- et interspécifiques. La pérennité des populations repose tout d'abord sur la capacité des êtres vivants à se reproduire (3.1) mais aussi à se développer (3.3 et 3.4). La diversité des individus qui s'ensuit résulte des modalités de la reproduction (3.2).

### **4. Biologie des écosystèmes**

Cette partie permet de comprendre les flux d'énergie et de matière à travers un écosystème.

### **5. Biologie évolutive**

Cette partie vise à expliquer les mécanismes qui agissent sur la dynamique de la biodiversité, constatée à plusieurs échelles dans les blocs précédents.

En première année, la biodiversité est constatée à différentes échelles. En se fondant sur le paradigme évolutif, la classification phylogénétique permet de structurer la représentation de la biodiversité des espèces.

La seconde année met l'accent sur les aspects dynamiques, sur des durées moyennes à longues. L'analyse de cette dynamique entre stabilité et évolution, conduit à aborder différents niveaux d'explication, de la variabilité moléculaire aux mécanismes de l'évolution.

## **SCIENCES de la TERRE**

### **6. Géodynamique externe**

En sciences de la Terre, le programme se concentre essentiellement sur des phénomènes superficiels associés à la géodynamique externe, en liaison étroite avec l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. En ceci, il se relie facilement à certains éléments du programme de sciences de la vie.

La dimension concrète des géosciences implique que l'on manipule des objets réels, à différentes échelles allant de l'échantillon au paysage. Une sortie sur le terrain est donc obligatoire. Parmi les outils utilisés en géosciences, les cartes se situent au centre de la réflexion, les cartes géologiques bien sûr, mais aussi toutes les cartes plus spécifiques (topographiques, pédologiques, hydrologiques, ...) dont les apports complémentaires peuvent s'avérer nécessaires à l'étude des phénomènes. Issues de l'exploitation de données de terrain, traitées, choisies, présentées, problématisées, vectrices d'informations élaborées dans un but défini, les cartes sont ensuite des supports de réflexion, d'analyse des situations, de leur interprétation voire dans certaines circonstances, des documents permettant d'éclairer des décisions (gestion des risques, exploitation de ressources, travaux publics...). Le va-et-vient entre objets réels et carte est réalisé chaque fois que nécessaire.

**En première année**, l'altération et l'érosion des roches est reliée à la formation des sols, mettant ainsi l'accent sur les éléments résiduels, leur origine, leur évolution ainsi que la relation avec le vivant, abordé dans les enseignements des sciences de la vie comme en biotechnologie.

**En seconde année**, l'étude du processus sédimentaire permet d'aborder le devenir des éléments entraînés. Le cycle du carbone permet enfin une approche synthétique, intégrant pleinement, de façon scientifiquement raisonnée et critique, l'action de l'Homme. La question des ressources permet d'ouvrir la géologie et ses apports sur d'autres sphères, en particulier économique et complète ainsi une approche des grands enjeux contemporains concernés par les géosciences.

**En première année sont traités :**

- au premier semestre, les parties 1.1, 1.2, 2.1, 3.1, 3.2.
- au second semestre, les parties 1.3, 1.5, 2.2, 2.4, 5.2 et 6.1.

## 1 – Organisation fonctionnelle de la cellule eucaryote

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>1.1 Les cellules, des unités structurales et fonctionnelles (8 heures)</b></p> <p>La cellule eubactérienne contient un chromosome unique circulaire et des plasmides. Elle est délimitée par une membrane et une matrice extra-cellulaire (paroi). Son cytoplasme n'est pas compartimenté. La cellule assure toutes les fonctions.</p> <p>Les cellules eucaryotes contiennent une information génétique nucléaire et cytoplasmique. Les chromosomes nucléaires, linéaires, sont une association entre ADN et protéines : la chromatine. Le génome des eucaryotes comprend une part variable de séquences non codantes selon les espèces.</p> <p>La cellule eucaryote est compartimentée et structurée par le cytosquelette.</p> <p>La cellule est traversée par des flux de matière, d'énergie et d'information. Une partie de ces flux passe par</p>	<p>Ce chapitre a pour but de caractériser les cellules eucaryotes des organismes pluricellulaires, de montrer leur spécialisation et leur fonctionnement intégré. La comparaison avec la cellule eubactérienne souligne les spécificités de l'état eucaryote. Les exemples seront choisis dans les règnes animal et végétal, en lien avec les chapitres de biologie des organismes. A partir d'un nombre réduit d'exemples, la relation structure-fonction des cellules différenciées est décrite.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire l'organisation de la chromatine et mettre en relation les associations ADN/protéines avec ses variations de condensation de la chromatine</li> <li>- distinguer les notions de séquences codantes et non-codantes et appréhender leur importance relative.</li> <li>- établir un lien entre le chromosome bactérien et le génome des organites semi-autonomes.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : ces aspects sont présentés sans démonstration expérimentale. <b>Liens</b> : 1.3, 1.5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter de façon synthétique la diversité des compartiments en grandes familles structurales et fonctionnelles</li> <li>- mettre en évidence la coopération fonctionnelle entre compartiments</li> <li>- présenter l'organisation des filaments du cytosquelette</li> <li>- présenter le cytosquelette comme un système dynamique</li> </ul> <p><b>Lien</b> : Les différents rôles du cytosquelette seront précisément abordés dans plusieurs autres items du programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- associer différents processus à des flux traversant les cellules</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les mécanismes associés à ces flux (ex :</p>	<p><b>S1</b></p>

<p>la membrane cellulaire ou les systèmes membranaires internes.</p> <p>Les cellules animales et végétales présentent à la fois des similitudes et des différences.</p> <p>La présence, l'importance quantitative et la répartition de certains compartiments sont à l'origine de la spécialisation structurale et fonctionnelle des cellules eucaryotes. Cette spécialisation est issue d'un processus de différenciation.</p> <p>Dans un organisme pluricellulaire, un grand nombre de cellules sont associées entre elles et reliées à des matrices extracellulaires. Ces liaisons assurent la cohérence de la plupart des tissus.</p> <p>L'activité de la cellule est intégrée dans le fonctionnement global de l'organisme à travers les échanges spécialisés ou non qu'elle réalise et le contrôle exercé sur son activité.</p>	<p>synthèse protéique, conversion et transfert d'énergie, etc) sont simplement cités ; ils sont développés dans d'autres paragraphes du programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer une cellule « animale » et une cellule « végétale »</li> <li>- trier et organiser les principales idées extraites de cette comparaison</li> <li>- caractériser une cellule différenciée, notamment par comparaison avec une cellule souche</li> </ul> <p><b>Liens</b> : 3.3, 3.4  <b>Limite</b> : Le concept est présenté ici à son niveau le plus simple et en s'appuyant sur les connaissances acquises au lycée.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- associer l'état pluricellulaire à la spécialisation cellulaire et à la présence de dispositifs d'adhérence</li> <li>- montrer l'universalité de la présence de matrice extracellulaire</li> </ul> <p><b>Liens</b> : 1.2, 1.3, 1.4</p>	
<p><b>1.2 Membranes et échanges membranaires (14 heures)</b></p> <p><b>1.2.1 Organisation et propriétés des membranes cellulaires</b></p> <p>Les membranes cellulaires sont des associations non covalentes de protéines et de lipides assemblés en bicouches asymétriques. Les propriétés de fluidité, de perméabilité sélective, de spécificité et de communication de la membrane dépendent de cette organisation.</p> <p><b>1.2.2. Membranes et interrelations structurales</b></p> <p>Des interactions entre membranes, matrices extracellulaires et cytosquelettes conditionnent les propriétés mécaniques des cellules et les relations mécaniques entre cellules au sein des tissus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter en l'argumentant le modèle de mosaïque fluide</li> <li>- présenter et analyser les différents types de localisation des protéines membranaires</li> <li>- en discuter les conséquences en termes de mobilité</li> <li>- reconnaître les grands types de jonction et les relier à leurs fonctions</li> <li>- connaître la nature moléculaire des filaments d'actine, des microtubules et de la kératine afin d'argumenter leur fonction structurale au sein de la cellule</li> <li>- décrire l'organisation du collagène, l'architecture d'une matrice animale (on se limite à l'exemple d'un conjonctif) et d'une paroi pecto-cellulosique</li> </ul>	<p><b>S1</b></p>



<p>Les matrices extracellulaires forment une interface fonctionnelle entre la cellule et son milieu.</p> <p><b>1.2.3. Membranes et échanges</b> Il existe différentes modalités de flux de matière entre compartiments.</p> <p>Des transferts de matière sont réalisés entre compartiments par des phénomènes de bourgeonnement ou de fusion de vésicules (dont les phénomènes d'endocytose et d'exocytose). Les mécanismes reposent sur les propriétés des membranes et l'implication de protéines.</p> <p>L'eau et les solutés peuvent traverser une membrane par transferts passifs, par transport actif primaire ou secondaire. Ces transferts sont régis par des lois thermodynamiques (gradients chimiques ou électrochimiques, sens de transfert).</p> <p>Des modèles de mécanismes moléculaires permettent de rendre compte de ces différents types de flux. Ces échanges ont des fonctions diverses en liaison entre autres, avec la nutrition des cellules, leur métabolisme mais aussi avec des fonctions informationnelles à l'échelle de la cellule ou de l'organisme.</p> <p>Plus précisément :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la cinétique des flux transmembranaires peut être</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relier la densité et les propriétés intrinsèques des réseaux de filaments aux propriétés mécaniques des matrices (consistances de gel plus ou moins fluides)</li> <li>- expliquer le principe de la rigidification d'une matrice par imprégnation de lignine ou de substance minérale</li> </ul> <p><b>Remarque :</b> Aucun exemple particulier de cellule n'est exigible. Cependant, celui d'une cellule épithéliale est particulièrement propice à la présentation de ces interactions.</p> <p><b>Limites :</b> Pour les matrices extracellulaires, on se limite à deux exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>pour les végétaux, la paroi pecto-cellulosique ;</li> <li>pour l'architecture d'une matrice animale, un conjonctif.</li> </ul> <p>On ne fait que mentionner les parois bactériennes dont l'architecture n'est pas au programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- définir un compartiment</li> <li>- présenter un exemple de formation d'une vésicule d'endocytose et de fusion d'une vésicule d'exocytose</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter de façon cohérente les différentes grilles d'analyse des flux transmembranaires en reliant les aspects dynamiques, thermodynamiques aux modèles moléculaires associés</li> <li>- présenter ces échanges dans la perspective de leurs fonctions biologiques</li> <li>- évaluer la liposolubilité d'une espèce chimique par son coefficient de partition huile/eau</li> <li>- relier une cinétique de passage à une modalité de passage</li> <li>- évaluer une différence de potentiel électrochimique</li> <li>- exprimer une différence de potentiel électrochimique sous forme d'une tension transmembranaire (« force ion-motrice »)</li> <li>- relier l'existence d'un gradient aux aspects énergétiques des transferts</li> <li>- relier les caractéristiques des protéines, leur localisation et leur fonction dans les échanges</li> </ul>
---	---

linéaire (diffusion simple au travers de la phase lipidique), ou hyperbolique (diffusion facilitée par les transporteurs ou les canaux la cinétique de ces derniers étant cependant linéaires dans les conditions cellulaires) ;  
- un gradient transmembranaire (chimique ou électrochimique) est une forme d'énergie que l'on peut évaluer sous forme d'une variation molaire d'enthalpie libre.

#### **1.2.4 Membrane et différence de potentiel électrique : potentiel de repos, d'action et transmission synaptique**

Les membranes établissent et entretiennent des gradients chimiques et électriques. Les flux ioniques transmembranaires instaurent un potentiel électrique appelé potentiel de membrane. Le potentiel d'équilibre d'un ion est le potentiel de membrane pour lequel le flux net de l'ion est nul. La présence de canaux ioniques sensibles à la tension électrique rend certaines cellules excitables. Le potentiel d'action neuronal s'explique par les variations de conductance de ces canaux.

Dans les neurones, l'influx nerveux se propage de façon régénérative le long de l'axone. Le diamètre des fibres affecte leur conductivité et donc la vitesse des influx, de même que la gaine de myéline.

La synapse permet la transmission d'information d'une cellule excitable à une autre en provoquant une variation de potentiel transmembranaire.

**Lien : 1.4**

**Lien Biotechnologies : 3.1.2**

- définir la notion de potentiel électrochimique d'un ion et expliciter le calcul de son potentiel d'équilibre (loi de Nernst)

- relier la variation du potentiel membranaire aux modifications de conductances

- analyser des enregistrements de patch-clamp pour argumenter un modèle moléculaire de fonctionnement d'un canal voltage-dépendant

- expliquer la propagation axonique par régénération d'un potentiel d'action

L'explication des montages permettant de mesurer les courants ioniques transmembranaires n'est pas exigible.

- expliquer, dans un fonctionnement synaptique, le trajet de l'information supportée par les signaux successifs : nature du signal, nature du codage, extinction du signal

- relier ces étapes aux modèles de mécanismes moléculaires qui les sous-tendent

- relier sur un exemple le fonctionnement des récepteurs ligands-dépendants aux caractéristiques fonctionnelles des protéines (site, allostérie, hydrophobie et localisation...)

**Limites :** On se limite à un exemple qui peut être celui de la synapse neuromusculaire ou d'une synapse neuro-neuronique. On limite les précisions sur les mécanismes moléculaires à ce qui est strictement nécessaire à la compréhension du modèle.

Aucun exemple spécifique n'est exigible, mais le choix d'un support permettant d'intégrer endocytose, exocytose et de comparer canaux voltages et ligands dépendants peut être pratique. Les mécanismes producteurs des potentiels post-synaptiques, de leur propagation et de leur

	intégration ne sont pas au programme. <b>Lien</b> : 2.3	
<p><b>1.3 Les biosynthèses au sein des cellules eucaryotes (12 heures)</b></p> <p><b>1.3.1 Les cellules eucaryotes synthétisent leurs constituants moléculaires</b> La cellule possède des constituants moléculaires complexes (acides nucléiques, lipides, protéines, polymères glucidiques), de durée de vie variable, et qui sont l'objet d'un renouvellement.</p> <p>L'ensemble des biosynthèses réalisées par une cellule est spécifique en liaison avec sa différenciation et sa sa fonction spécialisées dans l'organisme.</p> <p>Pour ce qui est du contrôle, les biosynthèses de la cellule sont soit constitutives, soit contrôlées.</p> <p>Toute synthèse requiert de l'énergie, de la matière et un catalyseur.</p> <p><b>1.3.2 La biosynthèse des ARN et protéine</b> La synthèse des ARN et des protéines est le fondement de l'expression de l'information</p>	<p>Cette partie vise à montrer que la cellule est une machine thermodynamique qui transforme de la matière. La cellule synthétise ses propres constituants moléculaires soit à partir d'autres constituants organiques servant de matière première, soit à partir de matière minérale pour certaines cellules photo ou chimiosynthétiques . Ces biosynthèses sont d'abord placées dans un contexte général montrant la diversité des synthèses, l'intervention d'enzymes, la nécessité d'énergie et de matière. La localisation des grandes voies de synthèse au sein d'une cellule eucaryote est présentée. Pour les mécanismes précis, l'étude de l'anabolisme s'appuie sur la synthèse des protéines, présentée en tant que processus de polymérisation d'acides aminés.</p> <p>- localiser les principaux constituants moléculaires des cellules eucaryotes et de leur matrice. - relier la durée de vie des biomolécules aux processus de synthèse et de dégradation au sein des cellules. <b>Limite</b> : L'existence de systèmes de dégradation tels que le protéasome au sein des cellules est mentionné mais leur fonctionnement n'est pas au programme.</p> <p>- présenter une biosynthèse liée à la mise en réserve.</p> <p>- relier le type de synthèse à la fonction des constituants moléculaires au sein des cellules. - présenter un exemple de voie de synthèse contrôlé.</p> <p>- montrer qu'une liaison entre deux constituants requiert un apport d'énergie chimique sous la forme d'un couplage chimio-chimique. <b>Lien</b> : La spécificité de réaction des enzymes est évoquée en lien avec l'enseignement de biotechnologies (2.1.1).</p>	<b>S2</b>

<p>génétique. Elle s'intègre dans une séquence transcription-traduction menant de l'ADN au polypeptide en passant par les ARN. Dans le cas de la cellule eucaryote, ces processus sont compartimentés.</p> <p>La transcription correspond à une synthèse d'ARN suivant la séquence d'un brin d'ADN matrice.</p> <p>Elle est assurée par des ARN polymérases ADN dépendantes et génère plusieurs types d'ARN. Les unités de transcription chez les eubactéries sont souvent organisées en opérons. Chez les eucaryotes, les gènes sont morcelés.</p> <p>Chez les eucaryotes, les ARN transcrits à partir de gènes morcelés subissent une maturation dans le noyau qui mène à la formation de l'ARN traduit.</p> <p>L'épissage alternatif produit des ARN différents pour une même unité de transcription.</p> <p>Dans le cytosol, les ARN messagers matures sont traduits en séquence d'acides aminés. La traduction repose sur la coopération entre les différentes classes d'ARN et sur le code génétique.</p> <p>La traduction est suivie par un repliement tridimensionnel de la</p>	<p>- mettre en évidence que l'expression de l'information génétique est un processus de transfert d'information entre macromolécules à organisation séquentielle (exemple d'argument : la colinéarité ADN – chaîne polypeptidique);</p> <p><b>Limites :</b> Les processus fondamentaux d'expression de l'information génétique sont étudiés chez les eubactéries et les eucaryotes dans une optique comparative. Les démonstrations expérimentales de ces processus ne sont pas exigibles.</p> <p>- comparer l'organisation des unités de transcription des génomes eubactériens et eucaryotes.</p> <p>- montrer l'importance des séquences non codantes (promoteur et terminateur) dans le contrôle de la transcription.</p> <p>- montrer que la synthèse d'ARN est une polymérisation</p> <p>- montrer comment la complémentarité de bases assure la fidélité du processus de transcription de la séquence</p> <p>- fournir une estimation en ordre de grandeur de la quantité d'énergie nécessaire à la polymérisation</p> <p>- expliquer le rôle d'une interaction acides nucléiques/protéines à partir de l'exemple du promoteur des gènes eubactériens.</p> <p><b>Limites :</b> L'organisation moléculaire des protéines impliquées n'est pas au programme. On se limite à décrire l'activité enzymatique des ARN polymérases. Chez les eucaryotes, on ne traite que de l'ARN polymérase II et de la polymérisation des ARN messagers. La composition du complexe d'initiation de la transcription et l'organisation du promoteur ne sont pas à mémoriser.</p> <p>- montrer que maturation des ARN mène à distinguer le génome du transcriptome.</p> <p><b>Limites :</b> Il s'agit ici de décrire les mécanismes d'excision-épissage, de mise en place du chapeau 5' et de la polyadénylation. Le détail des ARN nucléaires impliqués dans ces mécanismes ne sont pas attendues.</p> <p>Un seul exemple d'épissage alternatif est exigible.</p> <p>- discuter des caractéristiques du code génétique</p> <p>- expliquer le rôle des interactions entre ARN au cours de la traduction à partir de la reconnaissance du signal d'initiation de la traduction et de l'interaction codon anticodon (modèle eubactérie)</p> <p>- discuter de l'importance de la charge des ARNt</p>
---	--

<p>chaîne polypeptidique éventuellement assisté par des protéines chaperons</p> <p>Chez les eucaryotes, la traduction des protéines membranaires et sécrétées met en jeu différents compartiments. Les protéines subissent un adressage et des modifications post-traductionnelles.</p> <p>La synthèse des protéines peut être contrôlée à chacune de ses différentes étapes. Ce contrôle est le fondement de la spécialisation cellulaire.</p> <p>Le contrôle de la transcription fait intervenir des interactions entre séquences régulatrices et facteurs de transcription. L'initiation de la transcription est un point clé du contrôle de l'expression.</p> <p>Le niveau de transcription dépend aussi de l'état de méthylation de l'ADN et de modifications de la chromatine. Les modifications de la chromatine constituent une information transmissible et sont la base du contrôle épigénétique.</p> <p>L'interférence à l'ARN est un autre mécanisme régulateur majeur.</p>	<p>catalysée par l'amino-acyl ARNt synthétase pour la fidélité de traduction</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer l'intervention de facteurs de contrôle et de couplage énergétique au cours de la traduction.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Une liste des facteurs n'est pas exigible.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estimer en ordre de grandeur le coût énergétique de la formation d'une liaison peptidique</li> </ul> <p><b>Lien Biotechnologies</b> : 1.1.2, 1.1.3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- interpréter une expérience de pulse-chase afin de montrer un flux de matière à travers une cellule eucaryote sécrétrice.</li> <li>- montrer que l'adressage comme les modifications post-traductionnelles reposent sur des signaux présents au sein des chaînes polypeptidiques chez les procaryotes comme chez les eucaryotes</li> </ul> <p><b>Limite</b> : On se limite aux mécanismes simplifiés de translocation co-traductionnelle dans le réticulum et aux seules mentions et localisations des modifications par glycosylations.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- commenter un panorama des différents points de contrôle du processus d'expression de l'information génétique en relation avec la compartimentation cellulaire ;</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>-mettre en évidence l'existence de contrôles positif et négatif de l'initiation de la transcription à partir de l'exemple de l'opéron lactose ;</li> <li>- expliquer en quoi l'assemblage et la mise en fonctionnement du complexe d'initiation constituent la principale voie de régulation de l'expression génétique (boîte TATA, facteurs cis et trans).</li> <li>- identifier les différents « domaines » structuraux d'un facteur de transcription (liaison à l'ADN, transactivation, liaison à des messagers...). Un seul exemple d'organisation structurale de facteur de transcription est exigible (exemple préconisé : récepteur aux hormones lipophiles).</li> <li>- relier les différents états de condensation de la chromatine interphasique avec le niveau de transcription</li> <li>- expliquer simplement le lien entre méthylation de l'ADN, acétylation des histones et la possibilité de transmission d'information épigénétique au cours</li> </ul>
---	--

	<p>des divisions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- discuter des limites d'une approche trop mécaniste et montrer que l'initiation de la transcription est un processus dont la probabilité dépend de la combinaison de nombreux facteurs protéiques en interaction avec la chromatine.</li> </ul> <p><b>Liens</b> : 3.3, 3.4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les processus en jeu lors d'une régulation impliquant l'interférence à l'ARN.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : les mécanismes de production des ARN interférents ne sont pas à connaître.</p>	
<p><b>1.4 Dynamiques métaboliques des cellules eucaryotes (seconde année)</b></p>		
<p><b>1.5 Le cycle cellulaire et la vie des cellules (5 heures)</b></p> <p>Le cycle cellulaire est constitué par une succession de phases assurant la croissance, le maintien et la division cellulaires.</p> <p>Le passage d'une phase à une autre est sous le contrôle de signaux extracellulaires et de facteurs internes notamment liés à l'intégrité de l'information génétique.</p> <p>La conservation de l'information génétique au cours des cycles cellulaires est liée à :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la réparation des lésions de l'ADN ;</li> <li>- la duplication de l'information génétique au cours de la phase S par réplication semi-conservative de l'ADN ;</li> </ul> <p>La mitose répartit de façon équitable le matériel génétique</p>	<p>Ce chapitre permet une approche temporelle des différents processus cellulaires décrits dans la partie 1. Il est l'occasion de rappeler l'importance de la conservation de l'information génétique pour le renouvellement cellulaire et le maintien des organismes.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en relation les différentes phases du cycle cellulaire avec la quantité d'ADN dans les cellules et les activités cellulaires, en particulier les processus liés à l'information génétique ;</li> <li>- connaître les durées relatives des phases du cycle cellulaire en lien avec les processus s'y déroulant.</li> <li>- montrer que les points de contrôle du cycle cellulaire participent à la conservation de l'information génétique.</li> <li>- montrer l'importance de la conservation de l'information génétique dans le maintien de l'activité des organismes.</li> <li>- montrer que la complémentarité des bases azotées est à l'origine de la fidélité des processus de réparation et de réplication ;</li> <li>- caractériser à l'échelle chromosomique la duplication chez les eucaryotes.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les mécanismes moléculaires de la réparation et de la réplication ne sont pas au programme.</p> <p><b>Lien Biotechnologies</b> : 4.2.1</p> <p><b>Lien</b> : 5.1</p>	<p><b>S2</b></p>

<p>nucléaire entre les deux cellules filles.</p> <p>La différenciation cellulaire implique un arrêt des divisions cellulaires et une sortie du cycle cellulaire.</p> <p>Des dérèglements du cycle cellulaire conduisent à des divisions incontrôlées à l'origine des cancers.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- caractériser les différentes phases de la mitose.</li> <li>- montrer l'importance du fuseau mitotique et de son fonctionnement dans la répartition équitable de l'information génétique.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 3.1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer, à l'aide de l'exemple de la division des cellules végétales la distinction entre division nucléaire et division cellulaire.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- montrer à partir d'un exemple que la différenciation cellulaire conduit à l'arrêt de la prolifération cellulaire.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Aucun détail des signaux impliqués n'est attendu.</p> <p><b>Lien</b> : 3.3</p> <p><b>Limite</b> : La connaissance du contrôle du cycle cellulaire n'est pas attendue</p>	
---	--	--

### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 1

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Cellules eucaryotes</b></p> <p>(2 séances)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les structures cellulaires eucaryotes à partir d'observations microscopiques photonique et électronique</li> <li>- faire le lien entre la définition des objets observés et les techniques d'observation et de mise en évidence des structures cellulaires (coupe, coloration, immunocytochimie...)</li> </ul>
<p><b>Membranes et matrice</b></p> <p>(1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier des jonctions cellulaires et des matrices extracellulaires à partir d'observations microscopiques photonique et électronique.</li> <li>- comprendre l'organisation fonctionnelle des tissus animaux à partir de l'observation d'un épithélium et d'un tissu conjonctif.</li> </ul>
<p><b>Cycle cellulaire</b></p> <p>(1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les différentes phases du cycle cellulaire à partir d'observations microscopiques photonique et électronique de cellules animale et végétale.</li> <li>- mettre en relation l'état des chromosomes avec les phases du cycle cellulaire</li> </ul>



## 2 - L'organisme, un système en interaction avec son environnement

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>2.1 L'organisme vivant : un système physico-chimique en interaction avec son environnement (10 heures)</b></p> <p><b>2.1.1 Regards sur l'organisme animal</b> Tout organisme vivant est un système thermodynamique ouvert, en besoin permanent d'énergie.</p> <p>Dans le cas de l'organisme animal, ce besoin est satisfait par la consommation d'aliments (hétérotrophie), suivie de leur transformation. Les métabolites sont distribués dans l'ensemble de l'organisme et entrent ainsi dans le métabolisme. Le métabolisme énergétique aérobie est relié à la fonction respiratoire. Les déchets produits sont éliminés.</p> <p>La reproduction est un processus conservatoire et diversificateur. Elle génère des individus qui sont de la même espèce que les parents, mais dont la diversité ouvre à la sélection.</p> <p>La réalisation de l'ensemble de ces fonctions s'accompagne de mouvements de l'organisme.</p> <p>L'organisme est en interactions multiples avec son environnement biotique et abiotique. La survie individuelle dépend de systèmes de perception et de protection.</p> <p>Face aux variations d'origine interne ou externe, les interrelations entre fonctions permettent soit une régulation, soit une adaptation.</p> <p>L'étude de l'organisme relève ainsi</p>	<p>Le concept de l'organisme vivant est abordé à partir d'un exemple de ruminant, la vache. Cet exemple permet de définir les grandes fonctions et de les mettre en relation avec les structures associées (appareils, tissus, organes...).</p> <p>Loin de constituer une monographie, il s'agit d'une vue d'ensemble des fonctions en insistant avant tout sur les interrelations entre fonctions ainsi que sur leur dimension adaptative et évolutive pour en faire ressortir les points essentiels.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les caractères morphologiques, anatomiques... permettant de placer un animal dans une classification ;</li> <li>- connaître les différentes fonctions et relier les grands traits de leur réalisation aux supports anatomiques, dans un milieu de vie donné ;</li> <li>- expliquer et identifier sur quelques situations simples les interactions entre les fonctions qui fondent l'unité de l'organisme ;</li> <li>- montrer qu'un animal est inclus dans différents systèmes de relation : relations intraspécifiques et interspécifiques (dont la domestication) ;</li> <li>- montrer qu'en tant qu'«objet technologique », la vache est le produit d'une domestication et d'une sélection par l'homme ;</li> </ul>	<p>S1</p>



<p>d'approches multiples, diversifiées et complémentaires : taxonomique, écologique, agronomique, technologique.</p>		
<p><b>2.1.2 Plans d'organisations et relation organisme/milieu</b></p> <p>Ces notions ont une portée générale dans la description du monde animal. Le fonctionnement des organismes repose sur les mêmes grandes fonctions, réalisées par des structures différentes ou non selon les plans d'organisations, dans des milieux identiques ou différents.</p> <p>Pour des fonctions identiques, dans des milieux comparables, on identifie des convergences entre des dispositifs homologues ou non, correspondant ou non à des plans d'organisations différents.</p> <p>Il s'agit d'un temps de synthèse qui permet de confronter les observations faites en travaux pratiques aux connaissances et concepts construits en 2.1.1. On se limite aux animaux et aux fonctions dont les structures associées sont observables en travaux pratiques. Les autres aspects de la biologie de ces animaux ne sont pas abordés.</p> <p><b>Liens :</b> Travaux pratiques, 2.2</p>		
<p><b>2.2 Exemple d'une fonction en interaction directe avec l'environnement: la respiration (7 heures)</b></p> <p>Les échanges respiratoires reposent exclusivement sur une diffusion des gaz et par conséquent suivent la loi de Fick.</p> <p>L'organisation des surfaces d'échange respiratoires tout comme les dispositifs de renouvellement des milieux dans lesquelles elles s'intègrent contribuent à l'efficacité des échanges.</p> <p>Selon les plans d'organisation, des dispositifs différents réalisent la même fonction.</p> <p>Dans le même milieu, pour des plans d'organisation différents, des convergences fonctionnelles peuvent être détectées et reliées aux contraintes physico-chimiques du milieu (aquatique ou aérien).</p> <p>La convection externe et la convection interne des fluides maintiennent les gradients de</p>	<p>L'argumentation est mémorisée sur un nombre réduit d'exemples : mammifère, poisson téléostéen, crustacé décapode, insecte et s'appuie sur les observations faites en travaux pratiques</p> <p>- relier les dispositifs observés aux différentes échelles aux contraintes fonctionnelles (diffusion – loi de Fick) ainsi qu'aux contraintes du milieu de vie (densité, viscosité, richesse en eau, en oxygène).</p> <p>- identifier et énoncer des convergences anatomiques ou fonctionnelles</p> <p>- analyser la convection externe sur deux exemples : un poisson téléostéen pour la convection externe en milieu aquatique et un mammifère (Souris) pour la ventilation pulmonaire</p> <p>- expliquer l'optimisation des gradients de pression</p>	<p><b>S2</b></p>

<p>pression partielle à travers l'échangeur.</p> <p>Les caractéristiques de molécules à fonction de transport conditionnent les capacités d'échange.</p> <p>La quantité de transporteurs limite aussi la quantité d'oxygène transporté et la performance.</p> <p>La modulation de la quantité de gaz échangés passe essentiellement par des variations contrôlées de la convection. Le paramètre limitant de la respiration dépend de la solubilité différentielle de l'O<sub>2</sub> et du CO<sub>2</sub> en milieu aquatique et aérien ; le stimulus du contrôle de la respiration est différent dans l'air et dans l'eau.</p>	<p>partielle sur un exemple d'échange à contre courant.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les conditions locales de la fixation et du relargage du dioxygène aux propriétés de l'hémoglobine et au fonctionnement de l'hématie. L'hémoglobine humaine de l'adulte sera le seul exemple abordé.</li> <li>- expliquer l'intérêt du transport dans l'hématie.</li> </ul> <p><b>Limite :</b> Les mécanismes de contrôle de la respiration ne sont pas au programme.</p>	
<p><b>2.3 Un exemple d'intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme (deuxième année)</b></p>		
<p><b>2.4 La vie fixée des Angiospermes</b></p> <p><b>2.4.1 Les Angiospermes, organismes autotrophes à vie fixée (12 heures)</b></p> <p>Les Angiospermes ont des besoins de matière minérale pour leur équilibre hydrominéral et leurs synthèses organiques.</p> <p>La photosynthèse assure l'autotrophie de la plante Angiosperme.</p> <p>La photosynthèse est réalisée par la cellule chlorophyllienne et fait intervenir des compartiments spécialisés, les chloroplastes.</p>	<p>L'étude du fonctionnement nutritionnel des Angiospermes est réalisée à plusieurs échelles. Il s'agit de montrer les fondements métaboliques de l'autotrophie et leurs conséquences à l'échelle des individus en relation avec les milieux de vie.</p> <p>Les relations entre la plante et son milieu de vie sont abordés à différentes échelles temporelles.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les besoins de matière minérale d'un végétal Angiosperme ;</li> <li>- mettre en relation des constituants minéraux avec différents processus liés à la vie de la plante (croissance cellulaire, métabolisme énergétique)</li> </ul> <p><b>Limites :</b> Il n'est pas envisagé ici d'étude exhaustive des besoins nutritionnels du végétal. L'objectif est de montrer que l'implication des ions minéraux ne se limite pas à la nutrition.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- établir que la capacité photosynthétique de certaines cellules de la plante assure l'autotrophie de l'ensemble de l'organisme grâce aux corrélations trophiques.</li> <li>- présenter un bilan chimique simple de la photosynthèse et l'importance du couplage photochimique pour sa réalisation.</li> <li>- identifier les flux de matière entre les différents</li> </ul>	<p><b>S2</b></p>

<p>Les produits de la photosynthèse (oses, acides aminés) sont distribués dans la plante par la sève élaborée aux cellules hétérotrophes.</p> <p>L'approvisionnement en eau, ions et dioxyde de carbone met en jeu des surfaces d'échange.</p> <p>L'eau et les ions sont captés dans le sol par l'appareil racinaire et acheminés aux organes par l'intermédiaire de la sève brute.</p> <p>Des échanges gazeux (et en particulier d'eau, de dioxyde de carbone et de dioxygène) ont lieu au niveau des stomates des organes aériens.</p> <p>L'ouverture des stomates est contrôlée et permet la régulation de l'équilibre hydrique.</p> <p>Les surfaces d'échange du végétal se développent en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu de vie et le plan d'organisation de l'espèce.</p> <p>La disponibilité de la ressource en eau et la physiologie des organismes (exigences hydriques) influencent la répartition des espèces.</p> <p><b>2.4.2 Les Angiospermes et le passage de la mauvaise saison (2<sup>ème</sup> année)</b></p>	<p>compartiments au sein d'une cellule chlorophyllienne;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-expliquer que le flux de composés organiques est dépendant de la production des organes sources (les feuilles) et des besoins des organes puits.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : aucun modèle expliquant les forces motrices de la circulation de la sève élaborée n'est au programme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-placer les points d'entrée et de sortie de l'eau sur un schéma fonctionnel de la plante ;</li> <li>- analyser les flux hydriques entre la plante et son milieu en utilisant la notion de potentiel hydrique ;</li> <li>- montrer que l'absorption d'ions minéraux est un processus actif entraînant le flux d'eau au niveau du poil absorbant ;</li> <li>- mettre en évidence l'importance quantitative des mycorhizes</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les nodosités ne sont pas traitées.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les propriétés des éléments conducteurs, xylème et phloème, acheminant les sèves brutes et élaborées.</li> <li>- identifier les moteurs de circulation de la sève brute et leur importance relative au cours d'une année en milieu tempéré</li> <li>- expliciter le paradoxe des échanges gazeux réalisés au niveau des stomates (perte d'eau versus échanges des gaz liés au métabolisme énergétique) ;</li> <li>- établir ou montrer l'existence de facteurs internes et externes contrôlant l'ouverture et la fermeture des stomates ;</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Un seul exemple de mode d'action de ces facteurs doit être connu.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- expliciter la relation entre l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles) et leur fonction.</li> <li>- présenter des exemples à différentes échelles de variation phénotypique liées aux caractéristiques du milieu (exemples : ports des individus, organisation foliaire, feuilles d'ombre et de lumière)</li> </ul> <p><b>Liens</b> : Travaux pratiques, 3.4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faire le lien entre distribution géographique d'une espèce et sa physiologie.</li> </ul> <p><b>Limite</b> : Les exemples étudiés (parmi les exemples possibles des espèces de xérophytes, halophytes...) ne sont pas à mémoriser.</p>	
--	--	--

## TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 2

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>La souris</b> (2 séances)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un mammifère à partir de la dissection de la souris en étudiant sa morphologie, son anatomie (appareil cardio-respiratoire, appareil digestif, appareil uro-génital).</li> <li>- dégager la notion d'organes, d'appareils et de leurs interrelations fonctionnelles à l'échelle de l'animal.</li> <li>- mettre en relation les caractéristiques morpho-anatomiques de la souris avec son milieu et son mode de vie.</li> <li>- décrire l'organisation histologique du poumon.</li> </ul>
<b>Un poisson téléostéen</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un poisson osseux à partir de sa dissection en étudiant sa morphologie, son anatomie (cavité branchiale, cavité générale).</li> <li>- mettre en relation ses caractéristiques morpho-anatomiques avec son milieu et son mode de vie</li> <li>- décrire l'organisation histologique des branchies</li> </ul> <p>Les séances souris et poisson téléostéen sont l'occasion de dégager les caractéristiques d'un vertébré.</p>
<b>Le criquet</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un insecte à partir de la dissection du criquet en étudiant sa morphologie, son anatomie (appareil digestif, appareil excréteur, appareil respiratoire)</li> <li>- extraire et présenter les pièces buccales.</li> <li>- décrire l'organisation histologique des trachées</li> <li>- mettre en relation ses caractéristiques morpho-anatomiques visibles avec son milieu et son mode de vie</li> </ul> <p>La nomenclature des appendices se limite à leur nom.</p>
<b>Un crustacé décapode (écrevisse, langoustine)</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un crustacé à partir de la dissection d'un décapode en étudiant sa morphologie, son anatomie (appareil digestif, appareil respiratoire, système nerveux, appareil reproducteur).</li> <li>- extraire et présenter les appendices</li> <li>- mettre en relation ses caractéristiques morpho-anatomiques avec son milieu et son mode de vie.</li> </ul> <p>La nomenclature des appendices se limite à leur nom.</p> <p>Les séances insecte et crustacé sont l'occasion de dégager les caractéristiques d'un arthropode</p>
<b>Morpho-anatomie des Angiospermes</b> (4 séances)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élaborer le plan d'organisation d'un végétal angiosperme à partir d'observations morphologiques et anatomiques.</li> <li>- réaliser des coupes histologiques colorées.</li> <li>- mettre en évidence la diversité histologique de l'appareil végétatif (structures primaire et secondaire).</li> </ul> <p>On étudiera à cette occasion l'organisation des surfaces spécialisées dans les échanges (racines, feuilles).</p> <p>Seule l'organisation anatomique d'un végétal angiosperme dicotylédone est exigible.</p>

### 3 - Reproduction des individus et pérennité des populations

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>3.1 Reproduction des animaux et végétaux (12 heures)</b></p> <p>La reproduction sexuée des organismes s'inscrit dans un cycle de développement</p> <p><b>Reproduction sexuée des Métazoaires</b>            Chez les animaux, les gamètes peuvent être libérés dans le milieu de vie pour une fécondation externe, ou se rencontrer dans les voies génitales femelles suite à un accouplement en une fécondation interne.            La fusion des gamètes et de leurs matériels génétiques dépend de mécanismes cellulaires et moléculaires.</p> <p><b>Reproduction sexuée des Embryophytes</b>            Chez les Angiospermes, la pollinisation permet le rapprochement des cellules impliquées dans une double fécondation.</p> <p>Après tri des tubes polliniques, la double fécondation conduit à l'évolution du sac embryonnaire en embryon, de l'ovule en graine et de la fleur en fruit.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire les cycles de développement d'un Embryophyte et d'un Métazoaire</li> <li>- placer les phases haploïde et diploïde sur ces deux cycles</li> <li>- identifier les étapes de changement de phase (méiose et fécondation) sur ces cycles</li> <li>- positionner les étapes de formation des gamètes (des spores et des gamétophytes), à la fois dans l'organisme et dans le cycle de développement</li> </ul> <p>- montrer que les modalités de rapprochement des gamètes animaux sont liées au milieu et au mode de vie des animaux</p> <p>- exposer deux exemples (une espèce aquatique à vie fixée et une espèce réalisant une parade nuptiale permettant un choix de partenaire)</p> <p>- décrire l'organisation des gamètes mâle et femelle ainsi que les modalités cellulaires de la fécondation à partir d'un exemple (à choisir parmi un des deux exemples ci-dessus)</p> <p>- montrer que les gamètes sont des cellules spécialisées et complémentaires</p> <p><b>Limite :</b> La gamétogenèse n'est pas au programme</p> <p>- décrire l'organisation de la fleur des Angiospermes et des gamétophytes en tant que structures reproductrices (un exemple)</p> <p>- identifier différents types de pollinisation et les caractères des fleurs et des grains de pollen associés</p> <p>-faire le lien entre les systèmes d'auto-incompatibilité et le brassage génétique lié à la reproduction sexuée</p> <p><b>Lien :</b> 3.2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- exposer les modalités de la double fécondation</li> <li>- décrire les devenir du sac embryonnaire fécondé, de l'ovule et de la fleur, sans connaître</li> </ul>	<p><b>S1</b></p>

<p><b>Multiplication naturelle végétative chez les Angiospermes</b> Certains organismes peuvent réaliser une reproduction asexuée.</p> <p><b>Allocation énergétique liée à la reproduction et occupation des milieux</b> La part d'énergie consacrée à la reproduction et son utilisation sont en relation avec le milieu de vie.</p>	<p>les mécanismes de ces évolutions</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- identifier les caractéristiques des fruits en lien avec les modalités de la dissémination</li> <li>- montrer que les modalités de reproduction sexuée des Angiospermes sont liées à leur mode et milieu de vie</li> </ul> <p><b>Limites :</b> Les détails moléculaires des systèmes d'autoincompatibilité ne sont pas attendus.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- décrire quelques exemples de multiplication végétative chez les Angiospermes.</li> <li>- discuter l'intérêt culturel de la multiplication végétative.</li> </ul> <p>- à partir de quelques exemples pris chez les animaux et les végétaux, montrer que la part d'énergie disponible affectée à la reproduction et son utilisation diffèrent en fonction des caractéristiques du milieu.</p> <p><b>Limite :</b> Les notions de stratégies démographiques r et K et leurs liens avec la courbe logistique seront présentés mais ne constituent pas la base de l'étude.</p> <p><b>Liens :</b> Si les travaux pratiques sont l'occasion de parcourir et d'analyser diverses modalités à la lumière des concepts visés, par contre, le nombre d'exemples utilisés en cours reste limité à ce qui peut servir l'illustration de ces concepts à l'exclusion de toute description exhaustive des modalités.</p>	
<p><b>3.2 Aspects chromosomiques et génétiques de la reproduction (6 heures)</b></p> <p>Dans le cas de la multiplication végétative, les nouveaux organismes créés résultent exclusivement de divisions mitotiques.</p> <p>La sexualité modifie les génomes en brassant les allèles : la méiose contribue à la diversification des combinaisons alléliques des génomes haploïdes à partir de génomes diploïdes, si ceux-ci contiennent déjà une diversité d'allèles. En unissant des génomes haploïdes, la fécondation crée de nouvelles</p>	<p><b>Lien :</b> 1.5</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les principaux événements cytogénétiques de la méiose avec leurs conséquences sur le brassage allélique.</li> <li>- argumenter les processus de brassage génétique en s'appuyant sur le principe de quelques croisements simples mais différant par deux couples d'allèles pris chez les organismes haploïdes et/ou diploïdes</li> <li>- évaluer en ordre de grandeur la diversification potentielle à partir de données (fréquences de mutation, nombre de chromosomes, etc.) ;</li> </ul>	<p><b>S1</b></p>

<p>combinaisons alléliques diploïdes.</p> <p>Les populations constituent des réservoirs d'allèles. La répartition de ces allèles au sein des réservoirs évolue au cours du temps, en particulier sous l'influence de facteurs internes dépendant des systèmes de reproduction ou externes.</p>	<p>- relier cette diversité aux processus de reproduction sexuée et en particulier, comparer auto- et allogamie (mécanismes et conséquences); on se limite à des exemples d'Angiospermes.  <b>Lien</b> : 3.1  <b>Limite</b> : ni la nomenclature des différentes étapes de la prophase 1 de méiose ni les mécanismes moléculaires de la recombinaison homologue de la méiose ne sont au programme.</p> <p>- exploiter des données quantifiant le polymorphisme.  - présenter, discuter, exploiter le modèle de Hardy-Weinberg ;  - exposer des exemples de populations différant par le taux d'autogamie.  <b>Lien</b> : 5.1</p>	
<p><b>3.3 Développement embryonnaire des animaux (seconde année)</b></p>		
<p><b>3.4 Développement post-embryonnaire des Angiospermes (seconde année)</b></p>		

### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 3

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Gamétogenèse et fécondation animales</b> (1 séance)</p>	<p>- mettre en évidence, à l'aide d'observations microscopiques, la spécialisation des gamètes et les étapes de leur différenciation  - analyser des données expérimentales pour montrer la spécificité de reconnaissance des gamètes et les remaniements de l'ovocyte</p>
<p><b>Reproduction des Angiospermes</b> (3 séances)</p>	<p>- observer et représenter de façon conventionnelle l'organisation de la fleur  - mettre en lien la diversité florale avec le mode de pollinisation  - mettre en évidence les transformations des différentes pièces florales après la fécondation. Etablir la correspondance carpelle-fruit et ovule-graine  - mettre en lien la diversité des fruits et graine avec leur mode de dissémination  (la typologie des graines et des fruits, tout comme les différents modes de déhiscence ne sont pas exigés)</p>
<p><b>Méiose et brassage génétique</b></p>	<p>- mettre en relation les différentes phases de la méiose avec les brassages inter et intrachromosomiques à partir d'observations microscopiques photonique et électronique de cellules animale et végétale</p>



Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
(1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comprendre la diversité allélique générée par la reproduction sexuée à travers l'étude de croisements haploïdes et/ou diploïdes</li> <li>- loi de Hardy-Weinberg (pour deux allèles) et discussion de son champ de validité (migration, mutation, sélection, dérive et choix d'appariement)</li> </ul>
<b>Allocation énergétique de la reproduction</b> (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- établir le lien à partir d'analyse de documents entre stratégies reproductives des organismes et environnement</li> <li>- comprendre et interpréter le modèle logistique</li> </ul>

#### 4 - Biologie des écosystèmes (programme de seconde année)

#### 5 - Biologie évolutive

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<b>5.1 Mécanismes de l'évolution (seconde année)</b>		
<p><b>5.2 Systématique et relation de parenté (4 heures)</b></p> <p>Les êtres vivants présentent des similitudes qui peuvent être interprétées comme un héritage provenant d'un ancêtre commun.</p> <p>Différentes méthodes sont utilisées pour établir des liens de parenté. La méthode cladistique, qui utilise des caractères homologues, fonde la classification phylogénétique.</p>	<p>La diversité des plans d'organisation constatée à travers les travaux pratiques et les cours est mise en perspective par la présentation des méthodes de classification.</p> <p><b>Lien</b> : Travaux pratiques de la partie 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- expliciter la différence entre reconnaître, déterminer et classer.</li> <li>- présenter la notion de caractères (caractères morphologique, tissulaire et moléculaire)</li> <li>- présenter les notions d'homologie primaires et secondaires et discuter de leur prise en compte dans la classification</li> <li>- discuter des limites d'une classification phénétique.</li> <li>- présenter succinctement et commenter l'arbre phylogénétique des Eucaryotes,</li> <li>- à partir d'exemples choisis dans cet arbre présenter la notion de groupes paraphylétique et polyphylétique</li> <li>- identifier quelques synapomorphies des clades vus au travers des travaux pratiques (Vertébrés / Mammifères / Téléostéens, Arthropodes / Crustacés/ Insectes, Embryophytes /</li> </ul>	<b>S2</b>



	Angiospermes)  <b>Liens</b> : D'autres clades seront vus au travers d'une approche phylogénétique en travaux pratiques au cours de la deuxième année.	
--	---	--

## TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 5

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<b>Diversité des animaux</b>  (1 séance)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- comparer les plans d'organisation</li> <li>- construire un arbre phylogénétique</li> </ul>

## 6. Géodynamique externe

Connaissances clés à construire	Commentaires, capacités exigibles	
<p><b>6.1 Altération des roches, érosion, formation et destruction des sols (5 heures)</b></p> <p>Les matériaux en surface sont soumis à de multiples processus d'altération qui engendrent des formations résiduelles, et d'érosion avec en particulier l'entraînement de produits par les eaux.</p> <p>L'altération d'une roche mère est à l'origine de la formation d'un sol.</p> <p>L'altération chimique transforme la composition initiale de la roche mère par la mise en solution ou la précipitation d'éléments. Ces réactions s'accompagnent de l'apparition de nouveaux assemblages minéralogiques.</p> <p>L'altération mécanique facilite le morcellement du matériau initial et l'érosion permet le départ en suspension de certains de ses éléments.</p>	<p>A partir de l'étude du granite et de roches carbonatées identifier et caractériser deux modes d'altération chimique :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'hydrolyse qui aboutit à la formation de minéraux argileux et</li> <li>- la dissolution</li> </ul> <p><b>Lien</b> : Travaux Pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier l'ensemble de ces processus au départ d'éléments en suspension ou en solution et à la persistance d'éléments résiduels et les processus de formation de sols.</li> <li>- montrer l'importance de l'eau et des êtres vivants dans les processus d'altération, d'érosion et/ou de pédogenèse.</li> </ul> <p><b>Liens</b> : 2.4, 4.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- souligner l'inégale répartition des sols en lien avec le climat.</li> </ul> <p><b>Lien</b> : 6.3</p>	<b>S2</b>

<p>L'altération atmosphérique des silicates consomme du CO<sub>2</sub>.</p> <p>Le sol est une interface fragile. Un sol résulte d'une longue interaction entre roches et biosphère : sa formation lente contraste avec la rapidité des phénomènes qui peuvent conduire à sa disparition (dégradation anthropique, érosion). Le sol est un réservoir de carbone organique.</p>	<p>- déterminer la nature, évaluer la quantité, expliquer l'origine du carbone organique présent dans les sols afin de définir le sol comme un réservoir de carbone.</p> <p><b>Liens</b> : Travaux pratiques, 6.3</p> <p><b>Limite</b> : L'étude porte sur l'altération d'un granite et d'un calcaire sans aborder les phénomènes géologiques qui mettent ces roches à l'affleurement. Une étude exhaustive de la diversité des sols en relation avec la nature de la roche mère n'est pas envisageable.</p>	
<p><b>6.2 Le processus sédimentaire (seconde année)</b></p>		
<p><b>6.3 Le cycle du carbone sur Terre : des transferts entre atmosphère, hydrosphère, biosphère et lithosphère (seconde année)</b></p>		
<p><b>6.4 Variations climatiques et importance du CO<sub>2</sub> atmosphérique (seconde année)</b></p>		

### TRAVAUX PRATIQUES de 1<sup>ère</sup> année associés à la partie 6

Séance	Connaissances clés à construire, commentaires, capacités exigibles
<p><b>Classe terrain de</b></p>	<p><i>Le travail effectué sur le terrain permet d'établir le lien entre les objets réels et les différentes représentations utilisées en salle, dont en particulier les cartes. Il permet aussi d'ouvrir sur la biologie (via l'analyse et la représentation du paysage en particulier) et sur les problématiques étudiées en géographie.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- se localiser dans le paysage et le contexte géologique</li> <li>- mettre en relation sol, végétation et roche mère</li> <li>- rendre compte sous différentes formes (photographies, croquis, textes...)</li> </ul>
<p><b>Sol</b> (1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mettre en évidence la composante minérale et organique du sol.</li> <li>- rendre compte de la biodiversité du sol</li> <li>- mesurer les caractéristiques physico-chimiques (porosité, perméabilité, pH)</li> </ul>
<p><b>Roches magmatiques</b> (1 séance)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les structures des roches magmatiques et leurs mises en place.</li> <li>- reconnaître à l'échelle macroscopique les minéraux caractéristiques du granite.</li> <li>- observer les différences d'altérabilité des minéraux à partir de l'observation d'un granite sain et d'un granite altéré.</li> <li>- établir un lien entre composition chimique et altérabilité.</li> </ul>

# PROGRAMME DE BIOTECHNOLOGIES

## 1 - Biochimie des protéines et leur purification (Cours : 22 heures + 12 séances de TP-TD)

L'étude des protéines illustre l'importance de leur structure tridimensionnelle dans les fonctions qu'elles exercent, ainsi que dans la modulation de celles-ci selon l'environnement auquel elles sont soumises.

Les biotechnologies utilisent des protéines qui devront préalablement être extraites, purifiées, caractérisées et quantifiées.

Différentes méthodes sont proposées ici et le lien entre l'objectif de la démarche et le principe de la méthode utilisée est constamment précisé.

Enfin, les conditions de réalisation des techniques sont mises en relation avec le cahier des charges de l'expérimentation.

Thématiques	Compétences, limites et commentaires	
<b>1.1. Les protéines : de la structure à la fonction</b>		
<b>1.1.1. Acides aminés</b>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Représenter la structure générique d'un acide <math>\alpha</math> aminé. Classer les acides aminés selon leur polarité, leurs propriétés d'ionisation sur la base de formules semi-développées. Utiliser les propriétés physiques et chimiques pour expliquer la séparation et le dosage des acides aminés.</p> <p>Commentaires La stéréoisométrie et les représentations d'un acide <math>\alpha</math> aminé sont étudiées en physique-chimie. Les groupements chimiques ionisés, polaires et apolaires ainsi que leurs interactions sont étudiés en physique-chimie. Le dosage pH-métrique est étudié en physique-chimie.</p>	S1
<b>1.1.2. Structure primaire</b>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Présenter la géométrie de la liaison peptidique et les propriétés associées.</p> <p>Commentaires L'utilisation de la résonance magnétique nucléaire n'est pas à traiter. L'effet mésomère est étudié en physique-chimie.</p>	S1
<b>1.1.3. Structure tridimensionnelle</b>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Mettre en relation les propriétés des chaînes latérales des acides aminés et la structure tridimensionnelle des protéines. Caractériser les différents niveaux de structure en lien avec les liaisons stabilisatrices. Repérer des motifs et domaines fonctionnels au sein d'une architecture moléculaire.</p> <p>Enoncer le mode d'action de quelques agents dénaturants.</p>	S1

Il existe des conditions physico-chimiques qui provoquent la dénaturation des protéines.	Commentaire Les interactions faibles stabilisatrices sont étudiées en physique-chimie.	
<b>1.1.4. Interactions protéine-ligand</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>1.2. Méthodes d'étude des protéines: de la purification à la caractérisation</b>		
<b>1.2.1. Méthodes d'extraction</b>	Ce qui est attendu	S1
La méthode d'extraction est adaptée au matériel biologique de départ.	Choisir une technique d'extraction en fonction du cahier des charges.  Commentaire Le principe de l'ultracentrifugation n'est pas à connaître.	
<b>1.2.2. Méthodes de purification</b>	Ce qui est attendu	S1
La structure et les propriétés des protéines sont le fondement des méthodes utilisées pour leur purification.	Utiliser les propriétés des protéines pour expliquer les principes des méthodes de purification. Justifier le choix d'une méthode en fonction du cahier des charges. Mettre en œuvre expérimentalement une méthode de purification.  Commentaires Les principes des méthodes suivantes sont à connaître : - précipitations sélectives, - chromatographie d'exclusion-diffusion, - chromatographie d'échange d'ions, - chromatographie d'affinité, - chromatographie de chélation, - chromatographie d'interactions hydrophobes, - ultrafiltration et dialyse. Les groupements chimiques ionisés, polaires et apolaires ainsi que leurs interactions sont étudiés en physique-chimie.	
<b>1.2.3. Suivi de purification</b>	Ce qui est attendu	S1
Les aspects qualitatifs (contrôle de pureté) et quantitatifs sont des approches complémentaires pour suivre une purification.	Justifier le choix d'une méthode en fonction du cahier des charges. Exploiter des résultats expérimentaux qualitatifs permettant de conclure sur la pureté. Exploiter des données quantitatives de purification : calculs de rendement et d'enrichissement. Mettre en œuvre expérimentalement une méthode de suivi de purification.  Commentaires Les principes des méthodes suivantes sont à connaître : - SDS-PAGE, - focalisation isoélectrique, - western blot. Les calculs de rendement et d'enrichissement sont en lien avec le cours d'enzymologie (partie 21).	

	La force de Coulomb est étudiée en physique-chimie. L'électrophorèse bidimensionnelle sera traitée en coordination avec les sciences de la vie et de la Terre. L'électrophorèse capillaire permettra de montrer l'adaptation d'un principe à l'évolution des techniques.	
<b>1.2.4. Dosage par absorptiométrie moléculaire</b>	Ce qui est attendu	S1
Le choix d'une méthode de dosage des protéines par absorptiométrie moléculaire repose sur son principe et ses qualités.	Justifier le choix d'une méthode en fonction du cahier des charges. Mettre en œuvre expérimentalement une méthode de dosage des protéines.  Commentaires Les critères suivants sont à connaître : sensibilité, seuil de détection, spécificité, zone de linéarité, interférences, choix de la protéine de référence. Les principes des méthodes de dosage ne sont pas à connaître. L'absorptiométrie moléculaire est étudiée en physique-chimie	

## 2- Enzymologie et génie enzymatique

L'étude des enzymes vise à souligner la spécificité de réaction et de substrat de ces biocatalyseurs.

L'étude des cinétiques enzymatiques, la détermination des paramètres associés permettent de caractériser les mécanismes réactionnels, de mesurer les activités des enzymes et de mettre au point des dosages enzymatiques.

L'importance des effecteurs modulant l'activité enzymatique et les différents niveaux de régulation de celle-ci sont abordés afin d'illustrer la diversité des adaptations des métabolismes.

Les biotechnologies utilisent les enzymes dans diverses méthodes qui sont ici présentées et mises en relation avec le cahier des charges de l'expérimentation.

**(Cours : 28 heures + 14 séances de TP-TD)**

Thématiques	Compétences, limites et commentaires	
<b>2.1. Catalyse et cinétique enzymatique</b>		
<b>2.1.1. Catalyse enzymatique</b>	Ce qui est attendu	S2
Les catalyseurs biologiques sont spécifiques et plus efficaces que les catalyseurs chimiques.  La spécificité de réaction est à la base de la classification des enzymes.	Comparer les propriétés des catalyseurs biologiques et chimiques. Expliquer la catalyse enzymatique dans ses aspects structuraux et énergétiques.  Identifier la classe de l'enzyme en fonction de la réaction qu'elle catalyse.  Commentaires Les mécanismes réactionnels classiques de chimie organique sont étudiés en physique-chimie. La catalyse chimique est étudiée en physique-chimie. Un	

	lien est fait avec la catalyse enzymatique lors de l'étude des diagrammes « énergie potentielle=f(degré d'avancement de la réaction )»	
<b>2.1.2. Cinétiques enzymatiques</b>		
<b>2.1.2.1. Cinétique enzymatique à un substrat des enzymes michaéliennes</b>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>C'est la vitesse initiale d'une réaction enzymatique qui est utilisée pour étudier une cinétique enzymatique michaélienne.</p> <p>Cette cinétique est caractérisée par la constante de Michaelis et la vitesse initiale maximale.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une détermination de vitesse initiale.</p> <p>Expliquer le mode de détermination expérimentale des paramètres cinétiques.</p> <p>Déterminer les paramètres cinétiques à l'aide d'un modèle mathématique.</p> <p>Etablir l'équation de Michaelis et Menten.</p> <p>Commentaires</p> <p>L'utilisation des différentes modélisations n'impose pas que ces modèles soient sus.</p> <p>La cinétique chimique est étudiée en physique-chimie.</p> <p>L'approximation de l'état quasi-stationnaire est étudiée en physique-chimie.</p> <p>Des exemples de fonctions homographiques, dont la courbe représentative est une hyperbole présentant une asymptote, sont étudiés en mathématiques.</p>	S2
<b>2.1.2.2. Cinétique enzymatique à deux substrats des enzymes michaéliennes</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>2.1.2.3. Effecteurs de la réaction enzymatique</b>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Expliquer les liens entre la valeur de la vitesse initiale maximale et les conditions opératoires.</p> <p>Les performances des enzymes dépendent de la température, du pH, de la présence d'effecteurs moléculaires (activateurs, inhibiteurs).</p> <p>Justifier le choix des conditions opératoires dans l'utilisation des enzymes au laboratoire.</p> <p>Expliquer comment mettre en œuvre expérimentalement une étude de l'activation thermique des enzymes et une cinétique de dénaturation thermique.</p> <p>Exploiter des résultats expérimentaux en vue de déterminer une énergie d'activation et une demi-vie d'enzyme à une température donnée.</p> <p>Identifier le paramètre cinétique modifié par un inhibiteur moléculaire pour en déduire le type d'inhibition.</p> <p>Commentaires</p> <p>La loi d'Arrhénius est étudiée en physique-chimie.</p> <p>La transformation de phénomènes exponentiels en phénomènes linéaires est étudiée en mathématiques.</p> <p>Des primitives de fonctions exprimées avec des logarithmes sont étudiées en mathématiques.</p>	S2
<b>2.1.2.4. Cinétiques allostériques et effecteurs allostériques</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3

<b>2.1.3. Différents niveaux de régulation de l'activité enzymatique</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>2.2. Dosage et utilisation des enzymes</b>		
<b>2.2.1. Activité enzymatique</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>2.2.2. Utilisation des enzymes pour doser</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>2.2.3. Immobilisation des enzymes</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3

### 3- Microbiologie et génie microbiologique

La diversité des types trophiques des micro-organismes leur permet de s'adapter à de multiples environnements et en fait des acteurs essentiels des écosystèmes.

L'étude de leur métabolisme énergétique illustre l'importance de leur position dans l'assimilation de diverses sources nutritionnelles et énergétiques, dans les transformations de la matière.

Les biotechnologies utilisent les micro-organismes, que ce soit en génie génétique, pour modifier des expressions de gènes, en génie fermentaire, pour fabriquer et transformer des bioproduits, en génie environnemental, pour dégrader des polluants. Ces utilisations nécessitent que soit connues l'identité du micro-organisme ainsi que ses conditions de culture en laboratoire, afin que son développement puisse être mesuré et contrôlé.

**(Cours : 30 heures et 16 séances TP-TD).**

Thématiques	Compétences, limites et commentaires	
<b>3.1. Physiologie des micro-organismes et environnement</b>		
<b>3.1.1. Diversité des métabolismes chez les micro-organismes</b>		
Le métabolisme des micro-organismes dépend des sources d'énergie, de pouvoir réducteur, de matière.  Grâce à leur diversité physiologique, les bactéries se sont implantées dans tous les biotopes et jouent un rôle clé dans tous les écosystèmes.	Ce qui est attendu  Montrer l'universalité des besoins en énergie et en matière de tout organisme vivant.  Relier la diversité des besoins en énergie et en matière aux types trophiques, donc à l'équipement enzymatique/génome.	S2
<b>3.1.2. Métabolisme énergétique des micro-organismes</b>		
<b>3.1.2.1. ATP et gradient électrochimique de cations</b>	Ce qui est attendu  L'ATP et le gradient électrochimique de cations sont les deux intermédiaires	S2



<p>énergétiques majeurs et sont interconvertibles.</p> <p>L'ATP est produit par phosphorylation au niveau du substrat ou grâce à une ATP synthase.</p>	<p>Distinguer les couplages chimio-chimique et chimio-osmotique.</p> <p>Expliquer le fonctionnement de l'ATP synthase d'un point de vue structural et énergétique.</p> <p>Commentaires</p> <p>Les aspects thermochimiques et d'oxydo-réduction sont étudiés en physique-chimie.</p> <p>Les aspects énergétiques liés au transfert d'un cation à travers une membrane présentant une ddp transmembranaire sont étudiés en physique-chimie.</p>	
<p><b>3.1.2.2. Chaînes de transporteurs d'électrons</b></p> <p>Les chaînes de transporteurs d'électrons présentent une unité dans leur diversité.</p> <p>C'est leur fonctionnement qui permet l'établissement d'un gradient électrochimique de cations.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Repérer les types de transporteurs (électrons / électrons-cations) dans une chaîne de transporteurs membranaires.</p> <p>Identifier le donneur primaire et l'accepteur final de la chaîne de transporteurs en tant que consommables.</p> <p>Réaliser le bilan énergétique d'une chaîne de transporteurs d'électrons.</p>	S2
<p><b>3.1.2.3. Micro-organismes chimioorganotrophes</b></p> <p>Les micro-organismes chimioorganotrophes utilisent une source organique d'électrons.</p> <p>Leurs voies métaboliques produisent des coenzymes réduits.</p> <p>Les respirations et les fermentations se distinguent classiquement par les voies de réoxydation des coenzymes réduits.</p> <p>L'éthanol et l'acide lactique sont des produits de fermentation utiles en industrie agro-alimentaire.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Ecrire les bilans moléculaire et énergétique de la glycolyse (voie EMP).</p> <p>Etablir les bilans moléculaire et énergétique du cycle de Krebs à partir d'un schéma du cycle.</p> <p>Expliquer, à partir d'un schéma, le rôle du cycle de Krebs comme carrefour métabolique entre anabolisme et catabolisme.</p> <p>Comparer deux exemples de respiration chez les chimioorganotrophes en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, en termes de rendement et d'influence sur le biotope.</p> <p>Ecrire les bilans moléculaire et énergétique des fermentations homoéthanolique et homolactique à partir du glucose.</p> <p>Comparer deux exemples de fermentation chez les chimioorganotrophes en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, en termes de rendement et d'influence sur le biotope.</p> <p>Citer des applications industrielles associées aux fermentations alcoolique et lactique.</p> <p>Etablir les bilans moléculaire et énergétique à partir d'une voie métabolique complète et montrer que le bilan en coenzymes est nul.</p>	S2



<p><b>3.1.2.4. Micro-organismes chimiolithotropes</b></p> <p>Les micro-organismes chimiolithotropes utilisent une source inorganique d'électrons pour produire un gradient électrochimique de cations et des coenzymes réduits.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Comparer deux exemples de production d'énergie chez les chimiolithotropes en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, en termes de rendement et d'influence sur le biotope.</p> <p>Commentaire</p> <p>Dans certains cas, la production des coenzymes réduits est rendue possible par la dissipation d'un gradient électrochimique de cations.</p>	S2
<p><b>3.1.2.5. Micro-organismes phototrophes</b></p> <p>Les micro-organismes phototrophes utilisent une source d'énergie lumineuse pour produire un gradient électrochimique de cations et des coenzymes réduits.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Comparer deux exemples de photosynthèse bactérienne en fonction des potentiels redox des donneurs et des accepteurs d'électrons, de la nature des pigments, du nombre de photosystèmes, en termes d'influence sur le biotope.</p> <p>Commentaire</p> <p>Dans certains cas, la production des coenzymes réduits est rendue possible par la dissipation d'un gradient électrochimique de cations.</p>	S2
<p><b>3.1.3. Ecologie microbienne</b></p>	<p><i>Programme de seconde année</i></p>	S3
<p><b>3.2. Identification et culture des micro-organismes</b></p>		
<p><b>3.2.1. Identification des bactéries</b></p>		
<p>L'identification des bactéries à l'espèce passe par des étapes d'observations microscopiques et des études du phénotype métabolique. Ces études sont interprétées selon une méthode statistique.</p> <p>Le typage moléculaire permet également d'identifier des bactéries.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Utiliser la taille, la mobilité, la forme, le mode de groupement, la richesse relative et les résultats de coloration pour décrire un micro-organisme.</p> <p>Relier les structures pariétales bactériennes à l'action de la coloration de gram.</p> <p>Suivre une démarche d'identification à l'aide de documents.</p> <p>Interpréter des résultats d'identification statistique.</p> <p>Interpréter des résultats expérimentaux de typage moléculaire à l'aide de documents.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement des examens microscopiques de cellules vivantes et de frottis après coloration.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une démarche d'identification</p> <p>Commentaires</p> <p>Aucune galerie n'est à connaître.</p> <p>Les tests d'hypothèses, utilisés en identification probabiliste, sont étudiés en mathématiques.</p> <p>L'étude du typage moléculaire se limitera au seul typage standardisé MLST (MultiLocus Sequence Typing ).</p>	S1 S2 (+S4)
<p><b>3.2.2. Nutrition, culture, quantification et croissance des micro-organismes</b></p>		
<p><b>3.2.2.1. Milieux de culture et culture des bactéries</b></p>	<p>Ce qui est attendu</p>	S1

<p>La connaissance des besoins nutritionnels des bactéries permet de concevoir des milieux appropriés et de mettre en place des conditions de culture adaptées.</p> <p>Les milieux de culture peuvent être non sélectifs, sélectifs, différentiels.</p> <p>L'isolement des bactéries permet d'obtenir des souches pures en culture.</p>	<p>Choisir un milieu de culture en fonction des caractéristiques des micro-organismes à cultiver et de l'objectif suivi (enrichissement, isolement, identification, production) à l'aide de documents.</p> <p>Choisir les conditions de culture en fonction des caractéristiques des micro-organismes à cultiver et de l'objectif suivi (enrichissement, identification, production) à l'aide de documents.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement des cultures bactériennes : isolement, enrichissement, sélection...</p> <p>Commentaire Aucun milieu exigible sans document, aucun mode d'action d'agent sélectif à connaître sans document.</p>	
<p><b>3.2.2.2. Quantification des micro-organismes</b></p> <p>Il est important de savoir quantifier une population microbienne.</p> <p>De nombreuses techniques permettent de quantifier une population microbienne : dénombrements directs en cellule à numération, par mise en culture, par opacimétrie, par bioluminescence.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Choisir une technique de dénombrement en fonction du cahier des charges.</p> <p>Interpréter des résultats de dénombrements à l'aide de documents.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement des techniques de dénombrement.</p> <p>Commentaire Les méthodes automatisées seront évoquées à partir d'une documentation.</p>	S1
<p><b>3.2.2.3. Croissance des micro-organismes</b></p> <p>La croissance des micro-organismes unicellulaires en milieu liquide non renouvelé permet de caractériser leur taux de croissance.</p>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>Calculer les paramètres cinétiques de croissance à partir de résultats expérimentaux.</p> <p>Analyser des courbes d'inhibition de croissance et différencier bactériostase et bactéricidie.</p> <p>Mettre en œuvre expérimentalement une croissance bactérienne.</p> <p>Commentaire Le logarithme népérien est étudié en mathématiques.</p>	S1
<p><b>3.2.3. Génie fermentaire</b></p>		
<p><b>3.2.3.1. Culture en fermenteur, en milieu non renouvelé</b></p>	<p><i>Programme de seconde année</i></p>	S3
<p><b>3.2.3.2. Culture en milieu renouvelé</b></p>	<p><i>Programme de seconde année</i></p>	S3
<p><b>3.2.3.3. Applications du génie fermentaire</b></p>	<p><i>Programme de seconde année</i></p>	S3

## 4- Biologie moléculaire et génie génétique

L'organisation et l'expression des gènes sont étudiées dans le programme de SVT.

L'étude du génome et du transcriptome, dont le développement s'est accompagné d'une exceptionnelle diversification de techniques, est à la base de multiples applications donnant accès à de nombreuses informations.

La structure des acides nucléiques est ici étudiée afin de comprendre sur quelles bases structurales se fondent la réplication in vivo, l'amplification in vitro, le séquençage et l'hybridation.

L'ADN, extrait et purifié, peut être introduit dans des vecteurs, transférés dans des hôtes biologiques en vue de son stockage, de son amplification ou de son expression, autant de techniques dont les applications concernent désormais des domaines très variés touchant les domaines de la santé, de l'alimentation, de l'environnement.

### (Cours 20 heures + 12 séances TP-TD)

Thématiques	Compétences, limites, commentaires	
<b>4.1. Structure des acides nucléiques</b>		
<b>4.1.1. Structure primaire</b>  Les acides nucléiques sont composés de nucléotides reliés par une liaison phosphodiester.	Ce qui est attendu Représenter la structure générique d'un nucléotide. Reconnaître les bases puriques et pyrimidiques. Relier l'effet mésomère aux propriétés spectrales des bases azotées. Représenter une liaison phosphodiester.	S2
<b>4.1.2. Structures tridimensionnelles</b>  Les structures tridimensionnelles des acides nucléiques reposent sur des liaisons faibles. Elles peuvent concerner une ou deux chaînes nucléotidiques.  Il existe des conditions physico-chimiques qui provoquent la dénaturation des acides nucléiques.  Le compactage de l'ADN permet son stockage et la modulation de son expression. Il impose des contraintes lors de la réplication.  Les ARN présentent une grande diversité structurale et fonctionnelle.	Ce qui est attendu  Représenter les interactions entre bases complémentaires et successives.  Relier la stabilité d'une structure double-brin à son pourcentage en GC, à sa taille et aux conditions physico-chimiques du milieu. Expliquer l'effet hyperchrome.  Commentaires Un lien sera fait avec le cours sur les protéines. Le lien entre degré de compactage et expression sera exploité en SVT. La diversité structurale des ARN sera abordée à l'aide d'une documentation. Les propriétés fonctionnelles des ARN seront développées en sciences de la vie et de la Terre.	S2

<b>4.2. Réplication et amplification de l'ADN</b>		
<b>4.2.1. Réplication</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>4.2.2. Amplification <i>in vitro</i></b>	<i>Programme de seconde année</i>	S3
<b>4.3. Outils, techniques, applications du génie génétique</b>		
<b>4.3.1. Extraction et purification des acides nucléiques</b>	<p>Ce qui est attendu</p> <p>L'extraction et la purification des acides nucléiques sont des étapes essentielles dans une démarche de génie génétique.</p> <p>Justifier les différentes étapes d'un protocole d'extraction/purification d'ADN génomique, plasmidique ou d'ARN. Mettre en œuvre expérimentalement une extraction/purification d'ADN génomique. Mettre en œuvre expérimentalement une extraction/purification d'ADN plasmidique.</p> <p>La purification des acides nucléiques est contrôlée par spectrophotométrie et par électrophorèse.</p> <p>Justifier le choix d'une méthode électrophorétique. Exploiter des résultats expérimentaux pour conclure quant à la qualité de la purification. Mettre en œuvre un contrôle de purification d'ADN plasmidique utilisant une restriction.</p> <p>Commentaire Les principes généraux des méthodes suivantes sont à connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- électrophorèse en gel d'agarose,</li> <li>- PAGE,</li> <li>- électrophorèse en champs pulsé.</li> </ul>	S2
<b>4.3.2. Hybridation moléculaire</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S4
<b>4.3.3. Séquençage de l'ADN</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S4
<b>4.3.4. Génie génétique</b>	<i>Programme de seconde année</i>	S4



# Annexe 4

## Programmes des classes préparatoires aux Grandes Ecoles

**Filière : scientifique**

**Voie : Technologie et biologie (TB)**

**Discipline : Informatique**

**Première et seconde années**

# Programme d'informatique pour les classes TB1 et TB2

## 1 / Objectifs de formation

### 1.1 / Généralités

L'enseignement de l'informatique en classes préparatoires de la filière TB a pour objectif d'introduire puis de consolider les concepts de base de l'informatique, à savoir l'analyse et la conception de processus de raisonnement automatisé, c'est-à-dire des algorithmes, et la question de la représentation des données. Aussi souvent que possible, on favorisera une contextualisation des thèmes informatiques étudiés en s'appuyant sur les autres disciplines scientifiques : biologie, biotechnologies, chimie, physique ou mathématiques.

### 1.2 / Compétences visées

Cet enseignement doit permettre de développer les compétences suivantes :

<b>analyser et modéliser</b>	un problème, une situation, en lien avec les autres disciplines scientifiques
<b>imaginer</b>	une solution modulaire, utilisant des méthodes de programmation, des structures de données appropriées pour le problème étudié
<b>traduire</b>	un algorithme dans un langage de programmation
<b>spécifier</b>	rigoureusement les modules ou fonctions
<b>évaluer, contrôler, valider</b>	des algorithmes et des programmes
<b>communiquer</b>	à l'écrit ou à l'oral, une problématique, une solution ou un algorithme, une documentation.

L'étude et la maîtrise de quelques algorithmes fondamentaux, l'utilisation de structures de données adaptées et l'apprentissage de la syntaxe du langage de programmation choisi permettent de développer des méthodes (ou paradigmes) de programmation appropriés, fiables et efficaces : programmation impérative, approche descendante, programmation structurée, utilisation de bibliothèques logicielles, notions élémentaires de complexité en temps ou en mémoire, documentation.

La pratique régulière de la résolution de problèmes par une approche algorithmique et des activités de programmation qui en résultent est un aspect aussi essentiel de l'apprentissage de l'informatique que le sont les travaux pratiques pour les sciences expérimentales. Il est éminemment souhaitable que les exemples choisis ainsi que certains exercices d'application soient directement inspirés par les enseignements de biologie et biotechnologies, de physique et chimie, ou de mathématiques.

Le travail sur la documentation est également important, combinant la documentation des programmes lors de leur conception, en vue de leur réutilisation et possibles modifications ultérieures, avec la pratique raisonnée de la recherche d'informations pertinentes dans les documentations en ligne décrivant les différents composants logiciels que les étudiants auront à manipuler.

Enfin, les compétences acquises en informatique ont vocation à participer pleinement à l'élaboration des travaux d'initiative personnelle encadrée (T.I.P.E.) et à être réutilisées au sein des autres enseignements scientifiques.

## 2 / Programme de première année (TB1)

### 2.1 / Organisation de cet enseignement

L'ordre de présentation des notions et situations présentées dans les parties 2.3 et 2.4 ci-dessous n'est pas imposé. Il est d'ailleurs recommandé de créer de nombreux liens entre algorithmique et programmation, tout en distinguant soigneusement ces deux domaines.

Un temps introductif sera prévu :

- pour présenter et analyser les relations entre les principaux composants d'une machine numérique telle que l'ordinateur personnel ou un appareil photo numérique : sources d'énergie, mémoire vive, mémoire de masse, processeur, périphériques d'entrée-sortie, ports de communication avec d'autres composants numériques (aucune connaissance particulière des composants cités n'est exigible) ;
- pour présenter et faire manipuler un système d'exploitation (essentiellement : fichiers et arborescences) ;
- et pour présenter et faire manipuler un environnement de développement.

### 2.2 / Outils employés

L'enseignement se fonde sur un environnement de programmation (langage et bibliothèques) basé sur un langage interprété largement répandu et à source libre. Au moment de la conception de ce programme, l'environnement choisi est Python. Des textes réglementaires ultérieurs pourront mettre à jour ce choix en fonction des évolutions et des besoins.

Les travaux pratiques conduiront à éditer et manipuler fréquemment des codes sources et des fichiers ; c'est pourquoi un environnement de développement efficace doit être choisi et utilisé. Les étudiants doivent être familiarisés avec les tâches de création d'un fichier source, d'édition d'un programme, de gestion des fichiers, d'exécution et d'interruption d'un programme.

L'étude approfondie de ces divers outils et environnements n'est pas une fin en soi et n'est pas un attendu du programme.

### 2.3 / Programmation

On insistera sur une organisation modulaire des programmes ainsi que sur la nécessité d'une programmation structurée et parfaitement documentée.

Contenus	Capacités	Commentaires
<b>Variables</b> notion de type et de valeur d'une variable, types simples.	Choisir un type de données en fonction d'un problème à résoudre.	Les types simples présentés sont les entiers, flottants, booléens et chaînes de caractères.

Contenus (suite)	Capacités	Commentaires
<b>Expressions et instructions</b> affectation, opérateurs usuels, notion d'expression.		Les expressions considérées ont des valeurs numériques, booléennes ou de type chaîne de caractères.
<b>Instructions conditionnelles</b> expressions booléennes et opérateurs logiques simples, instruction <b>if</b> .	Agencer des instructions conditionnelles avec alternatives, éventuellement imbriquées.	L'ordre d'évaluation n'est pas un attendu du programme.
<b>Fonctions</b> notion de fonction (au sens informatique), définition dans le langage utilisé, paramètres (ou arguments) et résultats, portée des variables.	Concevoir l'entête (ou la spécification) d'une fonction, puis la fonction elle-même; documenter une fonction, un programme plus complexe.	On distingue les variables locales des variables globales, tout en valorisant l'usage de variables locales.
<b>Instructions itératives</b> boucles <b>for</b> , boucles conditionnelles <b>while</b> .	Organiser une itération, contrôler qu'elle s'achève.	
<b>Manipulation de quelques structures de données</b> chaînes de caractères (création, accès à un caractère, concaténation), listes (création, ajout d'un élément, suppression d'un élément, accès à un élément, extraction d'une partie de liste), tableaux à une ou plusieurs dimensions.	Traduire un algorithme dans un langage de programmation.	On met en évidence le fait que certaines opérations d'apparence simple cachent un important travail pour le processeur On prépare les démarches qui vont suivre en introduisant la structure d'image ponctuelle ( <i>bitmap</i> ) en niveaux de gris, assimilée à un tableau d'entiers à deux dimensions.
<b>Fichiers</b> notion de chemin d'accès, lecture et écriture de données numériques ou de type chaîne de caractères depuis ou vers un fichier.	Gérer efficacement et durablement une série de fichiers, une arborescence.	On encourage l'utilisation de fichiers en tant que supports de données ou de résultats avant divers traitements, notamment graphiques.
<b>Bibliothèques logicielles</b> utilisation de quelques fonctions d'une bibliothèque et de leur documentation en ligne.	Accéder à une bibliothèque logicielle; rechercher une information au sein d'une documentation en ligne.	On met en évidence l'intérêt de faire appel aux bibliothèques, évitant de devoir réinventer des solutions à des problèmes bien connus. La recherche des spécifications des bibliothèques joue un rôle essentiel pour le développement de solutions fiables aux problèmes posés.

## 2.4 / Algorithmique

Cette partie rassemble un petit nombre d'algorithmes classiques et d'usage universel; les attendus du programme se limitent en général à la compréhension et à l'usage de ces algorithmes (éventuellement par appel à une fonction d'une bibliothèque), sauf pour ceux dont la programmation effective doit être étudiée (signalés par un symbole ♦).



Contenus	Commentaires
◆ Recherche dans une liste, ◆ recherche du maximum dans une liste de nombres, ◆ calcul de la moyenne.	
Algorithmes de tri d'un tableau à une dimension de valeurs numériques : tri à bulles, ◆ tri par insertion. ◆ Calcul de la médiane d'une liste de nombres.	
◆ Recherche d'un mot dans une chaîne de caractères.	On se limite à l'algorithme « naïf », en estimant sa complexité.
Exemples d'algorithmes opérant sur une image ponctuelle en niveaux de gris.	Les algorithmes présentés sont du type « à balayage » et restent très simples : éclaircissement, accentuation du contraste, flou, accentuation de contours. On met en évidence l'importance de tels algorithmes en les appliquant sur des images issues de la biologie et des biotechnologies.
◆ Simulation d'une variable aléatoire prenant un nombre fini de valeurs.	On se sert du générateur de nombres pseudo-aléatoires fourni par le langage.

**Capacités intervenant dans cette partie :** expliquer ce que fait un algorithme donné ; modifier un algorithme existant pour obtenir un résultat différent ; concevoir un algorithme répondant à un problème précisément posé.

### 3 / Programme de seconde année (TB2)

En seconde année, l'enseignement d'informatique est orienté vers la pratique et la consolidation des compétences fondamentales ; il concourt à enrichir la culture des étudiants par un apport modeste de nouvelles méthodes.

On introduit l'usage des bibliothèques logicielles qui permet d'aborder rapidement des situations plus complexes que précédemment.

L'objectif pédagogique est de faire prendre conscience du processus inhérent au développement informatique : définition et modélisation du problème étudié, choix de structures de données adaptées, mise au point d'un algorithme, implémentation (pouvant faire appel à des bibliothèques logicielles), évaluation de la validité et de la qualité des résultats obtenus.

En particulier, il s'agit pour les étudiants de savoir repérer et utiliser correctement les fonctions utiles d'une bibliothèque logicielle en se servant de la documentation en ligne, ainsi que d'appréhender les questions posées par le calcul sur les nombres flottants (arrondis, précision du calcul, différence entre un nombre très petit et un nombre nul).

À titre d'exemple, l'utilisation des bibliothèques de calcul numérique ou matriciel, de visualisation de données ou de traitement d'images, ou encore de bioinformatique, permet d'introduire les méthodes numériques classiques de résolution de problèmes issus des autres disciplines : résolution approchée d'équations différentielles, résolution de systèmes linéaires, statistiques, simulation, traitement et représentation de données expérimentales ou de mesures directement prélevées sur des montages expérimentaux, etc. La simulation d'une variable aléatoire suivant une loi continue donnée (autre que la loi uniforme) est un cas important d'usage de fonctions prédéfinies ou de bibliothèque.

Un autre exemple intéressant de traitement numérique est fourni par les images ponctuelles (*bitmap*) en niveaux de gris ou en couleurs, qui apparaissent fréquemment

dans de nombreux contextes expérimentaux ou appliqués (radiologie, échographie etc.). Les algorithmes de transformation ou d'extraction permettent d'analyser des structures, distributions, comportements et peuvent participer à des démarches de diagnostic.

En se confrontant à des problèmes plus complexes, les étudiants apprennent davantage à structurer leurs programmes informatiques, et ils doivent se préparer à expliquer leurs démarches d'une manière claire et organisée.

Enfin, la connaissance détaillée de bibliothèques logicielles n'est pas un attendu du programme, lequel se limite à quelques exemples contextualisés d'utilisation d'éléments de bibliothèques.

**Capacités intervenant dans cette partie :** accéder à une bibliothèque ; rechercher une information dans une documentation en ligne ; documenter un programme réalisé en s'appuyant sur une ou plusieurs bibliothèques ; identifier ou construire un modèle ; confronter un modèle au réel ; communiquer à l'écrit, à l'oral.