

**N°3**

23 JUIN  
2005

Page 1793  
à 1860

*Le*

**BO**

BULLETIN OFFICIEL DU MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE,  
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

## **NUMÉRO HORS-SÉRIE**

● ORGANISATION  
ET PROGRAMMES  
DES CLASSES PRÉPARATOIRES  
AUX GRANDES ÉCOLES

ministère  
éducation  
nationale  
enseignement  
supérieur  
recherche



## **VOLUME 14**

# ORGANISATION ET PROGRAMMES DES CLASSES PRÉPARATOIRES AUX GRANDES ÉCOLES

*Le volume 14 fait suite aux treize volumes qui recueillent l'ensemble des textes relatifs au dispositif réglementaire applicable aux CPGE (B.O. hors-série "Organisation et programmes des classes préparatoires aux grandes écoles" datés des 26 juin 2003, 28 août 2003, 29 avril 2004 et 16 septembre 2004 et dans le B.O. n°16 du 21 avril 2005).*

## VOLUME 14

1795 **Programmes de première et de seconde années des classes préparatoires scientifiques de la voie technologie et biologie (mathématiques, sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées, sciences de la vie et de la Terre, technologie, géographie).**

A. du 3-5-2005. JO du 17-5-2005 (NOR : MENS0500756A)

### Annexes

- 1796 **Annexe I** - Mathématiques  
1818 **Annexe II** - Sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées  
1843 **Annexe III** - Sciences de la vie et de la Terre  
1853 **Annexe IV** - Technologie  
1856 **Annexe V** - Géographie



**Directeur de la publication** : Pierre Maurel - **Directrice de la rédaction** : Nicole Krasnopolski -  
**Rédacteur en chef** : Jacques Aranhas - **Rédactrice en chef adjointe** : Laurence Martin -  
**Rédacteur en chef adjoint** (textes réglementaires) : Hervé Célestin - **Secrétaire générale de la**  
**rédaction** : Micheline Burgos - **Préparation technique** : Monique Hubert - **Chef-**  
**maquettiste** : Bruno Lefebvre - **Maquettistes** : Laurette Adolphe-Pierre, Béatrice Heuline, Eric Murail, Karin  
Olivier, Pauline Ranck ● **RÉDACTION ET RÉALISATION** : **Délégation à la communication**, bureau des publications,  
110, rue de Grenelle, 75357 Paris 07 SP. Tél. 01 55 55 34 50, fax 01 55 55 29 47 ● **DIFFUSION ET ABONNEMENT** :  
**CNDP Abonnements**, B - 750 - 60732 STE GENEVIÈVE CEDEX. Tél. 03 44 03 32 37, fax 03 44 12 57 70.  
● **Le B.O.** est une publication du ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche.

● **Le numéro** : 2,40 € ● **Abonnement annuel** : 80 € ● **ISSN** 1268-4791 ● **CPPAP** n° 777 AD - Imprimerie : Actis.

# PROGRAMMES DE PREMIÈRE ET SECONDE ANNÉES DES CLASSES PRÉPARATOIRES SCIENTIFIQUES DE LA VOIE TECHNOLOGIE ET BIOLOGIE (TB) [MATHÉMATIQUES, SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES FONDAMENTALES ET APPLIQUÉES, SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE, TECHNOLOGIE, GÉOGRAPHIE]

**A. du 3-5-2005 ; JO du 17-5-2005**  
**NOR : MENS0500756A**  
**RLR : 471-1**  
**MEN - DES A9**

---

*Vu code de l'éducation ; D. n° 94-1015 du 23-11-1994, not., art. 11 ; A. du 14-5-1984 mod. ; A. du 10-2-1995 ; A. du 10-2-1995 ; A. du 3-7-1995 ; A. du 27-5-2003 ; avis du ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et de la ruralité du 25-3-2005 ; avis du CSE du 1-12-2004 ; avis du CNESER du 17-1-2005 ; avis du CNP du 18-1-2005*

---

**Article 1** - Les programmes de la voie technologie-biologie [TB] figurant en annexe de l'arrêté du 14 mai 1984 modifié sont **remplacés** respectivement, à compter des rentrées scolaires 2004 et 2005, par les programmes de première et seconde années fixés en annexe du présent arrêté [mathématiques ; sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées ; sciences de la vie et de la Terre ; technologie ; géographie].

**Article 2** - Les programmes de première et seconde années de la voie technologie-biologie [TB] en français et philosophie et en langues vivantes étrangères applicables respectivement à compter des rentrées 2004 et 2005 sont les mêmes programmes que ceux de première et seconde années de français et philosophie et de langues vivantes étrangères de la voie biologie, chimie, physique et sciences de la Terre [BCPST] fixés par l'arrêté du 3 juillet 1995 susvisé.

**Article 3** - Les programmes de première et seconde années de la voie technologie-biologie [TB] d'informatique applicables respectivement à compter des rentrées scolaires 2004 et 2005 sont les mêmes programmes que ceux de première et seconde années d'informatique de la voie biologie, chimie, physique et sciences de la Terre [BCPST] fixés par l'arrêté du 27 mai 2003 susvisé.

**Article 4** - Le directeur de l'enseignement supérieur est chargé de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République Française.

Fait à Paris, le 3 mai 2005  
Pour le ministre de l'éducation nationale,  
de l'enseignement supérieur et de la recherche  
et par délégation,  
Par empêchement du directeur  
de l'enseignement supérieur  
Le chef de service  
Jean-Pierre KOROLITSKI

# Annexe I

## MATHÉMATIQUES

### PREMIÈRE ANNÉE

## PROGRAMME DE MATHÉMATIQUES DE LA CLASSE TECHNOLOGIE - BIOLOGIE

### Première année

#### I. – Nombres complexes et trigonométrie.

*Les nombres complexes sont introduits dans ce programme en raison de leur importance dans tous les domaines des mathématiques, en particulier en analyse. De nombreuses modélisations les utilisent.*

*On s'appuiera largement sur la notion de plan complexe et les images géométriques correspondantes.*

*Cependant l'introduction des nombres complexes dans ce programme n'a pas pour objectif la résolution de problèmes purement géométriques.*

a) Nombres complexes. Représentation géométrique d'un nombre complexe; nombres complexes conjugués; affixe d'un point, d'un vecteur.

La construction théorique du corps des complexes est hors programme.

b) Module d'un nombre complexe : module d'un produit, inégalité triangulaire.

Les illustrations géométriques ont pour seul objectif l'aide à l'acquisition de ces connaissances.

- Nombres complexes de module 1; argument d'un nombre complexe non nul, notation  $e^{i\theta}$ .

- Relation  $e^{i(\theta+\theta')} = e^{i\theta} \cdot e^{i\theta'}$ , lien avec les formules de trigonométrie; formule de Moivre; formules d'Euler:

L'étude des racines n-ièmes d'un nombre complexe, y compris les racines n-ièmes de l'unité, est hors programme.

$$\cos \theta = \frac{1}{2}(e^{i\theta} + e^{-i\theta});$$

$$\sin \theta = \frac{1}{2i}(e^{i\theta} - e^{-i\theta}).$$

Ces formules devront être étudiées assez tôt dans l'année pour être utilisées dans les autres disciplines.

- Définition de  $e^z$  pour  $z$  complexe, formule  $e^{z+z'} = e^z \cdot e^{z'}$ .

- Dérivation de  $x \mapsto e^{mx}$ , où  $m$  est complexe et  $x$  réel.

#### Travaux dirigés

Résolution des équations du second degré à coefficients réels. Somme et produit des racines.

La résolution des équations du second degré à coefficients complexes est hors programme.

Transformation de  $a \cos \theta + b \sin \theta$ , où  $a$  et  $b$  sont des réels, en  $r \cos(\theta + \varphi)$ .

Exemples de mise en œuvre des formules de Moivre et d'Euler: linéarisation de polynômes trigonométriques, conversion de sommes en produits

Des polynômes très simples à coefficients complexes pourront intervenir à l'occasion de l'étude de certaines équations différentielles.

## II - Géométrie

*Cette partie est étudiée pour son utilisation en sciences physiques et en probabilités.*

*Elle servira également de support intuitif en algèbre linéaire :*

On pourra, dans cette partie, introduire et illustrer le vocabulaire qui sera utilisé par la suite en algèbre linéaire :

- la dépendance ou indépendance linéaire d'une famille finie de vecteurs étant vue à travers la colinéarité de deux vecteurs dans le plan, puis étendue dans l'espace.
- la notion de famille génératrice finie de vecteurs étant vue à travers la décomposition de tout vecteur du plan ( respectivement de l'espace ) suivant au moins deux vecteurs du plan ( ou trois vecteurs de l'espace ), dont deux ( respectivement trois ) sont linéairement indépendants.

*On se placera dans le plan et l'espace " naïfs ", et on ne cherchera pas à en donner une construction théorique*

Bases, repères de la droite, du plan, de l'espace,

- d'une droite dans le plan,
- d'une droite, d'un plan dans l'espace.

Changements de repères.

Produit scalaire de deux vecteurs, norme euclidienne d'un vecteur.

Equations et représentations paramétriques d'une droite dans le plan ou dans l'espace.

Représentations paramétriques d'un plan dans l'espace.

Projection orthogonale d'un point sur une droite, sur un plan.

Distance d'un point à une droite, à un plan.

Les calculs qui suivent seront effectués dans des repères orthonormaux en dimension 3 au plus : le produit scalaire sera défini dans  $\mathbb{R}^2$  par

$$\sum_{i=1}^2 x_i x'_i \text{ et dans } \mathbb{R}^3 \text{ par } \sum_{i=1}^3 x_i x'_i.$$

Les propriétés seront admises.

On montrera que tout plan admet une équation du type  $ax + by + cz + d = 0$ , puis on montrera que toute équation du type  $ax + by + cz + d = 0$  est l'équation d'un plan de vecteur normal  $( a, b, c )$  (  $( a,b,c) \neq (0,0,0)$  ).

Interprétation géométrique du produit scalaire.

### Travaux dirigés

Exemples d'études :

- des positions relatives de droites, de droites et de plans,
- de situations d'orthogonalité,
- de projections (orthogonales ou non),
- des équations d'un cercle dans le plan, d'une sphère dans l'espace, toute étude générale étant exclue.

### III - Algèbre linéaire

En 1<sup>ère</sup> année, on n'étudiera que les espaces vectoriels  $\mathbb{R}^n$  sur  $\mathbb{R}$ , où  $n$  est inférieur ou égal à 4.  
Des illustrations, notamment à l'aide de figures, seront données en dimension 2 et en dimension 3 en lien avec la partie II.

#### A. Systèmes d'équations linéaires

Opérations élémentaires sur les lignes : elles transforment le système en un système équivalent.

Un système linéaire a zéro, une unique ou une infinité de solutions.

Rang d'un système linéaire.

Système de Cramer

On fera le lien avec l'étude, en géométrie, de la position relative de deux droites, d'une droite et d'un plan, de deux plans.

#### B. Matrices à coefficients dans $\mathbb{R}$

Matrices, matrices lignes, colonnes, carrées, triangulaires, diagonales.

Matrice nulle, matrice unité (identité).

Opérations sur les matrices :  
addition, multiplication par un scalaire (réel)  
produit  
transposition.

Ecriture matricielle d'un système d'équations linéaires.

Matrices carrées :  
matrice diagonale, matrice triangulaire  
matrice inversible, matrice inverse : recherche pratique de l'inverse d'une matrice par la résolution d'un système de Cramer.

Les justifications théoriques, relatives à l'algèbre linéaire, seront données ultérieurement au titre **D**.

#### C. Espace vectoriel $\mathbb{R}^n$ ( $n \leq 4$ )

Combinaison linéaire d'une famille finie de vecteurs de  $\mathbb{R}^n$ .

Sous-espaces vectoriels de  $\mathbb{R}^n$

Sous-espace vectoriel engendré par une famille finie de vecteurs

Intersection de sous-espaces vectoriels de  $\mathbb{R}^n$ .

Somme de deux sous-espaces vectoriels de  $\mathbb{R}^n$ .

Familles finies de vecteurs de  $\mathbb{R}^n$  :

- familles génératrices d'un sous-espace vectoriel de  $\mathbb{R}^n$ .

- dépendance, indépendance linéaire d'un nombre fini de vecteurs.

On énoncera les propriétés qui donnent à  $\mathbb{R}^n$  une structure d'espace vectoriel sur  $\mathbb{R}$ .

Bases et dimension d'un sous espace vectoriel, composantes d'un vecteur dans une base, matrice colonne des composantes d'un vecteur dans une base.

Base canonique de  $\mathbb{R}^n$ .

Rang d'une famille finie de vecteurs.

Somme directe de deux sous-espaces vectoriels.

Sous-espaces vectoriels supplémentaires de  $\mathbb{R}^n$ .

Tout sous-espace vectoriel de  $\mathbb{R}^n$  admet un sous espace vectoriel supplémentaire.

#### D. Applications linéaires de $\mathbb{R}^p$ dans $\mathbb{R}^n$

Applications linéaires

Opérations : addition, multiplication par un scalaire (réel), composition.

Noyau, ensemble image, rang d'une application linéaire.

Détermination d'une application linéaire par l'image des vecteurs de la base canonique.

Matrice d'une application linéaire dans les bases canoniques.

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.

#### Travaux dirigés

Résolution d'un système d'équations linéaires à coefficients numériques par l'algorithme de Gauss.

Etude de l'inversibilité d'une matrice.

Détermination de l'inverse d'une matrice.

On admettra le résultat : toutes les bases d'un espace vectoriel ont le même nombre de vecteurs.

Résultat admis.

On fera le lien avec les notions d'injection, de surjection et de bijection.

L'application linéaire associée à une matrice est utilisée sans justification théorique.

La méthode utilisant la résolution d'un système d'équations linéaires est exigible.

## IV - ANALYSE

Le but de cette rubrique est de mettre en place les méthodes courantes de travail sur les fonctions numériques et en particulier sur les suites. On envisagera des fonctions suffisamment régulières et on évitera toute surenchère au niveau des hypothèses.

### I. FONCTIONS ET APPLICATIONS

#### A) GÉNÉRALITÉS

Notion générale de fonction d'un ensemble E dans un ensemble F.

Application, injection, surjection et bijection.

Composition des fonctions.

Image d'une partie, image réciproque.

#### B) FONCTIONS NUMÉRIQUES

##### a) *Définitions*

Somme, produit et quotient.

Comparaison de fonctions numériques.

Majorant, minorant.

Monotonie.

Maximum et minimum.

Centre de symétrie, axe de symétrie.

Fonction périodique.

Représentation graphique de l'application réciproque  $f^{-1}$ .

##### b) *Limites*

Limite d'une fonction en un point.

Limite à droite, limite à gauche.

Limite en  $-\infty$ , limite en  $+\infty$ .

Théorèmes de comparaison.

Limites et relation d'ordre.

Opérations sur les limites.

##### c) *Continuité*

Continuité en un point.

Continuité à droite et à gauche.

Prolongement par continuité.

Opérations et composition.

Continuité sur un intervalle.

##### d) *Dérivée*

Nombre dérivé en un point.

Interprétation graphique, équation de la tangente à une courbe.

Nombre dérivé à droite, nombre dérivé à gauche.

On insistera sur la nécessité d'un concept général en envisageant des exemples variés issus de différents domaines.

On utilisera ce paragraphe pour rappeler les techniques de base du calcul numérique.

La définition d'une limite par  $(\varepsilon, \alpha)$  doit être donnée en rapport avec le comportement graphique. On insistera sur le caractère local de la notion. On se limitera à des exemples simples.

On pourra faire une ou deux démonstrations, les autres étant admises.

Dans ce paragraphe on se limitera à des exemples simples.

Tangente parallèle à l'axe des ordonnées.

Notion de développement limité à l'ordre 1 en un point.

Nombre dérivé et opérations :  
linéarité, produit, quotient et fonction composée.

Fonction dérivée.  
Fonction dérivée et opérations :  
linéarité, produit, quotient et fonction composée.

Dérivée  $n^{\text{ième}}$ .

*e) Continuité sur un intervalle*

Image d'un intervalle par une fonction continue.  
Théorème des valeurs intermédiaires.  
Image d'un segment par une fonction continue sur ce segment.

Une fonction  $f$  continue et strictement monotone sur un intervalle  $I$  réalise une bijection de  $I$  sur  $f(I)$ .  
Propriétés de l'application réciproque.  
Dérivée de l'application réciproque  $f^{-1}$ .

*f) Théorème de Rolle et applications*

Théorème de Rolle.  
Théorème des accroissements finis.

Application à l'étude de la monotonie d'une fonction dérivable sur un intervalle.

Théorèmes sur la limite d'une dérivée.

*g) Représentation graphique*

Construction d'une courbe plane définie par  $y = f(x)$ .  
Étude des branches infinies.  
Recherche de droites asymptotes.

Notion d'approximation locale par une fonction affine, interprétation graphique.  
Approximation des fonctions usuelles en zéro.

Notations :  $f'$  et  $df/dx$ .

Notations :  $f^{(n)}$  et  $d^n f/dx^n$ .

Les résultats de ce paragraphe seront admis.

La démonstration n'est pas exigible.  
L'inégalité des accroissements finis n'est pas exigible des étudiants, celle-ci pouvant être trouvée à partir du théorème.

Les théorèmes seront admis ; on donnera des exemples illustrant les différents comportements possibles.

**Travaux dirigés**

Fonctions définies par intervalles, fonction partie entière.

Fonctions polynômes :

Trinôme du second degré.

Opérations sur les polynômes, relations entre les coefficients et les dérivées successives, égalité de deux fonctions polynômes, racine simple, racine multiple, factorisation par  $(x-a)$ .

Fonction sinus, cosinus et tangente.

Fonction Arcsin, Arccos et Arctan.

Équations trigonométriques.

Étude de fonctions.

Recherche d'extremums.

Exemples de lectures graphiques de propriétés d'une fonction à partir de sa courbe représentative.

## II. SUITES RÉELLES

### *a) Principe de la démonstration par récurrence*

On illustrera ce principe par des exemples issus de différents domaines.

### *b) Généralités*

Définition.

Suite définie par récurrence.

Représentation graphique des termes d'une suite définie par récurrence.

Somme, produit et quotient.

Suites majorées, suites minorées.

Monotonie (caractérisation propre aux suites).

### *c) Limites*

Suite convergente, suite divergente vers  $-\infty$  et  $+\infty$ .

Suite divergente.

Théorèmes de comparaison.

Limites et relation d'ordre.

Opérations sur les limites.

Existence d'une limite finie ou infinie pour les suites monotones.

Théorème des suites adjacentes.

Les démonstrations par récurrence pourront être introduites hors du contexte des suites.

Les propriétés des suites seront à relier à celles vues pour les fonctions.

Les propriétés des suites seront à relier à celles vues pour les fonctions.

Résultat admis.

Ce théorème sera démontré.

## Travaux dirigés

Suites arithmétiques et géométriques, somme des  $n$  premiers termes de telles suites.

Suites arithmético-géométriques.

Exemples d'études de suites définies par  $u_{n+1} = f(u_n)$ .

Exemples de méthodes numériques de résolutions d'équations.

## III. CALCUL INTÉGRAL

### *a) Primitives*

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.

(Linéarité, composition, primitives de  $u'u^\alpha$  où  $\alpha$  est un réel).

Pour une fonction continue et positive et en admettant l'existence et les propriétés de la notion intuitive d'aire, on établira le lien entre aire et primitive.

Résultat admis.

*b) Intégrale*

Définition de l'intégrale de a à b d'une fonction f continue sur un intervalle I contenant a et b :

$$\int_a^b f(t) dt = F(b) - F(a) \text{ où } F \text{ est une primitive de } f \text{ sur } I.$$

L'intégrale de f positive est l'aire sous la courbe. Extension de cette interprétation au cas d'une fonction de signe non constant.

Propriétés élémentaires :

- relation de Chasles,
- linéarité, positivité,
- intégrale et relation d'ordre,
- majoration de la valeur absolue d'une intégrale.

Si f est continue sur un intervalle I et si a est un élément de I alors la fonction F définie sur I par :

$$F(x) = \int_a^x f(t) dt$$

est l'unique primitive de f sur I s'annulant en a.

Valeur moyenne d'une fonction.

Pour une fonction f continue on a :

$$\frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) dt = \lim_{n \rightarrow +\infty} \left( \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} f\left(a + k \frac{b-a}{n}\right) \right)$$

*c) Procédés d'intégration*

Intégration par parties.

Intégration par changement de variable.

On se limitera à des fonctions continues sur un intervalle s'annulant en un nombre fini de points.

Ce résultat est admis ; on en donnera une interprétation graphique et on fera le lien avec la méthode des rectangles.

**Travaux dirigés**

Définition et étude de la fonction logarithme, propriétés algébriques.

Étude de la fonction exponentielle.

Fonctions  $x \mapsto a^x$  et  $x \mapsto \log_a(x)$ .

Fonctions puissances.

Théorème des puissances comparées.

Étude de suites définies à l'aide d'intégrales.

Exemples d'intégration de fonctions rationnelles en donnant toutes les indications nécessaires.

Exemples de méthodes numériques de calcul d'intégrales : rectangles, trapèzes.

#### **IV. ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES**

##### *a) Équations différentielles linéaires du premier ordre*

Équations à coefficients constants :

équations du type :  $y' + a y = 0$   
où  $a$  est un nombre complexe.

équations du type :  $y' + a y = f(x)$   
où  $a$  est un réel et  $f$  est du type :

$$x \mapsto e^{\lambda x}$$
$$\text{ou } x \mapsto A \cos(\omega x) + B \sin(\omega x)$$

$A, B, \lambda$  et  $\omega$  étant des réels.

##### *b) Équations différentielles linéaires du second ordre*

Équations du type :  $y'' + ay' + by = 0$   
où  $a$  et  $b$  sont des complexes.

Équations du type :  $y'' + ay' + by = f(x)$   
où  $a$  et  $b$  sont des réels et  $f$  est du type suivant :

$$x \mapsto e^{\lambda x}$$

où  $\lambda$  est un complexe.

On ne soulèvera aucune difficulté théorique concernant les fonctions de variable réelle à valeurs complexes

#### **Travaux dirigés**

Passage dans le champ complexe pour la résolution d'équations différentielles pour des fonctions à valeurs réelles.

Exemples issus de modèles relevant de la physique, de la chimie et de la biologie.

## V - PROBABILITÉS

Cette rubrique a pour but d'introduire le vocabulaire et les méthodes de base du calcul des probabilités. Les différentes notions seront illustrées par des exemples issus des jeux, de la vie courante et des sciences.

### I. VOCABULAIRE DE BASE

Élément, appartenance.  
Inclusion, complémentaire.  
Intersection, réunion.

Produit cartésien de  $n$  ensembles.

Ces notions, qui pourront avoir été abordées dans d'autres rubriques (par exemple lors des généralités sur les fonctions numériques), devront faire l'objet d'un développement modeste.  
Elles ne pourront constituer le thème principal d'aucune question d'écrit ou d'oral.

### II DÉNOMBREMENT

Cardinal d'un ensemble fini.

Cardinal d'une partie d'un ensemble fini.

Cardinal de la réunion de deux ensembles finis.

Cardinal du produit cartésien d'un nombre fini d'ensembles finis.

Cardinal de l'ensemble des applications d'un ensemble fini dans un ensemble fini, notion de  $n$ -uplet.

Cardinal de l'ensemble des parties d'un ensemble fini.

Dénombrement des arrangements  $p$  à  $p$  de  $n$  éléments.

Dénombrement des permutations de  $n$  éléments.

Dénombrement des parties à  $p$  éléments d'un ensemble fini de cardinal  $n$ , combinaisons  $p$  à  $p$  de  $n$  éléments.

Formule du binôme.

On évitera tout excès de formalisation dans les démonstrations.

### Travaux dirigés

On donnera des exemples nombreux et variés en insistant sur l'idée de modélisation.

### III. CONCEPTS DE BASE DES PROBABILITÉS

#### *a) Vocabulaire*

Épreuve ( expérience aléatoire ).  
Univers.  
Notion d'événement.  
Événement certain, impossible.  
Événement élémentaire.  
Événements incompatibles, complémentaires.  
Système complet d'événements.

#### *b) Probabilité*

Définition.  
Espace probabilisé.  
Propriétés.  
Formule de Poincaré.

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 )

#### *c) Probabilités conditionnelles*

Définition.  
Notations :  $P(A/B)$  et  $P_B(A)$ .  
Propriétés.

Théorème des probabilités composées.

Théorème des probabilités totales :

$$P(B) = \sum_{i \in I} P(A_i) P(B/A_i).$$

Théorème de Bayes.

Indépendance de deux événements.  
Événements mutuellement indépendants.

Probabilité sur un univers produit.

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.

Résultat admis.

Résultat admis.

On fera observer que  $P_B$  correspond à une probabilité sur un autre espace mais aucune théorie n'est à construire.

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.

#### **IV. VARIABLES ALÉATOIRES DISCRÈTES**

Définition

On se limitera au cas où l'ensemble des valeurs prises est fini.

Loi de probabilité d'une variable discrète.

Diagramme en bâtons.

Fonction de répartition.

Représentation graphique.

Espérance mathématique.

On fera le lien avec les statistiques descriptives.

Variance et écart-type.

Théorème de Koenig - Huyghens.

#### **Travaux dirigés**

Exemples de lois de probabilité de variables aléatoires discrètes ; l'étude approfondie des lois usuelles sera faite en deuxième année.

## DEUXIÈME ANNÉE

### I - Nombres complexes et trigonométrie

Exercices sur le programme de première année

### II - Géométrie

Exercices sur le programme de première année.

### III - Algèbre linéaire

Exercices sur le programme de première année.

*On reprendra les notions vues en première année et on les étendra à l'espace vectoriel  $\mathbb{R}^n$  ( $n \geq 4$ ) sur  $\mathbb{R}$ , puis à tout espace vectoriel sur  $K$ , de dimension finie, sauf dans le dernier paragraphe, où le corps  $K$ , des scalaires, est  $\mathbb{R}$  ou  $\mathbb{C}$ .*

*On donnera progressivement des exemples variés d'applications linéaires d'un espace vectoriel  $E$ , de dimension finie dans un espace vectoriel  $F$ , de dimension finie.*

*Une introduction très modeste des déterminants est proposée dans le but de simplifier le traitement des parties du programme : inversibilité d'une matrice, recherche des valeurs propres.*

#### A. Espaces vectoriels de dimension finie

Structure d'espace vectoriel.

Sous-espaces vectoriels.

Sous espace vectoriel engendré par une famille finie de vecteurs.

- intersection de sous-espaces vectoriels,
  - somme de deux sous-espaces vectoriels.
- Somme directe de deux sous-espaces vectoriels.  
Sous-espaces vectoriels supplémentaires.

Familles finies de vecteurs :

- familles génératrices d'un sous-espace vectoriel.
- dépendance, indépendance linéaire d'un nombre fini de vecteurs,

Bases et dimension d'un sous espace vectoriel, composantes d'un vecteur dans une base.

Rang d'une famille finie de vecteurs.

Les espaces vectoriels suivants doivent être vus à titre d'exemples :

$K^n$ ,

$K_n[X]$  l'espace des fonctions polynômes de degré inférieur ou égal à  $n$ ,

$L(E,F)$ ,

$M_{n,p}(K)$

Bases canoniques de  $K^n$  et  $K_n[X]$ .

**B. Applications linéaires d'un espace vectoriel E, de dimension finie p dans un espace vectoriel F, de dimension finie n.**

Applications linéaires, endomorphismes  
 Opérations : addition, multiplication par un scalaire (réel), composition, réciproque.  
 Noyau, ensemble image, rang d'une application linéaire.

Relation :  $\dim \text{Im } f + \dim \text{Ker } f = \dim E$   
 Caractérisation d'un isomorphisme : l'image d'une base de E est une base de F.

Matrice d'une application linéaire, une base ayant été choisie dans chacun des espaces vectoriels E et F.

Rang d'une application linéaire, d'une matrice, de la transposée (admis), rang d'un système.

Matrices de passage ou de changement de bases.  
 Effet d'un changement de base sur les composantes d'un vecteur, sur la matrice d'une application linéaire.

**C. Calculs de déterminants**

**Présentation du calcul d'un déterminant d'ordre 2 ou 3 :**

Déterminant de 2 (resp. 3) vecteurs écrits dans une base d'un espace vectoriel de dimension 2 (resp.3).

Utilisation comme critère de dépendance ou d'indépendance linéaire de deux vecteurs d'un espace vectoriel de dimension 2 ou 3.  
 Caractérisation d'une base.

Déterminant d'une matrice, caractérisation d'une matrice inversible.

Structure d'espace vectoriel de  $\mathcal{L}(E, F)$ .

Relation admise

On reprendra les notions vues en première année et on les étendra à toute matrice d'une application linéaire d'un espace vectoriel E, de dimension finie p dans un espace vectoriel F, de dimension finie n.

Structure d'espace vectoriel de  $M_{n,p}(K)$ .

On présentera la méthode de développement selon une colonne, de préférence à des méthodes n'admettant pas de généralisation.

Ce résultat est admis pour un espace vectoriel de dimension 3.

## D. Valeurs propres et vecteurs propres

Valeurs propres d'une matrice carrée de dimension 2 ou 3.

Valeurs propres d'un endomorphisme d'un espace de dimension 2 ou 3.

Sous-espaces propres

On montrera que  $\lambda$  est valeur propre de  $A$  si et seulement si le déterminant de  $A - \lambda I$  est nul.

L'invariance du déterminant de la matrice d'un endomorphisme par un changement de base est hors programme. Le polynôme caractéristique est hors programme.

Exemples élémentaires de diagonalisation. Aucun développement théorique n'est au programme.

## E. L'espace vectoriel $K[X]$

Base canonique

Propriétés des polynômes vues comme propriétés dans  $K[X]$ , en tant qu'espace vectoriel.

On donnera un exemple d'endomorphisme injectif et non surjectif et un exemple d'endomorphisme surjectif et non injectif.

Pour cet exemple d'espace vectoriel de dimension infinie, on ne fera pas de présentation théorique.

Ce paragraphe est destiné à montrer que l'algèbre linéaire ne se réduit pas à l'étude d'espaces vectoriels de dimension finie.

## Travaux dirigés

Exemples simples de calculs de déterminants d'ordre 3.

Exemples d'emploi de changement de bases.

Exemples de détermination de valeurs propres, et vecteurs propres.

Exemples de calculs de la puissance  $n^{\text{ième}}$  d'une matrice.

Application à l'étude de suites définies par récurrence par  $u_{n+1} = a u_n + b u_{n-1}$  ( $a, b \in \mathbb{R}$ ) dans des situations issues des probabilités, des sciences biologiques.

## IV - ANALYSE

Le but de cette partie est de consolider les notions de base vues en première année. Par ailleurs on introduit les notions d'intégrale généralisée et de série numérique en vue de leur utilisation en probabilité.

### I. CALCUL INTÉGRAL

#### A) DÉFINITION ET PROPRIÉTÉS

Exercices sur le programme de première année.

#### B) COMPLÉMENTS

Théorème de Taylor avec reste intégral.

#### C) GÉNÉRALISATION

Définition d'une fonction continue par morceaux sur un segment, sur un intervalle.

Généralisation de la notion d'intégrale aux fonctions continues par morceaux.

Propriétés.

Soit  $f$  une fonction continue par morceaux sur un intervalle  $I$  et soit  $a$  un point de  $I$ , étude des propriétés de la fonction  $F$  définie sur  $I$  par :

$$F(x) = \int_a^x f(t) dt$$

croissance dans le cas où  $f$  est positive, continuité et dérivabilité.

On évitera les développements théoriques.

On pourra admettre la plus grande partie des résultats.

Résultats admis.

#### D) INTÉGRALES GÉNÉRALISÉES

Cette rubrique est introduite en vue du calcul des probabilités. Au cours d'une épreuve de mathématiques les intégrales généralisées ne pourront intervenir que dans un cadre probabiliste.

##### a) *Définition*

Définition de l'intégrale d'une fonction continue de signe constant sur un intervalle semi-ouvert ou ouvert, convergence et divergence.

Utilisation d'une primitive.  
Intégrales de Riemann.

##### b) *Propriétés*

Relation de Chasles.  
Linéarité.  
Intégrale généralisée et relation d'ordre.

Intégration par parties.  
Intégration par changement de variable.

Résultat admis.

c) *Convergence*

Théorème de comparaison pour deux fonctions positives  $f$  et  $g$  telles que :  
 $f \leq g$ .

Tout autre critère de comparaison est hors programme.

## II. FONCTIONS NUMÉRIQUES

### A) DÉFINITION ET PROPRIÉTÉS

Exercices sur le programme de première année.

### B) COMPLÉMENTS

Fonction négligeable devant une fonction.  
Fonctions équivalentes.

Notations :  $f = o(g)$   
 $f \sim g$ .

Développements limités au voisinage de zéro.  
Propriétés.

Théorème de Taylor-Young.  
Existence des développements limités.

Ce théorème sera démontré à partir du théorème de Taylor avec reste intégral, la fonction  $f$  ayant les propriétés nécessaires.

Opérations sur les développements limités (somme, produit, quotient et composition).  
Intégration des développements limités.

Développements limités usuels au voisinage de zéro des fonctions :

$\exp$ ,  $\cos$ ,  $\sin$ ,  $x \mapsto \ln(1+x)$  et  $x \mapsto (1+x)^\alpha$  où  $\alpha$  est un réel.

Développements limités au voisinage d'un point quelconque.

### Travaux dirigés

Exemples de recherche d'équivalents.

Exemples d'étude de fonctions.

Exemples d'approximation d'une courbe au voisinage d'un point.

Exemples de recherche de courbes asymptotes et position relative locale.

Exemples d'étude de fonctions définies à l'aide d'intégrales.

### **III. SÉRIES NUMÉRIQUES**

Cette rubrique est introduite en vue du calcul des probabilités. Au cours d'une épreuve de mathématiques les séries ne pourront intervenir que dans le cadre probabiliste.

L'étude des séries entières n'est pas au programme.

Les séries considérées seront à termes positifs.

Définition, notion de terme général.  
 Convergence et divergence d'une série.  
 Notion de reste d'une série convergente.

Propriété de linéarité.

Convergence et calcul de la somme pour les séries géométriques, les séries de terme général  $nq^n$ ,  $n^2 q^n$  et les séries exponentielles.

Théorème de comparaison pour deux séries à termes positifs, telles que  $u_n \leq v_n$  à partir d'un certain rang.

Sommation par paquets.

Les séries  $\sum_{n \geq 1} \frac{1}{n^\alpha}$  sont hors programme.

Tout autre critère de comparaison est hors programme.

Résultat admis

#### **Travaux dirigés**

On pourra envisager des exemples de séries à termes de signe quelconque dont on peut ramener l'étude à celle de séries à termes positifs.

### **IV. ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES**

Exercices sur le programme de première année.

Équations à coefficients non constants :

$$y' + a(x)y = b(x)$$

où  $a$  et  $b$  sont des fonctions à valeurs réelles continues sur un intervalle  $I$ .

On replacera ce problème dans le cadre des espaces vectoriels de dimension infinie.

#### **Travaux dirigés**

Exemples d'études d'équations différentielles du type  $a(x)y' + b(x)y = c(x)$  où  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont trois fonctions continues sur un intervalle  $I$ . Les problèmes de recollement doivent rester très simples.

## V - PROBABILITES

Cette rubrique a pour but d'introduire les variables aléatoires réelles et de compléter et consolider les techniques du calcul des probabilités vues en première année.

On ne soulèvera aucune difficulté théorique sur les notions introduites dans cette partie du programme où en bon nombre de résultats seront admis.

### I. CONCEPTS DE BASE DES PROBABILITÉS

#### a) Généralités

Exercices sur le programme de première année.  
Extension des définitions données en première année au cas où l'univers est un ensemble infini.

Probabilité d'une réunion dénombrable d'événements.

Révision et extension à ce nouveau cadre des résultats de première année sur les probabilités et sur les probabilités conditionnelles.

#### b) Variables aléatoires

Définition d'une variable aléatoire sur un univers quelconque (l'image réciproque d'un intervalle doit avoir une probabilité).

Fonction de répartition.

Propriétés d'une fonction de répartition.

### II. VARIABLES ALÉATOIRES DISCRÈTES

#### a) Définitions

On étendra la définition vue en première année au cas où l'ensemble des valeurs prises est contenu dans l'ensemble des entiers relatifs.

Loi de probabilité d'une variable aléatoire discrète.

Fonction de répartition.

Détermination de la loi de la variable aléatoire à partir de la fonction de répartition.

On pourra signaler les problèmes qui peuvent survenir pour la définition de la probabilité d'une partie quelconque de l'univers mais la notion de tribu et les résultats sur la probabilité d'une réunion ( respectivement une intersection ) croissante ( respectivement décroissante ) d'événements sont hors programme.

Aucun développement théorique n'est au programme.

Faire le lien avec la recherche de la probabilité de l'image réciproque d'un intervalle.

Résultats admis.

Diagramme en bâtons.

Représentation graphique.

On fera le lien avec les statistiques descriptives.

*b) Moments*

Espérance mathématique.

Expression de l'espérance de  $\Phi(X)$ , où  $\Phi$  est une fonction numérique et X une variable aléatoire.

Variance et écart-type.

Moments.

Résultat admis.

On fera le lien avec les statistiques descriptives.

**Travaux dirigés**

Présentation des lois classiques : loi certaine,  
 loi uniforme discrète,  
 loi de Bernoulli,  
 loi binomiale,  
 loi hypergéométrique.

Les étudiants devront savoir reconnaître les situations classiques de modélisation pour ces lois.

L'espérance et la variance de ces lois doivent être connues (les démonstrations pour la loi binomiale et la loi hypergéométrique ne sont pas exigibles).

Loi géométrique, modèle, espérance et variance.

Loi de Poisson, espérance et variance.

Exemples variés de lois discrètes.

**III. VARIABLES À DENSITÉ**

Définition : fonctions de répartition et de densité.

On se limitera au cas où la fonction de répartition est continue partout et continûment dérivable sauf éventuellement en un nombre fini de points.

Sur des exemples simples, recherche de la loi de la variable  $Y = f(X)$ , X ayant une densité connue.

Espérance, variance et écart-type.

On fera une analogie avec le cas discret.

Moments.

**Travaux dirigés**

Étude des lois classiques : loi uniforme,  
 loi exponentielle,  
 loi normale ( utilisation de la table de la loi normale centrée réduite ).

L'espérance et le variance de ces lois doivent être connues, l'égalité  $\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx = \sqrt{2\pi}$  doit être connue mais sa justification n'est pas exigible.

Exemples de calculs de probabilités faisant intervenir des variables aléatoires à densité.

#### IV. COUPLES DE VARIABLES ALÉATOIRES

##### *a) Généralités*

Définition.  
Fonction de répartition.

Aucune difficulté théorique ne sera soulevée.

##### *b) Cas des couples discrets*

Notation  $(X, Y)$ .  
Loi conjointe.  
Lois marginales. Lois conditionnelles.

Loi de la somme de deux variables aléatoires à valeurs entières positives.

Espérance de  $u(X, Y)$ .

Résultat admis.

Linéarité de l'espérance.  
Covariance.

Résultat admis.

Variables aléatoires indépendantes.  
Si  $X$  et  $Y$  sont des variables aléatoires indépendantes alors  $f(X)$  et  $g(Y)$  sont des variables aléatoires indépendantes.

Résultat admis.

#### Travaux dirigés

Détermination de la loi des variables  $X$  et  $Y$  à partir de la loi du couple  $(X, Y)$ .

Exemple des variables binomiales et hypergéométriques comme somme de variables de Bernoulli.

Somme de deux variables binomiales indépendantes de même paramètre réel  $p$ , de deux variables de Poisson indépendantes.

Coefficient de corrélation linéaire. Il est compris entre  $-1$  et  $+1$  (admis). Il est indépendant des unités choisies.

## V. THÉORÈMES LIMITES

Approximation d'une loi hypergéométrique par une loi binomiale.

Approximation d'une loi binomiale par une loi de Poisson.

Inégalité de Bienaymé-Tchebychev.

Loi faible des grands nombres.

Application à la loi binomiale.

Théorème de la limite centrée.

Application à la loi binomiale et à la loi de Poisson.

Résultats admis.

La notion générale de convergence en loi n'est pas au programme.

Résultat admis.

Résultat admis.

### Travaux dirigés

On utilisera les résultats précédents pour donner des ordres de grandeurs pour des probabilités issues de problèmes concrets.

## Annexe II

SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES FONDAMENTALES ET APPLIQUÉES

PREMIÈRE ANNÉE

# PROGRAMMES DE SCIENCES PHYSIQUES ET CHIMIQUES FONDAMENTALES ET APPLIQUÉES DE LA CLASSE TECHNOLOGIE -BIOLOGIE

L'enseignement de sciences physiques et chimiques sera dispensé en partie pendant le cours et en partie pendant les activités pratiques et technologiques constituées, soit de séquences de manipulations classiques, soit de séquences pendant lesquelles on alternera l'expérimentation et l'étude de notions théoriques (TP - Cours). Les exercices d'applications sont inclus dans les activités pratiques et technologiques.

Chaque fois que cela est possible, on présentera les applications industrielles ou pratiques des notions abordées. On s'attachera à montrer le lien entre les sciences physiques et chimiques et les autres disciplines scientifiques.

## Programme de Physique

### A - Mécanique

#### 1) Cinématique

|  |   |
|--|---|
| 1. Référentiel, repère, base de projection.                | Tout calcul de cinématique en coordonnées sphériques est hors programme, ainsi que l'utilisation du trièdre de Frénet.<br>Les démonstrations des expressions de la vitesse et de l'accélération en coordonnées cylindriques sont exigibles. |
| 2. Loi de composition des vitesses.                        | On envisagera uniquement les translations rectiligne et circulaire.   |
| 3. Référentiels galiléens. 1 <sup>ère</sup> loi de Newton. | La loi de composition des accélérations est hors-programme. On pourra montrer que l'accélération est la même dans deux référentiels en translation rectiligne uniforme l'un par rapport à l'autre.  |

#### 2) Mécanique du point matériel

|   |   |
|---|---|
| Enoncés de la 2ème loi de Newton<br>(ou principe fondamental de la dynamique).                    | On signalera la formulation utilisant la quantité de mouvement.   |
| Exemples de forces<br>Principe des actions réciproques<br>(ou 3 <sup>ème</sup> loi de Newton).    | Force de gravitation et de Coulomb, action exercée par un ressort, force de frottement fluide proportionnelle à la vitesse, force de liaison sans frottement.<br>Champ électrostatique.<br>Toute autre loi de force devra être fournie au candidat. |
| Notion de moment d'une force.   | On évitera l'utilisation du produit vectoriel en utilisant la notion de bras de levier.   |
| Applications de la 2ème loi de Newton.  | Toute étude en référentiel non galiléen est exclue.<br>Cas où la force est connue et où on cherche la trajectoire.<br>Cas où la trajectoire est connue et où on obtient les forces de liaison.  |
| Energie d'un point matériel.  |   |
| Théorème de l'énergie cinétique.<br>Puissance, travail d'une force appliquée à un point matériel. | On calculera, dans un ou deux exemples simples, le travail d'une force de frottement.   |
| Energie potentielle.<br>Energie mécanique.  | Cas de la pesanteur uniforme, ressort, force d'interaction gravitationnelle, force de Coulomb.<br>Généralisation.   |

## B - Mécanique des fluides

### Statique des fluides

|   |   |
|---|---|
| Milieux continus.<br>Particule de fluide ; définition .<br>Force pressante.                       | On étudiera en particulier le cas des corps flottants en application.   |
| Théorème d'Archimède.   |   |
| Equation de la statique des fluides.<br>Cas des fluides incompressibles.<br>Atmosphère isotherme. |   |
| Mesure de pression.<br>Baromètre, manomètre.<br>Pression différentielle.                          | On signalera les quelques unités pratiques, hors système international, encore usitées, sans les employer dans les applications. Les définitions ne sont pas exigibles. |
| Résultante des forces pressantes appliquées sur une surface.                                      | La détermination du point d'application est hors programme.<br>Les considérations de symétrie guident le découpage qui permet d'achever le calcul dans les cas simples. |

## C - Thermodynamique

Le programme de première année se limite à l'étude macroscopique de systèmes fermés de composition fixée. Le seul mélange explicitement étudié est le mélange idéal de gaz parfaits.

L'étude des systèmes est fondée sur le concept de fonction d'état. Lorsque le système étudié ne relève ni du modèle du gaz parfait, ni de celui d'une phase condensée incompressible et indilatable, les expressions des équations d'état et des fonctions d'état devront être fournies

Les coefficients calorimétriques autres que  $C_p$  et  $C_v$  sont hors programme. La relation de Mayer ne sera envisagée que dans le cas du gaz parfait.

Le professeur a la possibilité de s'appuyer, de façon purement qualitative, sur des notions microscopiques statistiques (pression et température cinétique, interprétation statistique de l'entropie) pour améliorer la description des propriétés macroscopiques et en faciliter la compréhension. Il signalera l'influence du facteur exponentiel de Boltzmann, mais aucune autre notion quantitative d'origine microscopique n'est exigible : par exemple les rapports  $\gamma = C_p/C_v$  des gaz devront être donnés par les énoncés.

## 1) Les états de la matière

|   |  |
|---|--|
| 1. Introduction à la thermodynamique.   |  |
| Niveaux d'observation de la matière :<br>microscopique, mésoscopique, macroscopique.  | Le niveau microscopique est envisagé seulement qualitativement.  |
| 2. Description d'un système.<br>Système ouvert, système fermé.<br>Homogénéité, phases.<br>Variables d'état, grandeurs intensives,<br>grandeurs extensives,<br>Fonction d'état, équation d'état. | En première année, on utilisera uniquement des systèmes fermés.<br>On donnera pour des exemples très simples le nombre de variables nécessaires pour décrire un système ; en particulier il suffit de deux variables pour décrire un système fermé monophasé homogène de composition fixée au repos. Un tel système est dit divariant. |
| Température absolue et Celsius.<br>Système en équilibre macroscopique global.   | La température sera définie à partir de l'équilibre thermique. On mentionnera quelques thermomètres usuels sans aucun développement quantitatif.   |
| 3. Modèle macroscopique du gaz parfait.   |  |
| a. Equation d'état.   | On présentera très brièvement l'allure des isothermes de gaz réels en coordonnées d'Amagat. Le gaz parfait sera défini comme limite du gaz réel et l'on en déduira son équation d'état.<br>Les mélanges de gaz sont traités en vue du cours de chimie.   |
| b. Mélange idéal de gaz parfaits ;<br>pression partielle.   |  |
| 4. Fluides réels et phases condensées.  | On se contentera d'une brève présentation qui permettra d'introduire les coefficients $\alpha$ et $\chi$ .   |
| Fluides réels : équation d'état $f(P, V, T)=0$ .  | On présentera un exemple d'équation d'état (celle de Van der Waals ou une autre) en montrant les liens entre les termes correctifs et la nature (attractive ou répulsive) des interactions. La mémorisation de la formule n'est pas exigible.  |
| Phases condensées.  | Les phases condensées seront étudiées dans le cadre du modèle incompressible et indilatable. Quelques calculs d'ordre de grandeur permettront d'en discuter les hypothèses.<br>On signalera que dans les conditions de pression régnant dans les planètes un solide est significativement compressible.                                |
| 5. Etats d'un corps pur.  |  |
| Diagramme d'état en coordonnées (P,T).<br>Point critique, point triple.<br>Diagramme d'état en coordonnées (P,V).   | Sont exclues :<br>-toute étude au voisinage du point critique,<br>-les propriétés du fluide supercritique.   |

## 2) Evolutions d'un système fermé

|                |  |
|----------------|--|
| 1. Définitions |  |
|----------------|--|

|   |   |
|---|---|
| Transformations élémentaires, transformations finies, chemins, cycles.                                  |   |
| 2. Echanges énergétiques  | On réservera la notation $d$ pour les grandeurs qui sont des différentielles exactes et $\delta$ pour les autres quantités élémentaires.<br>Les notations $\Delta W$ et $\Delta Q$ sont proscrites.   |
| a. Travail des forces de pression (ou transfert mécanique).   | La puissance mécanique sera utilisée. Les puissances pourront être notées :   |
| Transformations isobares, monobares et isochores.   | $\dot{W}$ et $\dot{Q}$ .<br>On calculera $W_{\text{pression}}$ pour quelques transformations classiques du gaz parfait.   |
| b. Transfert thermique, adiabaticité, sources de chaleur.<br>Transformations isothermes et monothermes. | Pour préciser certaines caractéristiques des transferts thermiques (durée, sens du transfert) on introduira, sans citer la loi de Fourier, la notion de résistance thermique. On signalera que ce concept n'est valable qu'en régime permanent. La puissance thermique sera introduite. |

### 3) Bilan d'énergie

|  |  |
|--|--|
| 1. Premier principe.<br>Principe d'équivalence ou de conservation.<br>Energie totale, énergie interne. | .<br>La convention algébrique utilisée pour les transferts d'énergie : énergie algébriquement reçue par le système, sera clairement indiquée.<br>Un objectif majeur est d'apprendre aux étudiants à évaluer le transfert thermique lors d'une évolution non adiabatique en utilisant le premier principe.<br>On signalera l'énoncé du premier principe dans le cas général faisant intervenir l'énergie cinétique macroscopique et des travaux autres que ceux des forces pressantes. (On n'évoquera pas la difficulté qu'il peut y avoir à distinguer l'énergie cinétique macroscopique de l'énergie interne.)<br>On décrira l'expérience de Joule-Mayer. |
| 2. Fonction d'état énergie interne $U$ .   |  |

|   |   |
|---|---|
| <p>Capacité thermique à volume constant.</p> <p>Energie interne d'un gaz parfait (première loi de Joule).</p> <p>Energie interne d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable.</p>  | <p>La capacité thermique <math>C_v</math> sera définie comme la dérivée partielle de l'énergie interne par rapport à la température.</p> <p>La première loi de Joule sera admise.</p> <p>L'exemple de l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique permettra de donner une interprétation microscopique de l'énergie interne.</p> <p>Dans le cas des gaz parfaits non monoatomiques, tout développement sur la capacité <math>C_v</math> est hors programme ; on signalera cependant que cette grandeur dépend, en général, de la température.</p> <p>Il s'agit d'utiliser la relation <math>dU=C(T)dT</math> dans le cas où on peut confondre <math>C_p</math> et <math>C_v</math>.</p> |
| <p>3. Fonction d'état enthalpie H</p>   |   |
| <p>Capacité thermique à pression constante.</p> <p>Enthalpie d'un gaz parfait (seconde loi de Joule).</p> <p>Enthalpie d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable.</p> <p>Enthalpie de changement d'état d'un corps pur à pression et température fixées.</p> | <p>La capacité thermique <math>C_p</math> sera définie comme la dérivée partielle de l'enthalpie par rapport à la température.</p> <p>Vue comme conséquence de la première loi de Joule.</p> <p>Il s'agit d'utiliser la relation approchée <math>dU \approx dH=C(T)dT</math> dans le cas où on peut confondre <math>C_p</math> et <math>C_v</math> et si la variation de pression reste modérée.</p> <p>On établira le lien avec l'enthalpie de réaction.</p> <p>On signalera la nécessité d'introduire une variable supplémentaire pour décrire le système.</p>  |

## Programme de Chimie

### A - Atomes et édifices atomiques

#### 1) Classification périodique des éléments

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction des nombres quantiques : n, l, ml, ms. Existence de niveaux d'énergie quantifiés dans l'atome.</li> <li>- Configuration électronique d'un atome ou</li> </ul> | <p>Une étude exhaustive de l'atome d'hydrogène, le modèle de Bohr, la règle de Ritz et le modèle de Slater sont hors programme.</p> <p>L'équation de Schrödinger n'est pas au programme.</p> |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
| <p>d'un ion à l'état fondamental : principe d'exclusion de Pauli, règle de Klechkowsky, règle de Hund.</p> <p>- Construction de la classification périodique ; structure en « blocs ».</p> | <p>On signalera les analogies dans les groupes (colonnes) et les évolutions entre les groupes (lignes).</p> <p>On signalera l'importance des métaux de transition en biologie et en sciences de la Terre.</p> <p>On définira l'énergie d'ionisation, l'affinité électronique et l'électronégativité (au sens de Pauling uniquement).</p> |
|--|--|

## **2) Structure électronique des molécules**

|   |  |
|---|--|
| <p>- Liaison covalente localisée : représentation de Lewis pour des molécules simples, règle de l'octet et ses limites (existence de lacune électronique et de composés hypervalents).</p> <p>- Liaison covalente délocalisée : mésomérie et résonance.</p> <p>- Préviation de la géométrie par la méthode de Répulsion des Paires Electroniques de la Couche de Valence (VSEPR).</p> | <p>On définira la longueur de liaison, l'énergie de liaison et le moment dipolaire.</p> <p>Cette notion sera présentée comme une réponse logique à l'insuffisance des schémas de Lewis dans certaines situations. On utilisera des exemples simples : ozone, dioxyde de soufre...</p> <p>On précisera les doublets non-liants, lacunes et électrons libres pour les molécules étudiées ; on montrera que ces caractères peuvent être présents dans des espèces de charges variées.</p> <p>La mésomérie sera développée en chimie organique au fur et à mesure des besoins.</p> <p>Les effets inductifs seront présentés en cinétique chimique lors de l'étude de la stabilité des intermédiaires réactionnels.</p> |
|---|--|

## **3) Existence de forces intermoléculaires**

|   |   |
|---|---|
| <p>- Forces de Van der Waals.</p> <p>- Liaison hydrogène inter et intramoléculaire.</p> | <p>L'étude de ces forces est exclusivement descriptive. On fournira un ordre de grandeur des énergies mises en jeu et on soulignera les conséquences sur les propriétés physiques.</p> <p>Des exemples simples pourront être proposés parmi les systèmes moléculaires organisés, les acides nucléiques et les protéines en liaison avec</p> |
|---|---|

|  |                             |
|--|-----------------------------|
|  | le cours de biotechnologie. |
|--|-----------------------------|

## B - Cinétique chimique

Il s'agit d'une présentation générale. On se limitera à une définition de la vitesse en réacteur fermé, les réacteurs ouverts étant absolument hors programme. Les séances de travaux pratiques permettront de souligner le caractère expérimental de la cinétique chimique. On utilisera des méthodes colorimétriques, conductimétriques, pHmétriques, spectrophotométriques pour suivre l'évolution d'une concentration ou d'une grandeur physique au fil du temps.

### 1) Vitesse de réaction globale en système fermé

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avancement d'une transformation représentée par une équation stœchiométrique unique.</li> <li>- Notion de vitesse de réaction globale.</li> <li>- Facteurs de la cinétique (concentration, température, pression, catalyse).</li> <li>- Notion expérimentale d'ordre : exemple de réaction avec ordre et de réaction sans ordre.</li> <li>- Dégénérescence de l'ordre.</li> <br/> <li>- Loi d'Arrhénius. Energie d'activation.</li> </ul> | <p>Les résolutions mathématiques des équations différentielles seront réalisées pour les ordres 0, 1 et 2.</p> <p>On définira le temps de demi-réaction vis à vis d'un réactif limitant dans le cas de réactions simples d'ordre 0, 1 et 2.</p> <p>La cinétique formelle des réactions inverses, parallèles et consécutives est hors programme.</p> |
|--|---|

### 2) Notion de mécanisme

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Décomposition d'une réaction globale en actes élémentaires.</li> <li>- Moléclarité de l'acte élémentaire.</li> <li>- Intermédiaires réactionnels : radicaux, ions positifs et négatifs.</li> <li>- Etape déterminant la vitesse.</li> </ul> | <p>On illustrera ces notions à l'aide d'exemples de réactions par stade ou de réactions en chaîne. On présentera l'halogénéation des alcanes.</p> <p>Les effets inductifs seront présentés pour expliquer la stabilité des intermédiaires réactionnels.</p> |
|--|---|

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Approximation de l'état quasi-stationnaire.</li> <li>- Notion de chemin réactionnel ; postulat de Hammond.</li> <li>- Notion de contrôle cinétique et thermodynamique.</li> </ul> | <p>Toute étude de la théorie des collisions est hors programme. On présentera le diagramme : énergie potentielle / coordonnée de réaction.</p> <p>Aucune question de cours ne pourra être posée sur ces notions.</p> |
|--|--|

### **3) Catalyse**

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractères généraux de l'action catalytique.</li> <li>- Exemples de catalyse homogène et hétérogène.</li> </ul> | <p>On ne développera pas l'aspect quantitatif du phénomène.</p> <p>On se limitera à citer un exemple de catalyse acido-basique, d'oxydoréduction et d'autocatalyse. D'autres exemples seront signalés à l'occasion de l'étude de la chimie organique. La catalyse enzymatique sera évoquée en concertation avec les autres disciplines.</p> |
|--|---|

## **C - Thermodynamique chimique**

### **1) Description d'un système fermé en réaction chimique**

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Etat standard d'un constituant pur : gaz parfait et état condensé ; grandeur molaire standard.</li> <li>- Activité d'un constituant dans un mélange.</li> </ul> | <p>On se limitera aux cas d'un mélange idéal de constituants gazeux, liquides et solides.</p> |
|--|---|

### **2) Application du premier principe de la thermodynamique à la chimie**

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energie interne standard de réaction.</li> <li>- Enthalpie de réaction, définition d'une réaction endothermique et exothermique. Variation de <math>\Delta_r H^\circ</math> avec la température en l'absence de changement d'état. Discontinuité de <math>\Delta_r H^\circ</math> lors d'un changement d'état.</li> </ul> | <p>On se limitera à des systèmes idéaux pour lesquels l'enthalpie de réaction s'identifie à l'enthalpie standard de réaction.</p> <p>La température de flamme est hors programme.</p> <p>On signalera que sur un intervalle de température restreint et en l'absence de changement d'état, on peut négliger la variation de <math>\Delta_r H^\circ</math> avec la température (approximation d'Ellingham).</p> |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Enthalpie molaire standard de formation <math>\Delta_f H^\circ</math> d'un corps pur. Loi de Hess.</li> <li>- Energie de liaison.</li> </ul> | <p>L'énergie de la liaison sera assimilée à une enthalpie de réaction.<br/>L'énergie réticulaire et le cycle de Born-Haber sont hors programme.</p> |
|---|---|

### 3) Etude de quelques équilibres chimiques homogènes et hétérogènes

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Constante thermodynamique d'équilibre. Influence de la température sur <math>K^\circ</math>, loi de Van't Hoff.</li> <li>- Quotient de réaction <math>Q_r</math> et calcul de sa valeur pour un état quelconque. Composition d'un système à l'équilibre chimique.</li> <li>- Détermination du sens de l'évolution pour une transformation spontanée, à pression et température constantes, par la comparaison de <math>K^\circ</math> et <math>Q_r</math>.</li> </ul> | <p>Ces expressions seront démontrées en 2<sup>ème</sup> année. On illustrera la manipulation de <math>Q_r</math> et <math>K^\circ</math> à l'aide d'exemples simples, limités à une seule transformation chimique.</p> |
|--|--|

## **D - Solutions aqueuses**

En première année, on n'étudiera que les équilibres acido-basiques. Les calculs effectués dans le cours seront précédés d'une analyse physico-chimique et porteront sur quelques exemples simples sans procéder à une étude exhaustive de tous les cas.

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couples acido-basiques en solution aqueuse.</li> <li>- Diagrammes de prédominance. Propriétés des solutions équivalentes.</li> <li>- Détermination du pH d'une solution par la méthode de la réaction prépondérante.</li> </ul> | <p>On utilisera la formulation de Brönsted.<br/>Les calculs de pH se limiteront à établir le pH, dans le domaine de concentration où l'autoprotolyse du solvant n'intervient pas, de systèmes tels que le pH d'un acide faible, d'une base faible ou d'une espèce amphotère en solution.<br/>On étudiera des cas simples et réalistes où existe une réaction nettement prépondérante.<br/>Parmi les exemples de couples acido-basiques, on traitera les acides <math>\alpha</math>-aminés ; on définira en particulier le pH isoélectrique, on ne traitera pas le cas des acides <math>\alpha</math>-aminés ayant plus de deux <math>pK_a</math> .<br/>L'utilisation des formules démontrées devra s'accompagner de la vérification des hypothèses limitant leur application.<br/>La simulation numérique pourra être utilisée à titre</p> |
|--|--|

|  |   |
|--|---|
| <p>- Analyse de courbes de dosage, effet tampon.</p> | <p>d'outil.<br/>La description des électrodes manipulées lors des dosages se fera en travaux pratiques en concertation avec la biotechnologie pour certaines d'entre elles ; les phénomènes de membrane et ceux intervenant dans le fonctionnement de l'électrode de verre ne seront pas décrits.<br/>Le pouvoir tampon pourra être défini mais ne fera pas l'objet de calculs.</p> |
|--|---|

## E- Chimie organique

On utilisera la nomenclature officielle définie par l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (UICPA). L'étude de chaque fonction sera fondée sur les résultats et les observations expérimentaux. Les réactions et les mécanismes mentionnés dans le programme sont les seuls exigibles. L'étude spécifique des préparations (sauf indication particulière) et des propriétés physiques est hors programme.

### 1) Méthodes spectroscopiques d'analyse en chimie organique

|   |  |
|---|--|
| <p>- <u>Spectroscopie IR</u> : utilisation des spectres IR pour le contrôle de la formule.</p> <p>- <u>Spectroscopie UV - visible</u> : tracé de spectres, application au dosage de composés.<br/>Loi de Beer - Lambert.</p> <p>- <u>Spectroscopie de RMN</u> : détermination des structures par spectroscopie RMN du proton. Déplacement chimique, couplage du premier ordre, intégration.</p> | <p>On se limitera à la lecture des spectres. Les méthodes spectroscopiques d'analyse seront utilisées comme des outils, renforçant une démarche déductive pour la compréhension d'une séquence réactionnelle. Ce paragraphe ne pourra en aucun cas faire l'objet d'une question de cours, à l'écrit comme à l'oral.</p> <p>On signalera la position des bandes caractéristiques de vibration de la fonction carbonyle et de la fonction alcool. Aucune valeur numérique de nombre d'onde ne peut être exigée. La loi de HOOKE est hors programme.</p> <p>Le principe de la RMN est hors programme. Des tables de valeurs numériques devront être obligatoirement fournies au candidat : aucune valeur caractéristique de déplacement chimique ou de couplage ne peut être exigée.<br/>Toute notion de diastéréotopie est hors programme.</p> |
|---|--|

## 2) Stereochimie des molécules organiques

|   |  |
|---|--|
| <p>- Représentation perspective et projection de Cram, Newman et Fischer.</p> <p>- Règles élémentaires de la nomenclature en chimie organique.</p> <p>- Conformation.</p> <p>- Stéréoisomérisation de configuration : Z et E, R et S, nomenclature D et L pour les sucres et les acides <math>\alpha</math>-aminés.<br/>         Chiralité, énantiomérisation, diastéréoisomérisation.<br/>         L'activité optique : la loi de Biot.</p> <p>- Structures cycliques du glucose, anomérisation, mutarotation.</p> | <p>L'écriture topologique des molécules sera également présentée.</p> <p>On se limitera aux séries aliphatiques et monocycliques et aux fonctions citées dans le programme.<br/>         La nomenclature des hétérocycles est hors programme. Aucune question de cours ne pourra être posée à ce propos.<br/>         Conformation de l'éthane et du butane.<br/>         Dans le cas du cyclohexane, on définira les termes suivants :<br/>         Substituant axial, équatorial (notion d'isomérisation cis-trans)<br/>         Interconversion chaise-chaise.<br/>         Les autres conformations sont exclues.</p> <p>La nomenclature érythro-thréo est hors programme. On soulignera la réduction du nombre de stéréoisomères dans le cas de composés symétriques. La séparation des énantiomères est hors programme.</p> <p>Représentation en perspective, formules de Haworth.</p> |
|---|--|

## 3) Les alcènes

|   |   |
|---|---|
| <p>- Addition électrophile ; mécanismes.</p> <p>- Addition radicalaire de HBr ; mécanisme. Effet Kharash.</p> <p>- Equation bilan de l'hydrogénation catalytique.</p> <p>- Coupure oxydante : ozonolyse et action du permanganate de potassium concentré.</p> | <p>Interprétation des données cinétiques et de la régiosélectivité de la réaction d'addition électrophile par les effets électroniques (inductifs et mésomères) d'un substituant.<br/>         Stéréosélectivité de l'halogénéation.<br/>         Régiosélectivité de l'hydrohalogénéation et de l'hydratation.<br/>         Les notions syn et anti seront présentées.<br/>         L'hydroboration est hors programme.</p> <p>Le mécanisme de l'ozonolyse est hors programme.</p> |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
|  |  |
|--|--|

**4) Benzène et dérivés monosubstitués :**

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substitution électrophile aromatique : mécanisme général, alkylation, acylation, nitration et halogénéation.</li> <br/> <li>- Orientation de la substitution électrophile sur le benzène monosubstitué.</li> </ul> | <p>La réaction de sulfonation est hors programme.</p><br><p>On utilisera à cette occasion les effets inductif et mésomère d'un substituant et leurs conséquences sur la cinétique et la régiosélectivité de la substitution (règles de Hollemann).</p> |
|---|--|

**5) Les dérivés monohalogénés des alcanes**

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Substitution nucléophile : cas limites des mécanismes SN1 et SN2.</li> <br/> <li>- Réactions d'élimination : cas limites des mécanismes E1 et E2</li> </ul> | <p>Dans les deux cas, les aspects stéréochimiques seront discutés. Le rôle du solvant est hors programme.</p> <p>La règle de Zaitsev ne sera pas justifiée.</p> |
|--|---|

**6) Les organomagnésiens mixtes :**

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Préparation des organomagnésiens mixtes. Conditions expérimentales.</li> <br/> <li>- Nucléophilie et basicité des organomagnésiens mixtes.</li> <br/> <li>- Addition sur la fonction carbonyle (aldéhydes, cétones, esters, chlorures d'acyles, anhydrides d'acides) et sur le dioxyde de carbone (en excès), mécanismes.</li> </ul> | <p>Seule la forme R-MgX sera présentée. On se limitera à l'éthoxyéthane et au tétrahydrofurane comme solvant.</p><br><p>On signalera la réaction de substitution des dérivés halogénés et ses conséquences sur la préparation.</p><br><p>Toutes les réactions avec les halogènes ou le dioxygène sont hors programme.</p> |
|---|---|

## 7) Les alcools :

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Acido-basicité des alcools<br/>Influence du noyau benzénique sur les propriétés acido-basiques du groupement hydroxy : on comparera l'ionisation des alcools et du phénol.</li><li>- Protection de la fonction alcool par la synthèse de Williamson.</li><li>- Passage d'un alcool à un dérivé halogéné :<ul style="list-style-type: none"><li>- par action d'un hydracide (mécanisme)</li><li>- par action de <math>\text{PCl}_3</math>, <math>\text{PBr}_3</math> et <math>\text{SOCl}_2</math>.</li></ul></li><li>- Déshydratation intramoléculaire d'un alcool en milieu acide : passage à un alcène.</li><li>- Réaction des acides carboxyliques avec les alcools, mécanisme.</li><li>- Oxydation en dérivés carbonylés ou en acides carboxyliques.</li></ul> | <p>Les caractères acides et basiques des alcools sont cités. Toute interprétation des variations de ces propriétés avec les classes des alcools est exclue.</p> <p>Les mécanismes des réactions mettant en jeu <math>\text{PX}_3</math> et <math>\text{SOCl}_2</math> ne sont pas au programme.</p> <p>On présentera uniquement le mécanisme de déshydratation des alcools tertiaires (E1). La déshydratation intermoléculaire est hors programme.</p> <p>.</p> |
|--|---|

DEUXIÈME ANNÉE

## Programme de Physique

### A - Thermodynamique

En deuxième année, l'utilisation des lois de la thermodynamique, des phénomènes de transport et de la mécanique des fluides donne une vue unifiée, par la réalisation de bilans de masse, d'énergie, sur des systèmes bien choisis. Cette démarche a pour avantage de limiter l'emploi de techniques mathématiques complexes liées à une approche locale, et de favoriser l'analyse et la compréhension d'un phénomène physique pris dans sa globalité.

#### 1) Retour sur le premier principe

|   |  |
|---|--|
| Applications du premier principe                    |  |
| Détente de Joule Gay-Lussac.                        |  |
| Détente de Joule-Thomson.                           | En considérant un système fermé en translation. Le calcul de la variation de température ne pourra être demandé que si la fonction d'état $H(T,P)$ est donnée. |
| Bilans énergétiques lors des transitions de phases. |  |

#### 2) Bilan d'entropie

|   |  |
|---|--|
| 1. Second principe : principe d'évolution.                        |  |
| Fonction d'état entropie $S$ .<br>Entropie créée, entropie reçue. | On indiquera que la variation élémentaire d'entropie $dS$ peut s'écrire : $dS = \delta S_{\text{créée}} + \delta S_{\text{transférée}}$ .  |
| Transformations réversibles et irréversibles.                     | On distinguera la réversibilité mécanique (approximation raisonnable en l'absence de frottements solides) de la réversibilité thermique (impossible à atteindre).                    |
| Transformations monothermes, isothermes, d'un système fermé.      | Une transformation réversible a une durée infinie (condition nécessaire, mais non suffisante de réversibilité)<br>La nullité de l'entropie créée est le critère de la réversibilité. |
| 2. Identité thermodynamique.                                      |  |

|  |   |
|--|---|
| <p>Relation entre <math>U</math>, <math>S</math> et les autres grandeurs extensives.<br/>Identité thermodynamique dans le cas d'un système divariant : <math>dU=TdS-PdV</math>.<br/>Définitions thermodynamiques de la température et de la pression.</p> <p>Représentation enthalpique <math>dH=TdS+VdP</math>.</p> | <p>On insistera sur les conditions restreintes de la validité de cette identité (système fermé homogène de composition fixée) par comparaison avec l'utilisation du premier principe.<br/>Notion de grandeur intensive conjuguée à une grandeur extensive : la température et l'opposée de la pression sont définies comme les dérivées partielles de la fonction <math>U(S,V)</math>. L'identité entre les définitions thermodynamiques et celles utilisées jusque là sera simplement affirmée.<br/>On sensibilisera les étudiants au choix crucial des variables.</p> |
| 3.Applications du second principe.   |   |
| <p>-Entropie d'un gaz parfait.<br/>-Loi de Laplace d'un gaz parfait.</p> <p>-Entropie d'une phase condensée incompressible et indilatable.<br/>-Bilan entropique d'un changement d'état isobare isotherme et réversible d'un corps pur.</p>  | <p>La loi de Laplace, que l'on peut présenter en première année lors de l'étude des gaz parfaits, est reprise dans le cas d'une transformation isentropique.</p>  |
| 4. Machines thermiques.  |   |
| <p>Application du premier et du deuxième principe aux machines thermiques cycliques monothermes et dithermes.<br/>Description de cycles thermodynamiques de fluides.</p>   | <p>On envisagera un cycle avec changements d'état.</p>  |

### 3) Potentiels et fonctions thermodynamiques

|   |  |
|---|--|
| 1 .Potentiels thermodynamiques : énergie libre et enthalpie libre.  | .  |
| <p>Systèmes fermés en régime transitoire :<br/><math>T</math> et <math>P</math> fixés ;<br/><math>T</math> et <math>V</math> fixés.</p> | <p>L'étude d'un système où il interviendrait des variables intensives autres que la pression et la température est exclue.<br/>Les potentiels <math>F^*</math> et <math>G^*</math> ne sont pas au programme.</p> |
| 2. Systèmes divariants : relations entre fonctions d'état.  |  |
| <p>Les quatre expressions de l'identité thermodynamique pour un système fermé monophasé de composition fixée.</p>                       | <p>On envisagera les quatre fonctions : <math>U(V,S)</math>, <math>H(P,S)</math>, <math>F(V,T)</math> et <math>G(P,T)</math> en faisant remarquer les couples de variables conjuguées.</p>                       |

|   |  |
|---|--|
| Relation de Gibbs Helmholtz.<br><br>Enthalpie libre d'un gaz parfait.   | On justifiera la 2 <sup>ème</sup> loi de Joule des gaz parfaits par application de la relation de Gibbs Helmholtz, en partant de l'expression de l'enthalpie libre.  |
| <b>3. Potentiels chimiques</b>  |  |
| a. Définitions du potentiel chimique pour un constituant d'un système homogène ouvert, et d'un système homogène fermé de composition non fixée (siège d'une ou de plusieurs réactions chimiques). | On définira d'abord le potentiel chimique en écrivant l'identité thermodynamique pour un système homogène ouvert à un seul constituant. Le potentiel chimique est la variable conjuguée de la quantité de matière.<br>On définira ensuite les potentiels chimiques d'un système à plusieurs constituants. On fera remarquer l'intérêt qu'il y a à définir les potentiels chimiques comme les dérivées partielles de l'enthalpie libre.<br>Sauf pour l'énoncé de ces définitions, on ne considérera dans le cadre du cours de physique, que des systèmes de composition fixée.<br>Les expressions usuelles du potentiel chimique seront vues en chimie. |
| b. Application au changement d'état d'un corps pur.<br>Condition d'équilibre, condition d'évolution.<br>Enthalpie libre de changement d'état :<br>formule de Clapeyron.                           | On évoquera le phénomène d'allotropie (cette notion ne pourra faire l'objet de question de cours).<br><br>Démonstration et applications ; enthalpie ou « chaleur latente » de transition de phase.   |

#### **4) Théorie élémentaire des phénomènes de transport**

|                           |  |
|---------------------------|--|
| 1. Conduction électrique. | Cas des électrolytes.  |
| 2. Diffusion.             |  |
| 1ère loi de FICK.         | On se limitera à des problèmes unidimensionnels, plan ou cylindrique, et en régime permanent (la concentration ne dépendant alors que d'une seule variable).<br>On exclura tout phénomène de couplage. L'autodiffusion et la diffusion mutuelle sont hors programme.<br>L'interprétation microscopique de ces phénomènes est hors programme. |

|  |   |
|--|---|
| 3. Conduction thermique ; analogie de la première loi de FOURIER avec la première loi de FICK. | Résistance thermique en régime permanent. |
|--|---|

## B - Mécanique des fluides

### 1) Cinématique des fluides

|  |   |
|--|---|
| Rappel de la définition d'une particule de fluide.             |   |
| Description d'un fluide en mouvement et du champ des vitesses. | L'accélération de la particule de fluide n'est pas au programme.<br>Les écoulements à potentiel des vitesses sont hors programme. |
| Définition d'un écoulement permanent, transitoire.             |   |
| Bilan de masse : flux de masse et de volume.                   | L'équation locale de conservation de la masse n'est pas au programme.   |

### 2) Dynamique des fluides

|  |  |
|--|--|
| Energie mécanique (cas d'un fluide incompressible en régime permanent), charge.  | La charge représente la somme des énergies potentielle et cinétique par unité de volume ainsi que de la pression (qui dans le cas d'un écoulement permanent incompressible est assimilable à une énergie par unité de volume). Elle s'exprime en Pa (ou $J.m^{-3}$ ). On indiquera que si le fluide est l'eau, on peut également utiliser la charge hydraulique (en mètre de colonne d'eau). Dans l'expression de l'énergie cinétique, on utilisera simplement la vitesse débitante (même si le profil de vitesse n'est pas uniforme sur une section).<br>Le flux d'énergie mécanique à travers une section fixe (entrée ou sortie d'un système ouvert) est le produit du débit volumique par la charge. |
| Bilan d'énergie mécanique, pour un fluide incompressible en régime permanent, sur un système ouvert à frontière fixe. Relation de Bernoulli. | Ce bilan sera d'abord envisagé dans un cadre général avec échange mécanique (pompe ou turbine) et frottement : Le bilan des flux d'énergie mécanique entre les sections d'entrée et de sortie (débit volumique multiplié par la variation de la charge) est égal à la puissance mécanique apportée au système (pompe) diminuée de la puissance mécanique dissipée en chaleur (frottement).<br>On signalera le cas particulier où la dissipation par frottement est négligeable (hypothèse des fluides parfaits).<br>Si de plus on se limite à des écoulements dus exclusivement aux forces pressantes et à la pesanteur, on obtient la relation de Bernoulli.  |

|  |  |
|--|--|
| Applications :<br>- le tube de Venturi et la mesure des débits,<br>- le tube de Pitot et la mesure des vitesses,<br>- circulation d'un liquide dans une canalisation sous l'effet de la gravité et/ou d'une pompe. | Les expressions des pertes de charge (à l'exception de la loi de Poiseuille) ne sont pas au programme. |
|--|--|

### **3) Viscosité des fluides newtoniens et conséquences**

|   |  |
|---|--|
| 1. Notion de viscosité  |  |
| Présentation expérimentale de la viscosité des fluides.<br>Contraintes visqueuses en cisaillement simple plan.<br>Viscosité dynamique.  | Le professeur illustrera cette notion avec un écoulement de son choix.<br>On mentionnera les viscosités de l'eau et du sang.<br>On signalera, sans développer, quelques exemples de fluides non newtoniens.<br>L'équation de la diffusion de la quantité de mouvement n'est pas au programme.  |
| 2. Nombre de REYNOLDS   |  |
| Description qualitative des différents régimes d'écoulements (laminaire, turbulent).  | On indiquera que le nombre sans dimension de Reynolds permet de prédire (le plus souvent) le régime d'écoulement, notamment dans le cas d'un écoulement en conduite cylindrique de section circulaire.   |
| 3. Loi de POISEUILLE  |  |
| Écoulement permanent établi dans un tube cylindrique de section circulaire.   | On admettra que la relation entre la contrainte visqueuse et le taux de déformation, est directement transposable du cas plan au cas cylindrique.<br>La loi de Poiseuille sera admise sans démonstration. On vérifiera simplement son homogénéité dimensionnelle et on commentera le sens de variation de la perte de charge en fonction des différents paramètres. On indiquera, sans démonstration que le profil des vitesses est parabolique. On insistera sur les conditions de validité et on indiquera que la linéarité entre perte de charge et débit n'est plus vérifiée en écoulement turbulent.<br>On évoquera la perte de charge dans la circulation sanguine artérielle et veineuse. |
| 4. Loi de Stokes  |  |
| Force de résistance exercée sur une particule sphérique rigide en mouvement de translation uniforme dans un fluide.<br>Applications à la sédimentation et aux mesures de viscosité. | La loi de STOKES sera admise sans démonstration. On insistera sur les conditions de sa validité (écoulement rampant, sphère placée loin de toutes parois) et on indiquera, en particulier, que la linéarité entre force de frottement et vitesse n'est plus vérifiée pour les grands nombres de REYNOLDS.  |

## Programme de Chimie

### A – Thermodynamique chimique

Cet enseignement s'inscrit dans la continuité du programme de thermodynamique physique. Son objectif est de proposer une application des lois de la thermodynamique aux transformations chimiques. La charnière se situe au niveau du potentiel chimique dont la définition est donnée dans le cours de physique et dont les expressions dans le cas des mélanges idéaux sont proposées en chimie.

De nombreuses applications de ce chapitre pourront être données dans le cadre des réactions en solution aqueuse et notamment en oxydoréduction.

#### 1) Potentiel chimique

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Potentiel chimique du gaz parfait.</li> <li>Potentiel chimique d'un gaz parfait appartenant à un mélange idéal de gaz parfaits.</li> <li>- Potentiel chimique d'un constituant pur en phase condensée.</li> <li>- Potentiel chimique d'un constituant dans un mélange idéal liquide ou solide. Généralisation au cas des solutions diluées.</li> </ul> | <p>On établira l'expression du potentiel chimique du gaz parfait. Les autres expressions seront admises sans démonstration.</p> <p>Les coefficients d'activités ainsi que l'étude des écarts à l'idéalité, sont hors programme.</p> |
|---|---|

#### 2) Grandeurs de réaction

|   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Évolution de l'enthalpie libre d'un système fermé, siège d'une réaction chimique à pression et température constantes.</li> <li>- Enthalpie libre de réaction, entropie de réaction et enthalpie de réaction.</li> <li>- Grandeurs standard de réaction :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- enthalpie libre standard de réaction,</li> <li>- entropie standard de réaction.</li> </ul> </li> <li>Relation entre ces fonctions.</li> <li>- Enthalpie libre standard de formation.</li> <li>- Entropie molaire standard <math>S^{\circ m}</math></li> <li>- Variation de <math>\Delta_r S^{\circ}</math> et <math>\Delta_r G^{\circ}</math> avec la température.</li> </ul> | <p>On donnera sans démonstration la relation d'EULER appliquée à la fonction enthalpie libre. La relation de GIBBS-DUHEM est hors programme. Lors d'une réaction chimique, les variations élémentaires des différentes quantités de matière s'exprimant toutes en fonction de <math>d\xi</math>, on soulignera l'intérêt de l'avancement <math>\xi</math>.</p> <p>On justifiera l'approximation réalisée en première année, identifiant l'enthalpie de réaction à l'enthalpie standard de réaction.</p> |
|---|---|

### 3) Evolution d'un système et équilibres chimiques

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Affinité chimique d'un système : définition, sens d'évolution possible d'un système et condition d'équilibre.<br/>Expression de l'affinité chimique en fonction de <math>Q_r</math> et <math>K^\circ</math>.</li> <br/> <li>- Variation de la constante d'équilibre avec la température : démonstration de la relation de VAN'T HOFF.</li> <br/> <li>- Variance, facteurs d'équilibre (P, T, xi).</li> <br/> <li>- Enoncé des lois de déplacement des équilibres chimiques : influence de la température (Loi de Van't Hoff), de la pression (loi de Le Châtelier), de l'introduction d'un constituant actif et inactif.</li> </ul> | <p>Relation <math>A = A^\circ - RT \ln Q_r</math></p> <p>Dans la continuité du programme de première année, on justifiera la comparaison de <math>Q_r</math> et <math>K^\circ</math> dans le cas d'une transformation à <math>T</math> et <math>P</math> constantes.</p> <p>La démonstration de la règle des phases de Gibbs est hors programme. Le calcul de la variance, appliqué à des exemples variés, doit être l'occasion de rechercher le nombre de paramètres intensifs, facteurs de l'équilibre et le nombre de relations qui les lie.</p> <p>Les démonstrations des lois de déplacement d'équilibre sont limitées à l'influence de <math>T</math> et <math>P</math> pour les systèmes fermés. L'étude de l'introduction d'un constituant actif ou inactif sera faite sans pour autant avoir recours à l'expression de l'affinité chimique hors équilibre.</p> |
|--|---|

## **B - Solutions aqueuses**

### 1) complexation :

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couple donneur - accepteur de ligand.</li> <li>- Constante de formation et de dissociation des complexes.</li> <li>- Complexes successifs avec un même ligand.</li> <li>- Domaines de prédominance du complexe et de l'ion libre en fonction de pL.</li> <li>- Complexation compétitive.</li> </ul> | <p>La géométrie des complexes est hors programme.</p> |
|--|---|

**2) Précipitation des composés ioniques**

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produit de solubilité et solubilité.</li> <li>- Condition de précipitation par la comparaison de <math>Q_s</math> et <math>K_s</math>.</li> <li>- Facteurs de solubilité : effet d'ion commun, pH et complexation.</li> </ul> | <p>Dans le cas d'une réaction de dissolution d'un précipité, le quotient de réaction pourra être noté <math>Q_s</math>.</p> |
|--|---|

**3) Transfert d'électrons en solution aqueuse :**

|   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Couples oxydant/réducteur</li> <li>- Potentiel d'électrode, formule de NERNST.</li> <li>- Réaction d'oxydoréduction : affinité chimique, constante thermodynamique d'équilibre, prévision du sens d'évolution spontané.</li> <li>- Influence de la précipitation et de la complexation.</li> <li>- Influence du pH.</li> <li>Potentiel apparent d'oxydoréduction.</li> <br/> <li>- Applications : <ul style="list-style-type: none"> <li>- courbes de titrage redox</li> <li>- lecture de diagrammes potentiel-pH</li> </ul> </li> </ul> | <p>On introduira les nombres d'oxydation selon les besoins.</p> <p>On admettra la formule de NERNST sans démonstration.</p> $A = nFE$ <p>La démonstration de cette relation n'est pas exigible. On signalera les limites d'une interprétation établie à partir de la seule comparaison des potentiels standard d'oxydoréduction.</p> <p>On présentera le couple : <math>\text{NAD}^+/\text{NADH}</math>.</p> <p>On signalera l'intérêt de la convention utilisée en énergétique biochimique : <math>\Delta_r G^{\circ'}</math> à pH = 7.</p> <p>La construction complète d'un diagramme potentiel-pH est hors programme. Les diagrammes potentiel-pH seront utilisés pour la prédiction des réactions thermodynamiquement favorisées.</p> <p>À propos de la stabilité des solutions aqueuses des couples étudiés, on se bornera à signaler que la thermodynamique, seule prise en compte par la formule de NERNST, ne peut interpréter des phénomènes conditionnés par la cinétique.</p> |
|---|--|

**C – Chimie organique****1) Les amines :**

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Basicité des amines.</li> <li>Influence du noyau benzénique sur les propriétés acido-basiques du groupement amino : on comparera l'ionisation des alkylamines et de l'aniline.</li> <li>- Nucléophilie des amines : alkylation, mécanisme.</li> <li>- Action de l'acide nitreux sur les amines primaires et sur l'aniline.</li> </ul> | <p>L'étude comparative de la basicité des amines est hors programme.</p> <p>L'élimination d'HOFMANN est strictement hors programme.</p> |
|--|---|

## 2) Les aldéhydes et les cétones :

Toute étude comparative des aldéhydes et des cétones est hors programme, toutefois, on signalera le caractère réducteur des aldéhydes.

On illustrera certaines réactions à partir d'exemples issus de la chimie des sucres. L'objectif est de proposer des outils permettant de comprendre une partie de la réactivité des sucres et leurs intérêts en biologie.

|  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Addition nucléophile.</li> <li>Acétalisation en milieu acide, mécanisme.</li> <li>Cyclisation du glucose, mutarotation.</li> <li>Hydrolyse du saccharose.</li> <li>Additions de <math>\text{NaBH}_4</math> et <math>\text{LiAlH}_4</math>, d'organomagnésiens mixtes <math>\text{RMgX}</math>, de <math>\text{HCN}</math>.</li> <li>Identification de la fonction carbonyle : test à la 2,4-DNPH (mécanisme hors programme).</li> </ul> | <p>La notion de protection d'un groupe fonctionnel sera abordée à propos de l'acétalisation.</p> <p>La formation de polysaccharides est hors programme.</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Notion de tautomérie.</li> </ul>  | <p>On signalera l'équilibre possible d'isomérisation entre le glucose et le fructose.</p>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaction en <math>\alpha</math> du groupe carbonyle : obtention d'un carbanion en <math>\alpha</math> d'un groupe électro-attracteur, ion énolate.</li> <li>Aldolisation et cétolisation en milieu basique, crotonisation, mécanismes.</li> </ul>   | <p>On signalera l'utilisation possible des amidures.</p> <p>On n'abordera pas le problème de la O-alkylation.</p> <p>On signalera le mécanisme d'élimination par carbanion (<math>\text{E1}_{\text{CB}}</math>).</p>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equation-bilan de l'oxydation des aldéhydes.</li> </ul>   | <p>La réaction de Cannizzarro est hors programme. La dégradation des sucres par oxydation forte et coupure du squelette carboné est hors programme.</p> <p>On citera les tests caractéristiques des aldéhydes (Fehling, Tollens) ainsi que le test iodoforme (mécanisme hors programme).</p> |

## 3) Les acides carboxyliques et dérivés :

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Activation de la fonction acide (chlorure d'acyle, anhydride d'acide), application à la synthèse des esters et des amides, mécanismes.</li> </ul> | <p>Préparation du chlorure d'acyle par action du chlorure de thionyle sur l'acide correspondant.</p> <p>Préparation de l'anhydride par action du carboxylate sur le chlorure d'acyle.</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Saponification des esters.</li> </ul>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hydrolyse des nitriles et des amides en milieu acide.</li> </ul>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduction des acides carboxyliques et des esters par le tétrahydroaluminate de lithium.</li> </ul>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthèse malonique : alkylation des diesters maloniques, hydrolyse puis décarboxylation.</li> </ul>   | <p>Le mécanisme de décarboxylation est hors programme.</p>  |

## TRAVAUX PRATIQUES et TP - COURS

En physique comme en chimie, l'enseignement à caractère expérimental est développé autour de deux approches complémentaires : les séances de travaux pratiques et les séances de travaux pratiques - cours.

**Le programme de travaux pratiques et de TP – Cours regroupe les thèmes des deux années de préparation.**

L'introduction des TP - cours est destinée à favoriser l'assimilation de concepts nouveaux par une amélioration de la démarche pédagogique. En effectifs réduits, l'enseignant et les élèves réalisent des expériences dont le contenu permet une appropriation immédiate de concepts de cours introduits pendant la séance. Cet enseignement pourra être soit à caractère purement expérimental soit complété par une analyse de données numériques à l'aide de tableurs ou de logiciels dédiés

Pour ces activités de natures expérimentales l'initiative de la démarche est laissée à l'étudiant, néanmoins guidé par un protocole détaillé. Aucun principe de fonctionnement d'appareil de mesure n'est à connaître (viscosimètre, pH-mètre, conductimètre, spectrophotomètre...).

Le professeur insistera sur les règles de sécurité à mettre en œuvre et invitera les étudiants à consulter en chimie les fiches toxicologiques relatives aux produits utilisés lors des séances de travaux pratiques. Les élèves devront être sensibilisés aux pictogrammes rencontrés.

Les étudiants devront savoir manipuler l'ensemble des instruments cités dans la colonne matériel. Une notice simplifiée indiquant les principales fonctions et réglages sera fournie à l'étudiant qui devra se l'approprier pour mettre en œuvre les manipulations proposées.

Le choix des thèmes des séances de travaux pratiques et de TP - Cours se fera en fonction de la progression des enseignements théoriques. Les listes de thèmes sont données à titre indicatif.

**Chaque fois que cela est possible l'ordinateur interfacé doit être utilisé pour l'acquisition et le traitement des données expérimentales. Il devient ainsi un instrument essentiel du laboratoire au service de l'expérience.**

### THEMES DE TRAVAUX PRATIQUES

#### Mécanique

| Thèmes   | Matériel   | Commentaires   |
|--|--|--|
| Analyse d'un mouvement à l'aide d'un enregistrement.           | Table à coussin d'air                                | Aspect cinématique<br>Aspect dynamique<br>Aspect énergétique                                       |
| Exploitation statistique de séries de mesures.                 | Chronomètres.<br>Pendule pesant<br>Pendule élastique | Vise à rendre plus réfléchi le recours aux outils usuels, en précisant les conditions de validité. |
| Mesures de viscosités.<br>Loi de Poiseuille.<br>Loi de Stokes. |  |  |

## Thermodynamique

| Thèmes   | Matériel   | Commentaires |
|--|--|--------------|
| Mesure de Cp, d'enthalpies de réaction, de mise en solution, de changement d'état. | Calorimètre<br>Thermomètre<br>Chronomètre<br>Balance |              |
| Loi de Fourier   |  |              |

## Chimie organique

| Thèmes   | Matériel  | Commentaires   |
|--|---|--|
| Présentation des règles de sécurité dans un laboratoire de chimie.   |   | On insistera en particulier sur le port des lunettes de sécurité et l'utilisation des poires.                      |
| Techniques de la chimie organique :<br>- Montage d'une expérience à reflux,<br>- Extraction par lavage et décantation,<br>- Filtration sous vide,<br>- Évaporation sous vide,<br>- Distillation,<br>- Recristallisation, prise d'un point de fusion,<br>- Mesure d'un pouvoir rotatoire,<br>- Chromatographie. | Verrerie rodée : ballon, réfrigérant, ampoule de coulée isobare.<br><br>Ampoule à décanter.<br><br>Évaporateur rotatif.<br>Montage de distillation à pression atmosphérique.<br>Appareil à point de fusion.<br>Polarimètre.<br>Séparation sur couche mince. | Le protocole opératoire détaillé devra être fourni à l'étudiant. Les montages sous gaz inerte sont hors programme. |
| Utilisation de modèles moléculaires.<br>Interprétation de spectres RMN et IR.  | Modèles moléculaires.   | On restera strictement dans le cadre du programme.   |

## Chimie physique et chimie des solutions

| Thèmes  | Matériel  | Commentaires |
|---|---|--------------|
| Dosages volumétriques à l'aide d'indicateurs colorés.<br>Tracé et exploitation de courbes de titrages acido-basiques, de titrage par précipitation et par complexation. | Électrode de référence<br>Électrode de verre pH-mètre.<br>Cellule conductimétrique.<br>Conductimètre. |              |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Vérification de la loi de Beer-Lambert.<br/>Étude d'un indicateur coloré.<br/>Cinétique chimique : vérification de l'ordre d'une réaction et détermination de la constante de vitesse. Influence de la température.<br/>Tracé et exploitation de courbes de titrages rédox.</p> | <p>Spectrophotomètre<br/><br/>Électrode métallique<br/>Millivoltmètre</p> | <p>Les produits utilisés devront être non toxiques.</p> |
|--|---|---|

### THEMES DE TP – COURS

- Exploitation d'enregistrements cinématiques.
- Exploitation de résultats relatifs aux mesures de viscosité.
- Manipulation de modèles moléculaires, structure des molécules en chimie organique.
- Description des électrodes manipulées en chimie des solutions.
- Analyse de courbes de dosages pH-métriques.
- Détermination de structures par l'analyse de données spectroscopiques (RMN et infra rouge).
- Analyse de courbes de dosages d'oxydo-réduction.

# Annexe III

## SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE - PREMIÈRE ET SECONDE ANNÉES

### ENSEIGNEMENT D'HOMOGENÉISATION, SPÉCIFIQUE DES ÉLÈVES ISSUS DES LYCÉES TECHNIQUES

Comme les classes préparatoires BCPST, les classes TB doivent fournir aux écoles des étudiants présentant une formation équilibrée dans les différents domaines scientifiques, et leur fournir une certaine capacité de conceptualisation et d'abstraction. Elles accueillent des élèves issus de deux horizons :

- Certains sont issus des lycées techniques du ministère de l'éducation nationale, où ils ont reçu une formation spécialement marquée dans le domaine technologique, principalement centrée, au-delà de l'approche purement technique, par des échelles d'étude cellulaire et moléculaire.
- D'autres sont issus de l'enseignement agricole et ont reçu une formation centrée au contraire sur les échelles de l'organisme et des systèmes d'ordres supérieurs.

Pour tirer parti de cette diversité de parcours, mais pour favoriser en même temps la constitution d'un profil général commun, un enseignement d'homogénéisation existe, qui, pour le programme de sciences de la vie et de la Terre, est proposé aux élèves issus de lycées techniques. Il a pour objet de constituer une première approche de l'organisme, de la population, de l'écosystème, de la biosphère.

Dans la suite, le programme de sciences de la vie et de la Terre part de ces échelles pour aller vers l'explication cellulaire ou moléculaire, dans une démarche inverse et complémentaire de ce qui est pratiqué en technologie.

Une séance de travail sur le terrain constitue le préambule obligatoire de cet enseignement. Elle a pour but de faire approcher simplement la complexité du vivant et de son environnement dans son cadre naturel réel et justifie les études de laboratoires qui la prolongent. On cherchera donc à apprécier et décrire l'organisation et le fonctionnement d'un écosystème naturel. L'exemple choisi pourra être au choix, celui d'une forêt ou d'une prairie naturelle.

Dans toute la mesure du possible, le travail de terrain lui-même devra associer l'ensemble des élèves de la classe. Cela permettra à chacun de reconnaître et apprécier les compétences de ceux qui ont suivi un autre cursus scolaire que le sien, et de favoriser la cohésion d'un groupe a priori hétérogène.

### 1 - Étude du peuplement végétal et animal d'un milieu-le travail sur le terrain et son exploitation direct

|  |  |
|--|--|
| <p><b>1.1 Identification des espèces végétales et animales</b><br/>                 Première approche de la diversité des espèces vivantes peuplant le milieu étudié : notion de biodiversité. Diversité des cycles de vie.</p>            | <p>Initiation à l'existence d'une classification des êtres vivants ainsi qu'à l'usage de critères de reconnaissance et de détermination (sans chercher à donner des connaissances approfondies de systématique). Premier usage de la flore. Observations relatives au cycle de vie de quelques espèces.</p>  |
| <p><b>1.2 Étude de la biocénose</b><br/> <b>1.2.1 Organisation des biocénoses</b><br/>                 Exemples de relations interspécifiques. Notion de niche écologique.</p>   | <p>On repère quelques exemples de relations interspécifiques (trophique, de compétition...). On prend conscience de la place occupée par quelques espèces dans cet ensemble. Induire la notion de niche écologique</p>   |
| <p><b>1.2.2 Relations entre le biotope et la biocénose</b><br/>                 Cadre physico-chimique et pédologique propre au milieu étudié. L'existence d'influences réciproques entre la biocénose et son milieu physico-chimique.</p> | <p>Sans qu'il soit question de chercher à être exhaustif, la conduite d'observations permet, par exemple de mesurer quelques paramètres physico-chimiques du milieu, de constater la nature du sous-sol en relation avec la végétation, d'observer l'organisation générale du sol (mais ce n'est nullement l'occasion d'un cours de pédologie), de constater des effets des êtres vivants sur leur milieu. Ces constats sont mis en rapport avec les particularités écologiques des espèces choisies pour l'observation.</p> |
| <p><b>1.2.3 Étude d'un exemple d'action anthropique</b><br/>                 Première idée de l'action de l'Homme sur la biocénose et le biotope : exploitation, perturbation, modification.</p>   | <p>Il ne s'agit pas de dresser un catalogue des influences possibles, mais seulement, sur l'exemple visité, de mettre en évidence l'existence et une certaine diversité de ces influences. On pourra par exemple rencontrer le signe d'une pollution, d'une exploitation agricole, d'une destruction accidentelle. On pourra aussi repérer les signes d'une éventuelle protection ou discuter des actions possibles pour remédier aux désordres observés.</p>  |

### 2 - De l'individu à la population, situer les êtres vivants dans leur milieu

|   |   |
|---|---|
| <p><b>2.1 Organisation structurale et fonctionnelle des appareils végétatifs et reproducteurs des Angiospermes en lien avec leur milieu de vie</b><br/>                 Étude comparée d'une plante herbacée et d'une plante ligneuse. Organisation morpho-anatomique de l'appareil végétatif. Localisation et nature des réserves. Relation entre l'organisation de la plante et son immobilité et son milieu de vie. Quelques formes de passage de la mauvaise saison. La notion de vie ralentie chez les Angiospermes.</p> | <p>Il ne s'agit pas de prétendre à une exhaustivité encyclopédique et naturaliste, mais de saisir l'occasion de l'étude au laboratoire de quelques espèces rencontrées sur le terrain pour apprendre les grandes lignes de l'organisation anatomique des Angiospermes (racine, tige, feuille) en mettant en relation les structures observées (caractéristiques générales ou particulières à l'espèce) avec le mode de vie général des végétaux (l'immobilité) ou les particularités écologiques d'une espèce donnée.</p> |
|---|---|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>2.2 Quelques aspects des relations entre l'organisation, le comportement et la physiologie des animaux et leur milieu et mode de vie</b><br/>L'existence de particularités morphologiques en rapport avec la biologie et de la diversité de ces particularités. Le cas d'un Insecte (relation entre l'organisation des pièces buccales et le régime trophique). L'existence d'une diversité des cycles biologiques en rapport avec les variations saisonnières du milieu (exemples d'un Insecte et d'un Vertébré). La diversité des stratégies de reproduction en relation avec le mode d'occupation du milieu. La notion de vie ralentie chez les animaux.</p> | <p>Comme pour les Angiospermes, l'étude de quelques exemples d'espèces rencontrées est l'occasion de présenter les notions générales, d'indiquer l'existence d'une diversité de leur déclinaison dans la nature, sans chercher à donner une présentation extensive de cette diversité. Une étude rapide de quelques animaux à l'aide d'une clé simple de détermination permet d'aborder simplement la systématique et la diversité du règne animal. La construction, sur deux exemples, d'une représentation schématique d'un cycle biologique, permet de mettre en place les notions générales de reproduction, croissance, développement. La réflexion sur le mode de passage de la mauvaise saison permet de présenter sans insister la vie ralentie, les migrations.</p> |
|---|--|

### 3 - Organisation et fonctionnement d'un écosystème naturel

Dans une démarche de généralisation s'appuyant sur l'exemple étudié sur le terrain, toujours en évitant l'étude exhaustive de la diversité, cette partie a pour but de présenter les notions de base concernant les écosystèmes.

|  |  |
|--|--|
| <p><b>3.1 Éléments de description d'un écosystème</b><br/>Notions de biomasse (pyramide de biomasse), de productivité, de producteur et production primaire, de consommateur et consommation, de production secondaire, de chaîne et de réseau trophiques.</p> | <p>Les principales notions permettant de décrire et comprendre l'organisation d'un écosystème sont présentées. Le travail s'appuie sur des études de cas et sur leur représentation schématique.</p> |
|--|--|

|  |   |
|--|---|
| <p><b>3.2 Flux de matière et d'énergie dans un écosystème : approche quantitative</b><br/>Circulation de la matière et de l'énergie dans un écosystème (pyramide de productivité). Quantification des flux ; comparaison avec les stocks. Notion de rendement.</p> | <p>Il s'agit de montrer comment quelques calculs simples, et quelques représentations schématiques standardisées permettent d'avoir une approche globale et quantitative du fonctionnement d'un écosystème.</p> |
|--|---|

|  |  |
|--|--|
| <p><b>3.3 Dynamique d'un écosystème</b><br/>Notions d'équilibre d'un écosystème, d'anthropisation, d'écosystème ouvert ou fermé. L'approche de la dynamique à différentes échelles de temps : quotidienne, annuelle, pluriannuelle. Approche de l'idée de développement durable.</p> | <p>Dans un horaire restreint, l'objectif n'est ici que de sensibiliser les étudiants à l'existence d'une dynamique et à sa sensibilité à la présence humaine, ainsi qu'à la perspective d'un contrôle raisonné de l'influence humaine.</p> |
|--|--|

## PROGRAMME DE COURS DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE - PREMIÈRE ANNÉE

L'enseignement des Sciences de la Vie et de la Terre a pour objectifs de permettre aux étudiants non seulement d'acquérir des connaissances fondamentales dans les principaux domaines des sciences de la vie et des sciences de la Terre, mais aussi de mettre en valeur et de cultiver des qualités essentielles aux scientifiques et recherchées par les écoles : sens du concret et de l'observation, esprit expérimental, logique et argumentation du raisonnement, applications des acquis d'autres disciplines (chimie, physique, mathématiques, technologie notamment). Le programme vise à faire prendre conscience aux étudiants de l'existence de divers niveaux d'organisation et de fonctionnement intégrés au sein de différentes structures biologiques. Il permet d'appréhender la diversité du monde vivant et fait apparaître la généralité des lois physiques et chimiques qui impliquent la similitude des phénomènes biologiques fondamentaux. Il présente les relations entre les phénomènes strictement biologiques et la dynamique de la planète.

### 1 - La diversité des organismes

#### 1.1 Les organismes en relation avec leur milieu et leur mode de vie (17 heures)

|  |  |
|--|--|
| <p><b>1.1.1 Réalisation des échanges gazeux entre les organismes animaux et leur milieu (6 h)</b><br/>Nature des échanges (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), diversité des échangeurs (branchie aquatique, poumon aérien, trachée, tégument), modalités de la ventilation.</p> | <p>Cette partie permet d'étudier l'adaptation structurale et fonctionnelle de la respiration des organismes adultes, en relation avec les paramètres physico-chimiques du milieu, aquatique ou aérien. Les échangeurs étudiés sont : - les branchies (Arénicole, Moule, un poisson téléostéen) ; - les poumons (Grenouille, Mammifère) ; - les trachées (un insecte terrestre). On indique l'existence d'une respiration tégumentaire. On signale les rôles du dioxyde de carbone ou du dioxygène dans le contrôle de la ventilation, en relation avec le milieu. Les mécanismes du contrôle respiratoire et les structures impliquées ne sont pas au programme.</p> |
|--|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>1.1.2 Les originalités de la vie végétale fixée</b></p> |  |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <p><b>1.1.2.1 Échanges hydrominéreaux entre l'organisme végétal et son milieu ; corrélations trophiques dans l'organisme végétal (6 h)</b><br/>Absorption racinaire, fonctionnement stomatique, circulation des sèves (cas des Angiospermes).</p> | <p>L'approche qualitative et quantitative des besoins nutritifs n'est pas au programme. Il s'agit d'étudier le flux hydrique, de l'entrée au niveau des racines jusqu'à la transpiration foliaire. Le contrôle du fonctionnement stomatique est abordé. C'est l'occasion de présenter les modalités d'absorption et de circulation des ions. On ne traite pas des nodosités. On s'intéresse aux transferts des molécules carbonées et azotées dans le végétal, en se limitant aux seules mentions des lieux de synthèse, de transformation et d'accumulation, sans que soient détaillés les mécanismes à l'échelle cellulaire.</p> |
|---|--|

|  |   |
|--|---|
| <p>1.1.2.2 Adaptation du développement des Angiospermes au rythme saisonnier (5 h)<br/>                 Exemple du passage de la saison froide, en région tempérée, chez les Angiospermes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- les réserves : nature, mise en place, mobilisation ;</li> <li>- la vie ralentie ; nature, installation, retour à la vie active ;</li> <li>- les formes de passage de la saison froide.</li> </ul> | La vernalisation n'est pas au programme. L'étude de la reprise de la vie active est l'occasion d'aborder les phénomènes physiologiques de la germination. Si la vie ralentie est présentée de façon générale pour l'ensemble des organes végétaux concernés, son étude physiologique se limite au cas de la graine. |
|--|---|

**1.2 Construction des organismes, mise en place d'un plan d'organisation (32 h)**

|   |   |
|---|---|
| <p>1.2.1 Mise en place du plan d'organisation chez les Vertébrés (17 h)</p> | Il s'agit de présenter les grandes étapes qui marquent le développement d'un organisme animal. On insiste sur les principales acquisitions morphologiques, anatomiques et histologiques qui caractérisent les développements embryonnaires et post-embryonnaires. Les mécanismes cellulaires, moléculaires, de certaines de ces étapes sont étudiés. Les mécanismes génétiques seront abordés en deuxième année et serviront d'exemple pour traiter de la régulation de l'expression du patrimoine génétique. |
|---|---|

|   |  |
|---|--|
| <p>1.2.1.1 Acquisition du plan d'organisation de la grenouille : de la cellule œuf à l'organisme adulte</p> | L'étude des différentes étapes du développement embryonnaire est l'occasion de présenter l'acquisition du caractère pluricellulaire, les manifestations de la symétrisation et des polarités, la mise en place des feuilletts aboutissant au plan d'organisation commun aux Vertébrés (stade bourgeon caudal). L'étude de la métamorphose conduit à identifier les principales transformations histologiques et anatomiques conduisant au plan d'organisation de l'adulte. Les caractéristiques de la métamorphose, perçue comme une transition écologique, ne s'inscrivent pas dans les objectifs de cette étude. |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
| <p>1.2.1.2 Éléments de généralisation : quelques modalités du développement des animaux<br/>                 Induction et structuration du mésoblaste, régionalisation des somites, différenciation de la cellule musculaire squelettique, croissance d'un os long de Mammifère, mécanismes d'histolyse, histogenèse et remaniement au cours de la métamorphose.</p> | L'étude de ces mécanismes est fondée autant que possible sur l'exploitation de données expérimentales. Les exemples retenus peuvent être choisis chez différents Vertébrés (Amphibiens, Oiseaux, Mammifères). La régionalisation des somites est l'occasion de présenter l'intervention des gènes homéotiques. Le mécanisme de leur fonctionnement sera reporté en deuxième année avec l'étude de la régulation du fonctionnement des gènes. |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| <p>1.2.2 Le développement post-embryonnaire des Angiospermes : de la jeune plante à la plante différenciée (15 h)</p> | En se limitant aux Angiospermes, on s'intéresse à la croissance et à la différenciation de la jeune plante issue de la germination. L'étude de la mise en place des structures végétatives de la tige feuillée et de la racine est conduite en relation avec les travaux pratiques correspondants. Il s'agit de présenter les mécanismes qui accompagnent croissance et développement chez les Angiospermes : mèresse, auxèse, différenciation. |
|---|---|

|   |   |
|---|---|
| <p>1.2.2.1 Organisation et fonctionnement des apex racinaire et caulinaire.<br/>                 Les méristèmes primaires et leur fonctionnement.</p> | Les caractères cytologiques des cellules méristématiques sont présentés mais le contrôle hormonal du fonctionnement des méristèmes est exclu. On présente l'intervention de gènes de développement (cas d' <i>Arabidopsis thaliana</i> ) mais l'étude de leur fonctionnement est reportée en seconde année. On signale la mise en place de méristèmes latéraux, mais les types de ramification et leurs conséquences sur le port du végétal sont hors programme. Le phénomène de dominance apicale n'est que mentionné. |
|---|---|

|  |   |
|--|---|
| <p>1.2.2.2 Grandissement cellulaire et histogenèse<br/>                 L'auxèse et la différenciation cellulaire. Le phototropisme et le gravitropisme.</p> | Il s'agit ici de préciser les processus cytologiques et physiologiques du grandissement cellulaire et de la différenciation en se limitant à l'exemple de l'auxine. L'approche historique de la mise en évidence expérimentale de l'auxine et du phototropisme n'est pas au programme. L'influence des conditions du milieu se limite à l'étude du phototropisme caulinaire et du gravitropisme racinaire. En relation avec les travaux pratiques, on rappelle l'existence de cellules différenciées regroupées en tissus. Le processus de différenciation lui-même est limité à l'exemple d'un vaisseau de xylème. |
|--|---|

|  |   |
|--|---|
| <p>1.2.2.3 Méristèmes secondaires et croissance en épaisseur ou en diamètre<br/>                 La mise en place des méristèmes secondaires et leur production.</p> | La mise en place et le fonctionnement du cambium et du phellogène sont présentés. Cette étude de la croissance en épaisseur et en diamètre complète ainsi celle de la croissance en longueur, abordée dans les deux points précédents. On se limite au cas d'une Angiosperme dicotylédone ligneuse. |
|--|---|

### 1.3 Approche phylogénétique de la diversité du vivant (4 h)

|   |  |
|---|--|
| <p><b>1.3.1 Parenté et diversité des organismes.</b><br/>Les similitudes anatomiques et morphologiques entre les Vertébrés : axes de polarité (antéro-postérieur, dorso-ventral, droite-gauche), disposition des principaux organes par rapport à ces axes. La représentation schématique d'un plan d'organisation de Vertébré. La diversité des êtres vivants.</p>   | <p>Cette étude s'appuie sur les séances de travaux pratiques qui permettent de se familiariser avec la diversité du monde vivant. Elle complète, par une étude à l'échelle morpho-anatomique, l'approche de l'unicité du vivant conduite par ailleurs dans la partie du cours de sciences de la vie et de la Terre consacrée à la cellule et dans le cours de biotechnologie qui permet de prendre conscience de l'uniformité des phénomènes moléculaires. L'étude d'un plan d'organisation commun à des espèces différentes se limite à la présentation du plan d'organisation des Vertébrés. Le lien est fait avec la partie concernant le développement, dont le résultat est la mise en place du plan d'organisation. L'approche de la diversité du monde vivant se résume à quelques phrases attirant l'attention sur l'approche qui en est faite en travaux pratiques.</p> |
| <p><b>1.3.2 La recherche de parenté chez les vertébrés-L'établissement de phylogénies</b><br/>L'interprétation en terme de relation phylogénétique de l'unité et de la diversité du monde vivant. Les notions de caractères homologues, d'état ancestral et d'état dérivé. La représentation des relations entre espèces sous la forme d'un arbre phylogénétique.</p> | <p>En se limitant au cas de Vertébrés, on aborde la construction et l'interprétation d'un arbre phylogénétique à partir de l'étude de caractères. Cette construction se limite à des cas très simples, faisant intervenir un nombre limité d'espèces et de caractères. On apprend à interpréter les états ancestraux et dérivés des caractères, à localiser le plus récent ancêtre commun hypothétique de deux espèces. On explique les parentés phylogénétiques par l'évolution, mais les mécanismes de cette évolution ne sont pas au programme.</p>   |

## 2 - L'unicité des organismes à l'échelle cellulaire (26 h)

|   |   |
|---|---|
| <p><b>2.1 La cellule eucaryote, unité structurale et fonctionnelle (4 h)</b><br/>Approche comparative de trois exemples : la cellule acineuse pancréatique, la cellule du parenchyme palissadique, la cellule musculaire striée squelettique.</p> | <p>L'objet de cet item est une présentation générale de la structure et du fonctionnement des cellules eucaryotes, en relation avec les acquis des travaux pratiques. Ces cellules sont choisies dans un organisme pluricellulaire, ce qui conduit à envisager leur intégration au sein d'un ensemble de cellules. Le noyau, les mitochondries, les chloroplastes et le cytosquelette sont présentés, leur étude étant reprise en relation avec d'autres points du programme. L'étude de la cellule acineuse permet de présenter les organites à simple membrane et de mettre en évidence l'existence de flux vésiculaires dont les mécanismes moléculaires sont hors programme. La cellule musculaire striée est abordée en référence avec les autres points du programme où il en est fait mention.</p> |
| <p><b>2.2 Membranes et fonctionnement cellulaire (11 h)</b></p>   |   |
| <p><b>2.2.1 Organisation moléculaire des membranes et des matrices extracellulaires en relation avec leurs rôles.</b></p>   | <p>Cet item est l'occasion d'exposer les différents rôles des membranes (membrane plasmique et membranes intracellulaires) et de présenter les jonctions cellulaires et l'adhérence cellulaire (adhérence intercellulaire jonctionnelle ou non). L'étude porte sur les matrices extracellulaires animale et végétale, dont sont indiquées les modalités de mise en place.</p>   |
| <p><b>2.2.2 Échanges transmembranaires</b><br/>Modalités de transfert et structures moléculaires associées ; ddp électrique transmembranaire. Endocytose et exocytose.</p>  | <p>Les modalités de transfert de différents types de substances (eau, ions, glucose) sont envisagées : diffusion au travers des membranes, transports actifs primaires et secondaires. Les variations de potentiel électrique transmembranaire, la réception de signaux chimiques, en relation avec les fonctions de communication sont abordées dans la partie suivante (2.3) du programme.</p>  |
| <p><b>2.3 Des communications intercellulaires chez l'animal (11 h)</b></p>  |   |
| <p><b>2.3.1 La jonction neuromusculaire (3 h)</b><br/>La libération du médiateur nerveux par la cellule nerveuse. La réception et la transduction du message.</p>   | <p>Cet exemple sert à montrer sur les fonctions multiples de la membrane de la cellule musculaire dans la réception du message d'origine nerveuse et sa transformation en un ordre de contraction. La contraction elle-même est abordée dans une autre partie du programme.</p>   |
| <p><b>2.3.2 Messagers et messages dans les corrélations nerveuses et hormonales (2 h)</b></p>   | <p>Les messagers impliqués sont, dans la mesure du possible, ceux évoqués dans la fonction circulatoire. Les notions d'autocrinie, paracrinie, endocrinie sont présentées. Les voies de biosynthèse des messagers, les caractères cytologiques des cellules sécrétrices ne sont pas au programme. Un mécanisme biochimique de la dégradation des messagers (acétylcholine-estérase) et ses conséquences fonctionnelles sont présentés.</p>  |

|  |  |
|--|--|
| <b>2.3.3 Mode d'action cellulaire des neurotransmetteurs et des hormones (3 h)</b> | Le mode d'action cellulaire des neurotransmetteurs est établi à partir des exemples de la noradrénaline (récepteurs $\alpha$ et $\beta$ ) et de l'acétylcholine (récepteurs nicotinique et muscariniques) en relation avec le point 2.3.1. Pour les hormones, on présente un exemple de transduction avec récepteur membranaire et un exemple avec récepteur nucléaire. L'action éventuelle sur le génome, simplement signalée ici, sera reprise en deuxième année.  |
| <b>2.3.4 Genèse et propagation du message nerveux à l'échelle du neurone (3 h)</b> | On indique l'existence de phénomènes de sommation conduisant à la création de potentiels d'action au niveau du segment initial de l'axone. Les mécanismes moléculaires de création des potentiels et de codage en fréquence au niveau du segment initial ne sont pas au programme. Les modes de propagation le long de l'axone sont étudiés, en relation avec les structures moléculaires des membranes. La genèse des variations de potentiels électriques au niveau des neurones sensoriels n'est pas au programme. La genèse spontanée de potentiels d'action non évoquée ici, sera abordée dans le cas des cellules nodales. |

### 3 - La reproduction des organismes animaux et végétaux (17 h)

|  |  |
|--|--|
| <b>3.1 Reproduction sexuée des végétaux (6 h)</b>  |  |
| <b>3.1.1 La fleur des Angiospermes</b><br>Organisation de la fleur, formation des gamétophytes, pollinisation, double fécondation et formation de la graine et du fruit. Le cycle biologique des Angiospermes. | En relation avec les études menées en travaux pratiques, l'exposé s'appuie sur un exemple précis, et exclut toute étude naturaliste et encyclopédique des variations structurales et fonctionnelles. Ne sont pas au programme : les modalités de la formation de la fleur, la physiologie de la floraison, la physiologie de la fructification et celle du fruit.            |
| <b>3.1.2 Le cas des Filicophytes</b><br>Formation du gamétophyte, fécondation et formation du jeune sporophyte chez les Filicophytes. Le cycle biologique des Filicophytes.                                    | En relation avec les études menées en travaux pratiques, l'exposé s'appuie sur un exemple précis, et exclut toute étude naturaliste et encyclopédique des variations structurales et fonctionnelles. Aucune interprétation n'est attendue quant à la comparaison des deux cycles étudiés.  |
| <b>3.2 Multiplication végétative naturelle chez les Angiospermes (2 h)</b>   | Seule une présentation globale, illustrée de quelques exemples est attendue. Tout catalogue exhaustif de modalités est exclu.  |
| <b>3.3 Reproduction sexuée chez les Mammifères (3 h)</b><br>Gamètes, gamétogenèse, fécondation.  | Les aspects éthologiques de la reproduction sexuée ne sont pas au programme. Les gamétogenèses mâle et femelle, sans leurs contrôles, sont au programme.   |
| <b>3.4 Aspects chromosomiques et génétiques de la reproduction (6h)</b><br>Cas de la multiplication végétative. Méiose. Mécanismes favorisant l'hétérozygotie.   | La variabilité engendrée par la mitose et la méiose est discutée à cette occasion. L'étude des conséquences génétiques de la méiose ne donne pas lieu à des exercices de génétique formelle. Les mécanismes favorisant l'hétérozygotie chez les végétaux sont étudiés chez les Angiospermes. Les phénomènes d'incompatibilité chez les Champignons ne sont pas au programme. |

## PROGRAMME DE COURS DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE - DEUXIÈME ANNÉE

### 4 - La circulation sanguine et l'intégration de l'organisme (18 h)

L'étude se limite, dans tout le point 4, au cas des Mammifères.

|   |  |
|---|--|
| <b>4.1 Le transport des gaz respiratoires par le sang (4 h)</b><br>Transport du CO <sub>2</sub> et de l'O <sub>2</sub> . Relations avec la structure et les propriétés de l'hématie et de l'hémoglobine.                    | L'étude du transport des gaz respiratoires est reliée aux connaissances développées en technologie concernant les protéines et à la respiration chez les animaux. Les effets du transport des gaz respiratoires sur le pH sanguin sont hors programme. |
| <b>4.2 La pompe cardiaque et la mise en circulation du sang. Contrôle de l'activité cardiaque et débit sanguin (6 h)</b><br>Le fonctionnement de la pompe cardiaque, son débit, son contrôle.                               | L'activité mécanique et l'activité électrique cardiaques sont étudiées, mais les méthodes d'exploration fonctionnelles du cœur et du circuit sanguin ne sont pas au programme. Les phénomènes sont étudiés aux différentes échelles.                   |
| <b>4.3 La distribution du sang au muscle et son contrôle (4 h)</b><br>Circuit sanguin, organisation fonctionnelle des segments vasculaires (artères, artérioles, capillaires, veines), échanges capillaires, vasomotricité. |  |

|   |   |
|---|---|
| <b>4.4 Intégration de la perfusion du muscle à l'échelle de l'organisme (4 h)</b> | Il s'agit de traiter de l'adaptation de la fonction circulatoire à la perfusion des organes. On évoque à ce propos la redistribution des masses sanguines lors d'un exercice physique et d'une période post-prandiale. Les conséquences sur la pression artérielle sont envisagées à l'échelle de l'organisme dans le cadre d'une régulation à court terme liée à la situation physiologique. |
|---|---|

## 5 - L'information génétique à l'échelle cellulaire (21 h)

Cette étude s'affranchit d'une approche historique de la découverte des concepts fondamentaux (identification de la nature du support de l'information génétique, du mode de répliation semiconservatif de l'ADN, élucidation du code génétique, notion de gène, relation gène-caractère...). Ces connaissances ont été établies dans les classes de lycée : elles sont brièvement rappelées, sans que leurs supports expérimentaux fondateurs soient exigibles.

Cette partie du programme est complémentaire de ce qui est traité sur cette question en technologie. Les professeurs de sciences de la vie et de la Terre sont invités à coordonner leur travail avec ceux de cette autre discipline.

|   |  |
|---|--|
| <b>5.1 Mécanismes moléculaires de conservation de l'information génétique (4 h)</b> | Cette étude est restreinte au cas des Procaryotes, modèle E. coli. |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>5.1.1 La répliation de l'information génétique</b><br>Conservation de l'information génétique lors de sa répliation. Modifications de séquences liées à la répliation (formes tautomères). | L'étude de la répliation est orientée sur les mécanismes moléculaires d'action des ADN polymérases. La fidélité de la copie est discutée. On signale l'intervention d'autres enzymes dans la répliation. Les mécanismes de répliation par cercle tournant ne sont pas au programme. |
|---|---|

|   |  |
|---|--|
| <b>5.1.2 La protection de l'information génétique et les mutations</b><br>Conservation de l'information génétique lors de son stockage. Effets de quelques mutagènes naturels et existence de mécanismes de réparation. | On ne traite que des processus de dimérisation de thymines, de désamination et de dépurination spontanées. On se limitera à un seul exemple de réparation. |
|---|--|

|   |  |
|---|--|
| <b>5.2 Mécanismes moléculaires de l'expression génétique (14 h)</b> |  |
|---|--|

|  |   |
|--|---|
| <b>5.2.1 Mécanismes fondamentaux de l'expression génétique</b><br>Transcription, traduction chez les Procaryotes (E coli). | L'étude de la transcription et de la traduction est l'occasion de présenter les divers types d'ARN produits. La fidélité de la copie transcrite est comparée à celle de la répliation. L'existence de signaux d'initiation et de fin de transcription est présentée. Le rôle des amino-acyl-ARNt-synthases est indiqué. Les mécanismes fondamentaux de l'expression génétique chez les Eucaryotes sont au programme de biotechnologie. On s'assurera, sur ce sujet d'une bonne coordination entre les deux enseignements. |
|--|---|

|   |   |
|---|---|
| <b>5.2.2 Le contrôle de l'expression génétique</b><br>États de condensation de la chromatine et expression génétique chez les eucaryotes ; rôle du complexe d'initiation de la transcription chez les eucaryotes. Le cas du contrôle génétique des phénomènes du développement :<br>- contrôle génétique de la mise en place des polarités embryonnaires ;<br>- différenciation des feuillettes ;<br>- régionalisation des somites ;<br>- différenciation de la cellule musculaire. | L'étude des opérons des procaryotes, abordée en biotechnologie ne sera pas reprise, mais pourra faire l'objet d'une comparaison rapide avec les mécanismes en œuvre chez les Eucaryotes. Les différents états de condensation de la chromatine interphasique sont mis en rapport avec son expression. Les modalités de l'initiation de la transcription sont l'occasion de montrer très schématiquement comment l'assemblage et la mise en fonctionnement du complexe d'initiation de la transcription constituent la principale voie de régulation de l'expression génétique chez les eucaryotes (boîte TATA et facteurs cis et trans). L'importance, à l'échelle de l'organisme, des phénomènes cellulaires de régulation de l'expression génétique est soulignée. Les exemples sont choisis dans le cadre de la biologie du développement, dans le prolongement de l'enseignement de première année. Une bonne coordination des deux enseignements est nécessaire. |
|---|---|

|   |  |
|---|--|
| <b>5.2.3 Les virus, parasites du système d'expression des cellules.</b> | Seuls sont envisagés le phage $\lambda$ , le virus de la mosaïque du tabac et le VIH. Le phage $\lambda$ est utilisé pour présenter la lysogénie dont les processus moléculaires ne sont pas étudiés. Lien avec les mécanismes de transgénèse étudiés en biotechnologie. |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>5.3 Transmission de l'information lors de la mitose (3 h)</b> |  |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>5.3.1 Mitose et conservation de l'information génétique</b> | L'étude de la mitose permet de discuter, à l'échelle chromosomique et à l'échelle moléculaire, de la conservation de l'information génétique lors de sa transmission ; l'importance de la prise en compte de la fréquence des mutations dans l'étude de la conservation de l'information est soulignée ; les mutations chromosomiques et les recombinaisons hétérologues sont mentionnées sans que leurs mécanismes soient au programme. |
|--|--|

|   |  |
|---|--|
| <b>5.3.2 Place de la mitose dans le cycle cellulaire.</b> | L'régulation du cycle cellulaire n'est pas au programme. On signale seulement l'existence de points de contrôle dont le franchissement autorise la poursuite du cycle. |
|---|--|

## **6 - L'énergie et le monde vivant (15 h)**

Cette partie doit être conçue en complémentarité avec le cours de technologie. Les professeurs de sciences de la vie et de la Terre devront veiller à coordonner leur travail avec celui de leurs collègues.

|   |  |
|---|--|
| <b>6.1 La photosynthèse eucaryote (7 h)</b> | L'étude de la photosynthèse est envisagée ici à la seule échelle cellulaire et dans le cadre de la cellule eucaryote. L'étude de l'organisation des chloroplastes est conduite en relation avec les phénomènes qui s'y déroulent. On montre l'intégration du fonctionnement du chloroplaste dans le métabolisme énergétique envisagé à l'échelle de la cellule (cellule photolithotrophe). |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>6.1.1 Chaîne photosynthétique et photophosphorylations acyclique et cyclique.</b> | L'étude des pigments est limitée à ceux présents chez les Chlorophytes. Les mécanismes moléculaires de décomposition de l'eau et la structure détaillée des photosystèmes sont hors-programme. |
|--|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>6.1.2 Les cycles de carboxylation photosynthétique en C3 et C4 - C3.</b> | L'étude du cycle de Calvin est limitée aux réactions générant le glycéraldéhyde-3-phosphate et conduit à l'établissement d'un bilan matériel et énergétique. Les étapes de régénération du ribulose 1-5 biphosphate ne sont pas au programme. L'existence de la photorespiration est mentionnée mais l'étude détaillée de ses mécanismes moléculaires n'est pas au programme. Le métabolisme CAM n'est pas au programme. Les devenir du glycéraldéhyde-3P dans le chloroplaste et dans la cellule chlorophyllienne, ainsi que l'utilisation des nitrates par la cellule chlorophyllienne ne sont que cités. |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
| <b>6.2 Le catabolisme oxydatif (8 h)</b> | L'étude du catabolisme oxydatif est envisagée dans le cadre de la cellule eucaryote. Son existence chez les Procaryotes est signalée sans que cela conduise à une étude spécifique ou comparative. L'étude de l'organisation des mitochondries est conduite en relation avec les phénomènes qui s'y déroulent. On montre l'intégration du fonctionnement mitochondrial dans le métabolisme énergétique envisagé à l'échelle de la cellule (chimio-organotrophie et photolithotrophie). |
|--|--|

|  |   |
|--|---|
| <b>6.2.1 Activité cellulaire et métabolisme énergétique de la cellule musculaire squelettique (2 heures)</b> | Les mécanismes de la contraction sont étudiés. La production d'un travail mécanique est reliée à l'utilisation de l'ATP et au métabolisme qui en est la source. Les différents substrats métaboliques de la cellule musculaire squelettique sont précisés et les voies de restauration de l'ATP sont au programme. L'incidence du jeûne prolongé sur le métabolisme de cette cellule n'est pas évoquée. |
|--|---|

|   |  |
|---|--|
| <b>6.2.2 L'oxydation des substrats organiques</b> |  |
|---|--|

|   |   |
|---|---|
| <b>6.2.2.1 Oxydation du glycéraldéhyde-3P dans le cytosol (glycolyse)</b> | Cette étude conduit à présenter l'ensemble de la voie glycolytique dont le contrôle est au programme. La voie des pentoses phosphate est citée mais son étude n'est pas au programme. |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
| <b>6.2.2.2 Oxydation du pyruvate et des acides gras dans la mitochondrie</b> | Les différentes origines du pyruvate (dont la voie de dégradation de l'alanine) sont présentées. |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>6.2.2.3 Oxydation de l'acétylcoenzyme A dans la mitochondrie (cycle de Krebs)</b> | Le cycle de Krebs est présenté comme voie de convergence du catabolisme. Cette étude est l'occasion de préciser les sites de réduction des coenzymes et de décarboxylation. Les formules chimiques des composés intermédiaires ne sont pas au programme. Les voies de dégradation des acides aminés autres que l'alanine ne sont pas au programme. Le rôle anabolique du cycle de Krebs n'est pas exigible. Le contrôle du cycle n'est pas au programme. |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>6.2.3 Chaîne respiratoire et oxydations phosphorylantes</b> |  |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <b>6.2.4 Fermentations lactique et éthanologique</b> |  |
|--|--|

## 7 - Le cycle géochimique du carbone (18 h)

Cette partie du programme doit être conçue comme l'occasion de présenter de façon intégrée un ensemble de connaissances abordées ailleurs ainsi que quelques données nouvelles.

Elle est l'occasion de montrer :

- la cohérence des différents niveaux d'étude, de l'échelle moléculaire de la réaction chimique ou métabolique à la planète entière ;
- l'interdépendance forte de la vie, des enveloppes minérales externes de la planète et de l'activité humaine ;
- la complémentarité des approches du cours de technologie (études moléculaires, écologie microbienne) et de celui de sciences de la vie et de la Terre (métabolismes, vie des organismes, écosystèmes).

Rassemblant dans une culture commune des étudiants issus de l'enseignement agricole et d'autres issus de l'enseignement technique, elle est l'occasion d'aborder la discussion sur un grand problème de société concernant l'avenir de la planète, dans une optique d'éducation à l'environnement pour un développement durable.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>7.1 Désagrégation mécanique et altération chimique en domaine continental (3 h)</b><br/>Désagrégation mécanique, altération chimique, dissolutions, formations résiduelles.</p>   | <p>L'étude est menée à partir de l'exemple des granites et des calcaires. L'influence du climat, l'importance du CO<sub>2</sub>, celle des êtres vivants sont soulignées. L'étude des sols est exclue. L'importance de ces processus à l'échelle de la Terre globale est introduite. Un but important de ce paragraphe est de montrer que la mise au contact de silicates avec l'atmosphère engendre des carbonates, ce qui fixe le CO<sub>2</sub> atmosphérique, avec des conséquences sur le climat. La mise à l'affleurement des silicates est reliée à la tectonique, sans pour autant étudier les phénomènes tectoniques eux-mêmes.</p>  |
| <p><b>7.2 La sédimentation carbonatée (3 h)</b><br/>Précipitation des solutions avec et sans intervention de la vie.</p>  | <p>Cette partie est centrée sur les mécanismes de précipitation de carbonates, et d'échange entre les minéraux, les éléments dissous et le CO<sub>2</sub> de l'atmosphère et de l'océan. On souligne le rôle de la vie dans les phénomènes géologiques de sédimentation : le phénomène biogéochimique de précipitation des carbonates est essentiel à la compréhension du cycle. On signale néanmoins l'existence d'autres types de sédimentation, notamment détritiques. Si l'on doit évoquer l'existence de lieux de sédimentation, aucune connaissance sur les bassins sédimentaires ou leur stratigraphie n'est attendue.</p>   |
| <p><b>7.3 Les réservoirs de carbone sédimentaire d'origine organique (2 h)</b><br/>Préservation et transformation de la matière organique sédimentaire. Constitution de réservoirs de carbone à partir de cette matière organique.</p>  | <p>Il ne s'agit pas d'étudier hydrocarbures et charbons en tant que composants des roches, ni d'étudier le détail de leur composition. Il s'agit de montrer l'existence de ces gisements de carbone, et les conditions pour cette existence. Cette présentation est destinée à permettre l'établissement du cycle global du carbone. La durée des phénomènes est indiquée, et sera reprise dans la partie finale.</p>   |
| <p><b>7.4 Les sédiments, archives des variations climatiques du dernier million d'années (4 h)</b><br/>Enregistrement des variations climatiques depuis un million d'années, par les dépôts marins, lacustres et glaciaires.</p>  | <p>La glace des inlandsis est considérée comme une roche et les inlandsis sont présentés comme des archives des dernières glaciations. Par ailleurs, la composition isotopique en <sup>18</sup>O des tests de foraminifères benthiques fournit une indication sur la variation du volume total des glaces. D'autres archives sont présentées : dépôts glaciaires, témoins paléontologiques, sédiments lacustres. Dans cette partie, on s'attache davantage à montrer la diversité des archives paléoclimatologiques qu'à étudier les causes des variations climatiques. On mentionne le caractère continu ou discontinu des enregistrements. On montre l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires, dont la rythmicité peut être reliée aux variations des paramètres orbitaux de la Terre. On montre le rôle des mécanismes amplificateurs (CO<sub>2</sub>, albédo). On met en évidence l'existence de variations rapides et lentes du climat. La connaissance exhaustive des paramètres orbitaux de la Terre n'est pas au programme.</p> |
| <p><b>7.5 Réservoirs et flux dans le cycle du carbone (6 h)</b><br/>Détermination des principaux réservoirs et des flux qui les relient. Aspects qualitatifs et quantitatifs, appréciation des temps de résidence moyens. Enregistrements géologiques des variations des réservoirs de carbone au cours des 200 derniers millions d'années ; interprétation. Perspectives face à la croissance du taux de CO<sub>2</sub> d'origine anthropique.</p> | <p>Ce paragraphe utilise les données et les concepts de l'ensemble des paragraphes précédents. Le cycle du carbone est établi à partir d'une analyse des phénomènes actuels, incluant bien sûr les êtres vivants. On montre le rôle central de l'océan. La validité d'un équilibre stationnaire est discutée. Le temps de réaction du modèle de cycle du carbone est discuté.</p>   |

## PROGRAMME DE TRAVAUX PRATIQUES

Les travaux pratiques sont organisés en rapport direct avec le cours, pour permettre notamment de présenter les notions structurales essentielles, ainsi que certaines observations fonctionnelles.

La quantité de séances réalisables est très variable suivant les parties du programme. Elles ne pourront donc pas être organisées en strict parallèle du cours. Certaines des séances, reportées par exemple en seconde année alors que le cours est dispensé en première année, seront alors l'occasion de fructueuses révisions du programme déjà traité à la faveur de l'étude d'exemples nouveaux.

D'une façon générale, les observations suggérées peuvent être utilement complétées par des exercices (étude de résultats expérimentaux par exemple).

### Première année

|  |   |
|--|---|
| <b>1 - La respiration branchiale (1 séance)</b><br><b>Exemples de la Moule et du Gardon (ou autre poisson téléostéen).</b> | Observation de la cavité palléale de la Moule ; montage de branchies vivantes ; observation de lames du commerce. Dissection de la région cardio-branchiale d'un gardon. Observation de préparations du commerce de branchies en coupe. Observations de clichés de microscopie électronique. Observation des mouvements ventilatoires d'un poisson téléostéen vivant.                   |
| <b>2 - La respiration pulmonaire (2 séances)</b><br>Exemples de la Grenouille et de la Souris.                             | Dissection et observation de la région cardio-pulmonaire de la Grenouille. Indices d'une respiration cutanée associée à la respiration pulmonaire. Dissection et observation de la région cardio-pulmonaire de la Souris. Histologie du poumon de Mammifère à partir de préparations commerciales (microscopie optique) et de clichés de microscopie électronique.                      |
| <b>3 - L'appareil végétatif des Angiospermes (5 séances)</b>   | Étude morpho-anatomique des grands types d'organes : racine, tige, feuille (limbe et pétiole). Étude des tissus rencontrés. Réalisation de préparations microscopiques colorées. Observation de documents de microscopie électronique. Les organes et les tissus de réserve. La participation de l'appareil végétatif à la reproduction asexuée. La cellule de parenchyme palissadique. |
| <b>4 - La reproduction sexuée et le développement des êtres vivants (5 séances)</b>  |   |
| 4.1 Le développement embryonnaire et post embryonnaire de la Grenouille (1 séance)   | Observation de formes embryonnaires entières, en préparations microscopiques et sous forme de documents photographiques. Observation de formes larvaires.   |
| 4.2 Les gonades des Mammifères (1 séance)  | Observation microscopique de lames histologiques d'ovaire et de testicule.  |
| 4.3 La reproduction sexuée des Angiospermes (2 séances)  | Dissection d'une fleur typique. Observation de préparations microscopiques d'étamines et de pistil. Graines et fruits.  |
| 4.4 La reproduction sexuée d'une Filicophyte (1 séance)  | Observations de frondes de fougères portant des sporanges. Préparation microscopique de sporanges. Prothalles et gamétanges.  |
| <b>5 - La diversité du monde vivant (7 séances)</b>  | Cet ensemble de séances a pour but, outre l'acquisition d'un savoir faire manipulateur, de faire prendre conscience de la diversité des formes vivantes, en dégagant à partir d'exemples les grands traits caractéristiques de certains groupes.  |
| 5.1 Mollusques Lamellibranches : exemple de la Moule (1 séance)  |   |
| 5.2 Annélides Polychètes : exemples de la Néréis et de l'Arénicole (1 séance)  |   |
| 5.3 Crustacés Décapodes : exemple de l'Écrevisse (1 séance)  |   |
| 5.4 Mammifères : la Souris (2 séances)   |   |
| 5.5 Angiospermes (2 séances) : dissections florales et usage de la flore   |   |
| <b>6 - Approche phylogénétique de la diversité du monde vivant (2 séances)</b>   | Travail de construction et d'étude d'arbres phylogénétiques. Utilisation de banques de données informatisées.   |
| <b>7 - Organisation cellulaire (4 séances)</b>   | Méthodes d'étude de la cellule en microscopie optique. Méthodes d'étude de la cellule en microscopie électronique. La cellule acineuse de pancréas. La cellule de muscle strié squelettique.  |

## Deuxième année

|  |   |
|--|---|
| <b>1 - La diversité du monde vivant (7 séances)</b>  | Ces séances complètent et prolongent celles de première année consacrées au même thème.   |
| <b>1.1 Angiospermes (2 séances) : dissections florales et usage de la flore</b>  |   |
| <b>1.2 La diversité du monde végétal et des Champignons (1 séance)</b><br>Cette séance construite autour d'une démonstration et/ou de l'exploitation des récoltes au cours d'une sortie, n'a pour but que de faire sentir la richesse d'un monde dont l'étude n'est réellement menée en cours qu'à propos des Angiospermes et d'une Fougère. On pourra par exemple présenter deux ou trois Champignons, deux ou trois Algues, une ou deux Bryophytes et une Gymnosperme. |   |
| <b>1.3 Mollusques Gastéropodes (1 séance)</b><br>Coquille, masse viscérale, ouverture du poumon.   |   |
| <b>1.4 Insectes (3 séances)</b><br>Étude du Criquet. Odonates, Coléoptères, Diptères, Hyménoptères. Ces séances sont l'occasion de présenter quelques traits permettant d'organiser la diversité des insectes métaboles : ailes, stades du développement post-embryonnaire, pièces buccales.   |   |
| <b>2 - La circulation sanguine et l'intégration de l'organisme (2 séances)</b>   | Le cœur de Mammifère : anatomie, histologie. Les vaisseaux sanguins : artères, veines et capillaires (microscopie optique et clichés de microscopie électronique).  |
| <b>3 - Le patrimoine génétique et sa conservation au sein de la cellule (2 séances)</b>  | Chromosomes (dont observation de chromosomes géants de larves de Diptères). Mitose, méiose.   |
| <b>4 - L'énergie dans le monde vivant : la photosynthèse (2 séances)</b>   | Études microscopiques et expérimentales (expérimentation assistée par ordinateur).  |
| <b>5 - Le cycle géochimique du carbone (4 séances)</b>   | Le calcaire, le granite et leur altération : aperçu minéralogique et chimique sommaire ; documents relatifs à l'altération (documents photographiques de paysages et d'affleurements). Étude, sur la carte géologique de la France au millionième d'un contact massif ancien / bassin sédimentaire dans la région qui abrite le Lycée de préparation : appréhension d'ensemble du phénomène sédimentaire. Archives climatiques glaciaires ou sédimentaires. Éventuellement : observation de modèles climatiques informatisés. |

# Annexe IV

## PROGRAMME DE TECHNOLOGIE

### 1 - Techniques d'analyse structurale et fonctionnelle des protéines

(Cours : 20 heures + 10 séances de TP-TD)

#### 1.1 Analyse structurale

##### 1.1.1 Structure des acides aminés

##### 1.1.2 La structure primaire des peptides et des protéines

- La liaison peptidique.
- Méthodes de détermination de la composition en acides aminés et de la séquence d'un peptide ; application pratique à un oligopeptide.
- Détermination de la masse moléculaire et du pHi.

##### 1.1.3 La structure tridimensionnelle des protéines

- Les différents niveaux de structure : secondaire, tertiaire, quaternaire ; exemples
- Liaisons stabilisatrices
- Dénaturation et renaturation

#### 1.2 Relation structure-fonction

##### 1.2.1 Motifs et domaines fonctionnels

##### 1.2.2 Stéréospécificité

##### 1.2.3 Interactions protéine-ligand

- Affinité
- Méthodes d'étude : Scatchard,
- compétition, RIA et ELISA, (thématiques à mettre notamment en œuvre dans les TIPE)

#### 1.3 Méthodes de dosage et de purification

##### 1.3.1 Méthodes de dosage par les techniques absorptiométriques

##### 1.3.2 Méthodes d'extraction-purification :

- Précipitations sélectives
- Méthodes chromatographiques utilisant les principes d'exclusion-diffusion, d'échange d'ions, de chélation, d'affinité et d'interactions hydrophobes.

##### 1.3.3 Quantification de la purification

- Enrichissement (taux de purification)
- Rendement
- Électrophorèses de contrôle : SDS-PAGE, focalisation isoélectrique, électrophorèse capillaire.
- Ultracentrifugation.

### 2 - Enzymologie et génie enzymatique

Cours : 25 heures + 13 séances de TP-TD

#### 2.1 La catalyse enzymatique

- efficacité
- spécificité

#### 2.2 Cinétiques enzymatiques

- Cinétique michaelienne à un substrat et multi-substrat bi/bi : modélisations
- Cinétiques allostériques

#### 2.3 Effecteurs de la réaction enzymatique

- Température, pH
- Effecteurs moléculaires compétitifs, non compétitifs et incompétitifs ; effecteurs allostériques

#### 2.4 L'activité enzymatique

- Grandeurs et unités d'enzyme

#### 2.5 Utilisation des enzymes

- Les deshydrogénases à nucléotides pyridiniques
- Activité enzymatique ; différentes méthodes de mesure : méthode "deux points" et méthodes cinétiques
- Dosages de substrats en phase homogène : méthode "point final" et méthodes cinétiques
- Dosages immunoenzymatiques en phases homogène et hétérogène

#### 2.6 L'immobilisation des enzymes

- Méthodes d'immobilisation
- Propriétés des enzymes immobilisées
- Réacteurs enzymatiques ; biocapteurs

### 3 - Microbiologie et génie microbiologique

Cours : 25 heures + 15 séances de TP-TD

#### 3.1 Techniques microscopiques

- Examens de cellules vivantes.
- Examen de cellules en microscopie ordinaire après colorations.
- Examen de cellules après marquages fluorescents sous microscope à épifluorescence.

#### 3.2 Isolement, quantification et identification des microorganismes :

#### 3.3 Biochimie et physiologie microbiennes

##### 3.3.1 Types trophiques

- ATP et transport d'électrons
- Les différents transports membranaires d'électrons :
  - . chez les phototrophes
  - . chez les chimiotrophes (chimioorganotrophie et chimiolithotrophie)
- Bactéries chimiotrophes :
  - . les métabolismes énergétiques fermentaires des chimioorganotrophes
- Les métabolismes énergétiques respiratoires (respirations aérobies et anaérobies)
- Bactéries phototrophes.
- Source de carbone (autotrophie, hétérotrophie, besoins spécifiques)
- Source d'azote et de soufre

### 3.3.2 Écologie microbienne

- Cycles du carbone, de l'azote et du soufre.
- Relations hôte-microorganisme. A partir de l'étude physiologique de quelques exemples : notions de mutualisme et de symbiose, de commensalisme, de saprophytisme, de parasitisme, flore protectrice. Toxines.

### 3.3.3 Cultures microbiennes

- Cultures en milieux liquides et solides.
- Croissances en milieu liquide. Conditions de milieu et d'environnement et paramètres des croissances.
- Culture en milieu non renouvelé (batch) : cinétique de croissance, cinétique d'utilisation du substrat, cinétique de formation des produits.
- Calculs des rendements et des productivités.
- Culture en milieu renouvelé (se limiter à la relation entre taux de croissance et taux de renouvellement).
- Procédés : chimostat, turbidostat, culture en milieu alimenté (fed-batch). Intérêt et limites des cultures en continu.

### 3.4 Génie fermentaire

- Préparation d'un fermenteur de laboratoire
- . Aération des milieux de culture : demande en oxygène, vitesse de transfert de l'oxygène, méthodes d'aération.
- . Stérilisation des milieux de culture et des gaz
- . Régulation des différents paramètres de la culture : agitation, pression, niveau de liquide, mousses, viscosité, température, pO<sub>2</sub>, pH.
- Suivi de la fermentation :
  - . Analyses en ligne et hors ligne des variables de la culture : biomasse, substrats et produits (électrodes spécifiques, HPLC et CPG en continu,...).
  - . Applications du génie fermentaire \* (thématiques à mettre notamment en œuvre dans les TIPE)

Exemples de production de biomasse.

Exemples de productions de molécules d'intérêt.

Biodégradation ou biotransformation des polluants.

## 4 - Biologie moléculaire et génie génétique

Cours : 30 heures + 15 séances de TP-TD

### 4.1 Structures et fonctions des acides nucléiques

#### 4.1.1 Structure des acides nucléiques

- Structure et propriétés des nucléotides
- La structure primaire des acides nucléiques
- La structure tridimensionnelle de l'ADN : caractéristiques de la double hélice, surenroulements et topoisomérases, "compactage" intranucléaire
- Les différents types d'ARN : caractéristiques structurales et fonctionnelles

#### 4.1.2 Organisation des gènes et des génomes

- Le flux des informations et le dogme central
- Les gènes morcelés des eucaryotes
- Les opérons des procaryotes
- Stabilité et évolution des génomes : les familles de gènes, les éléments génétiques mobiles
- Caractéristiques comparées de quelques génomes : viraux, bactériens, de levure, végétaux, de mammifères.

#### 4.1.3 Les fonctions cellulaires de l'ADN

- La réplication de l'ADN des procaryotes et des eucaryotes
- Les systèmes de réparation de l'ADN
- Biosynthèse et maturation des ARN
- Contrôle transcriptionnel de l'expression des gènes chez les procaryotes et les eucaryotes

#### 4.1.4 Biosynthèse des protéines chez les procaryotes et les eucaryotes

- biosynthèse,
- Maturation post-traductionnelle et transport
- Adressage moléculaire

#### 4.2.1 Technologie de l'ADN

- Extractions d'ADN génomique, d'ADN plasmidique, d'ARN total
- Purifications d'ADN et d'ARN
- Électrophorèse d'ADN et d'ARN ; principe, mise en œuvre, exemples d'application
- Quantifications spectrophotométriques et fluorimétriques des acides nucléiques
- La dénaturation de l'ADN ; fusion thermique ; notions de T<sub>m</sub> et stringence
- Notions sur l'hybridation moléculaire
- Notions sur le séquençage de l'ADN : méthodes et stratégies de séquençage

#### 4.2.2 L'amplification de l'ADN

- Les méthodes du clonage moléculaire

- Vecteurs et grandes étapes chez les procaryotes et les eucaryotes
- Banques d'ADN génomique, banques d'ADN complémentaire : obtention, intérêt
- techniques de criblages (utilisation de sondes marquées, détection immunologique, recherche d'activités enzymatiques...)
- Notions sur la transfection des cellules eucaryotes et la transgénése :
  - Les technologies d'amplification in vitro (PCR)
- L'amplification spécifique d'ADN in vitro (PCR) : principe, mise en œuvre d'une PCR en point final, exemples d'applications analytiques et préparatives
- Synthèse d'ADN complémentaire par transcription réverse et PCR (RT-PCR) : principe et mise en œuvre

#### **4.3 Les applications du génie génétique**

On s'efforcera, à travers des exemples significatifs, de montrer l'apport du génie génétique dans différents domaines \* (thématiques à mettre notamment en œuvre dans les TIPE)

**4.3.1** Analyses du transcriptome et du protéome et notions de génomique fonctionnelle \* (thématiques à mettre notamment en œuvre dans les TIPE)

**4.3.2** Production de protéines hétérologues et recombinantes

\* (thématiques à mettre notamment en œuvre dans les TIPE)

**4.3.3** Applications diagnostiques et médicales du génie génétique

\* (thématiques à mettre notamment en œuvre dans les TIPE)

## **A**nnexe V

### **GÉOGRAPHIE**

---

La première année sera consacrée à une approche globale de la géographie, ce qui permettra aux étudiants de bénéficier d'une remise à niveau (ils sont en effet issus de bacs STL où la géographie est enseignée de manière très limitée en seconde et en première, et est absente en terminale du fait d'une épreuve anticipée l'année précédente). Il s'agira donc par le biais de l'enseignement des fondamentaux de la géographie tant physique qu'humaine, de fournir les méthodes d'observation et d'analyse nécessaires à la compréhension de la production par les sociétés humaines d'espaces ruraux organisés, c'est-à-dire de territoires.

Une fois ces clés de lecture assimilées, la seconde année traitera d'une part, des territoires ruraux en France. D'autre part, une question tournante portant sur les territoires ruraux d'un autre pays, sera fixée et complètera les cours dispensés.

Les séances de TD, ainsi que les interrogations orales, offriront l'occasion d'initier (en première année) et d'entraîner (en seconde année) les étudiants aux épreuves de concours. Ils auront le choix entre un commentaire de carte topographique au 1/50 000 ou mieux au 1/25 000, et un sujet à traiter à partir d'un dossier documentaire succinct composé de photographies, cartes, statistiques et textes brefs. Le temps de préparation sera de trente minutes et le temps de passage durera également trente minutes (10 minutes d'exposé et une quinzaine de minutes de questions).