

N°3

26 JUIN
2003

Page 1097
à 1140

Le

BO

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

NUMÉRO HORS-SÉRIE

● ORGANISATION ET
PROGRAMMES DES CLASSES
PRÉPARATOIRES AUX GRANDES
ÉCOLES

VOLUME 9

ministère

jeunesse
éducation
recherche



ORGANISATION ET PROGRAMMES DES CLASSES PRÉPARATOIRES AUX GRANDES ÉCOLES

*Le volume 9 fait suite aux huit volumes qui recueillent l'ensemble des textes relatifs au dispositif réglementaire applicables aux CPGE.
(B.O. hors-séries "organisation et programmes des classes préparatoires aux grandes écoles" datés des 20, 27 juillet 1995, 18 juillet 1996 et du 9 avril 1998).*

VOLUME 9

1099 **Programmes de première et de seconde années de mathématiques, informatique et sciences de la vie et de la Terre, et de première année de physique et de chimie de certaines classes préparatoires biologie, chimie, physique, sciences de la Terre (BCPST)**
A. du 27-5-2003. JO du 6-6-2003 (NOR : MENS0301180A)

Annexes

1100 **Annexe 1** - Programme de sciences de la vie et de la Terre (première et seconde années)
1100 I - Sciences de la vie
1107 II - Sciences de la Terre

1114 **Annexe 2** - Programmes de physique et de chimie des classes de première année

1114 I - Physique
1114 A - Électrocinétique et électronique
1115 B - Mécanique
1117 C - Thermodynamique
1119 D - Optique
1121 II - Chimie
1121 A - Atomes et édifices chimiques
1122 B - Cinétique chimique
1122 C - Thermodynamique chimique
1123 D - Solutions aqueuses
1123 E - Chimie organique

1126 **Annexe 3** - Programme de mathématiques et d'informatique (classes de première et de seconde années)

1127 **Première année**
1127 I - Nombres complexes et polynômes
1127 II - Algèbre linéaire
1128 III - Géométrie
1129 IV - Suites réelles et fonctions réelles d'une variable réelle
1131 V - Calcul intégral
1132 VI - Séries
1132 VII - Fonctions réelles de plusieurs variables réelles
1132 VIII - Probabilités
1134 **Seconde année**
1134 I - Nombres complexes et polynômes
1134 II - Algèbre linéaire
1135 III - Géométrie
1135 IV - Fonctions réelles d'une variable réelle
1135 V - Calcul intégral
1135 VI - Séries
1136 VII - Fonctions réelles de plusieurs variables réelles
1136 VIII - Probabilités

1138 **Programme d'informatique de la voie BCPST**

1138 I - Objectifs de formation
1138 II - Programme



Directrice de la publication : Catherine Rouillé - **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-maquetiste** : Bruno Lefebvre - **Maquetistes** : Laurette Adolphe-Pierre, Béatrice Heuline, Éric 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 45 51 99 47 ● **DIFFUSION ET ABONNEMENT** : **CNDP Abonnements**, B - 750 - 60732 STE GENEVIÈVE CEDEX. Tél. 03 44 03 32 37, fax 03 44 03 30 13. ● **Le B.O.** est une publication du ministère de la jeunesse, de l'éducation nationale et de la recherche.

PROGRAMMES DE PREMIÈRE ET DE SECONDE ANNÉES DE MATHÉMATIQUES, INFORMATIQUE ET SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE, ET DE PREMIÈRE ANNÉE DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE DES CLASSES PRÉPARATOIRES BIOLOGIE, CHIMIE, PHYSIQUE, SCIENCES DE LA TERRE (BCPST)

A. du 27-5-2003. JO du 6-6-2003
NOR : MENS0301180A
RLR : 471-1g
MEN - DES A9

Vu code de l'éducation ; D. n° 94-1015 du 23-11-1994 not., article 11 ; A. du 10-2-1995 ; A. du 10-2-1995 ; A. du 3-7-1995 ; avis du ministre de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales du 29-4-2003 ; avis du CSE du 10-4-2003 avis du CNESE du 22-4-2003

Article 1 - Les programmes de mathématiques, informatique, physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre figurant en annexe à l'arrêté du 3 juillet 1995 susvisé sont **remplacés** par ceux annexés au présent arrêté à compter de l'année scolaire 2003-2004 pour la première année et de l'année scolaire 2004-2005 pour la seconde année.

Article 2 - 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 27 mai 2003
Pour le ministre de la jeunesse,
de l'éducation nationale et de la recherche
et par délégation,
Par empêchement du directeur
de l'enseignement supérieur,
le chef de service
Jean-Pierre KOROLITSKI

(voir annexes page suivante)

Annexe 1

PROGRAMME DE SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (PREMIÈRE ET SECONDE ANNÉES)

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 notamment).

En sciences de la vie, 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.

En sciences de la Terre le programme vise à présenter la Terre solide. L'étude détaillée de la dynamique atmosphérique et océanique est reportée à un niveau d'études plus approfondi. Le programme souligne les interactions entre différents facteurs de l'environnement. Il s'appuie sur les observations réalisées lors de stages sur le terrain.

Les professeurs de classe préparatoire demeurent libres de mener le programme comme ils l'entendent.

I - SCIENCES DE LA VIE

En première année, sont traités :

- la partie 1 Biologie cellulaire et moléculaire ;

- le point 3 "Construction d'un organisme, mise en place d'un plan d'organisation" de la partie 2 Biologie des organismes

En seconde année sont traités les 4 autres points de la partie 2 et la partie 3 "Intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme".

Partie 1 - Biologie cellulaire et moléculaire

<p>1. L'organisation cellulaire et moléculaire du Vivant 1.1 La cellule eucaryote, unité structurale et fonctionnelle Approche comparative de deux exemples : la cellule acineuse pancréatique et la cellule du parenchyme palissadique.</p>	<p>L'objet de cet item ne saurait dépasser celui d'une présentation générale de la structure et du fonctionnement des cellules eucaryotes. 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 sommairement 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. Une référence comparative sommaire peut être faite avec une cellule procaryote (exemple : Escherichia coli, Eubactérie). Une approche monographique de cette dernière est exclue du programme.</p>
<p>1.2 Propriétés fonctionnelles des principales familles de molécules du vivant - Caractères généraux des constituants fondamentaux des êtres vivants. - Propriétés physico-chimiques des glucides, des lipides et des protéines en relation avec leurs rôles.</p>	<p>Sans qu'il soit question de faire un cours de biochimie théorique indépendant des structures biologiques et des fonctions de ces substances, il paraît indispensable de mettre à la disposition des étudiants une vue d'ensemble structurée des divers types de constituants chimiques qui interviennent chez les êtres vivants. On insiste sur les échelles de taille des biomolécules, l'existence d'un petit nombre de classes principales (oses et osides ; acides gras, lipides ; acides aminés, peptides et protéines ; nucléotides et acides nucléiques) ; les différents types de liaisons et de groupements chimiques impliqués ; le comportement des biomolécules vis-à-vis de l'eau. L'étude des différents ordres de structure des protéines est menée pour l'essentiel sur la myoglobine et l'hémoglobine en relation avec leurs propriétés fonctionnelles. On souligne l'importance des changements de conformation des protéines et on signalera l'existence d'isoformes.</p>
<p>1.3 Membranes et fonctionnement cellulaire - Organisation moléculaire des membranes et des matrices extracellulaires en relation avec leurs rôles.</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>- Échanges transmembranaires : 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 3 du programme.</p>
<p>2. Le métabolisme cellulaire 2.1 Les enzymes, acteurs du métabolisme</p>	<p>Dans un souci de transdisciplinarité, un préambule présente sommairement les conditions thermodynamiques et cinétiques de la réalisation des réactions chimiques dans la cellule (variations d'enthalpie libre négative, fonctions générales d'un catalyseur). Ces notions ne sont cependant pas, en tant que telles, un objectif du programme.</p>
<p>- Catalyse enzymatique. • Cinétique des enzymes michaéliennes (Km, Vmax et leur signification).</p>	<p>La cinétique est traitée dans le cours de chimie. Les données cinétiques sont exploitées ici pour préciser les modalités de l'interaction enzyme-substrat. On indique l'existence de différents types d'inhibitions. On donne la traduction cinétique d'une inhibition réversible compétitive et d'une inhibition réversible non compétitive.</p>
<p>• Étude à l'échelle moléculaire d'un exemple du déroulement d'une réaction catalytique.</p>	
<p>- Contrôle de l'activité enzymatique.</p>	<p>On étudie le contrôle de l'activité enzymatique par modification covalente (en se limitant à l'exemple de la phosphorylation/déphosphorylation) et par intervention de propriétés allostériques (effets coopératifs, action d'effecteurs allostériques). Les modèles cinétiques de l'allostérie concertée ou séquentielle ne sont pas au programme.</p>

<p>2.2 Structure générale du métabolisme et rôle des coenzymes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Place du catabolisme oxydatif et de la photosynthèse eucaryote. - Place et propriétés de l'ATP dans le métabolisme cellulaire. - Place et propriétés des coenzymes (NAD, NADP, FAD, coenzyme A) ; implications énergétiques et métaboliques. - Interprétation en termes de couplages énergétiques. 	
<p>2.3 La photosynthèse eucaryote</p>	<p>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).</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Chaîne photosynthétique et photophosphorylations acyclique et cyclique. 	<p>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.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Les cycles de carboxylation photosynthétique en C3 et C4 - C3. 	<p>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 bisphosphate 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.</p>
<p>2.4 Le catabolisme oxydatif</p>	<p>L'étude du catabolisme oxydatif est envisagé dans le cadre de la cellule eucaryote. Son existence chez les Procaryotes sera 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).</p>
<ul style="list-style-type: none"> - L'oxydation des substrats organiques. • Oxydation du glycéraldéhyde - 3P dans le cytosol (glycolyse). 	<p>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.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Oxydation du pyruvate et des acides gras dans la mitochondrie. 	<p>Les différentes origines du pyruvate (dont la voie de dégradation de l'alanine) sont présentées.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Oxydation de l'acétyl-coenzyme A dans la mitochondrie (cycle de Krebs). 	<p>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.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Chaîne respiratoire et oxydations phosphorylantes. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Fermentations lactique et éthanolique. 	
<p>3. L'information génétique à l'échelle cellulaire</p>	<p>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 répllication semi-conservatif de l'ADN, élucidation du code génétique, notion de gène, relation gène-caractère...). Ces connaissances ont été établies dans les classes de lycée. Ces concepts sont brièvement rappelés, sans que leurs supports expérimentaux fondateurs soient exigibles.</p>
<p>3.1 Supports et organisation de l'information génétique</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Supports moléculaires et cellulaires de l'information génétique. 	<p>En relation avec les items 3.2 et 3.3 on s'attache à discuter la définition moléculaire du gène.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Organisation des génomes pro - et eucaryotes. 	<p>Cette étude des supports est l'occasion d'aborder les génomes viraux à ARN. L'étude de ces supports est abordée à différentes échelles, de celle de la structure des chromosomes, au contenu informatif des molécules d'ADN qui les constituent. On peut évoquer les méthodes d'étude mais seuls les résultats sont au programme.</p>

3.2 Mécanismes moléculaires de conservation de l'information génétique	Cette étude est restreinte au cas des Procaryotes, modèle E. coli.
- Conservation de l'information génétique lors de sa réplication. Modifications de séquences liées à la réplication (formes tautomères).	L'étude de la réplication est orientée sur les mécanismes moléculaires d'action des ADN polymérasés. La fidélité de la copie est discutée. On signale l'intervention d'autres enzymes dans la réplication. Les mécanismes de réplication par cercle tournant ne sont pas au programme.
- 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.
3.3 Mécanismes moléculaires de l'expression génétique	
- Mécanismes fondamentaux de l'expression génétique : 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 réplication. L'existence de signaux d'initiation et de fin de transcription est présentée. Le rôle des amino-acyl-ARNt-synthases est indiqué.
- Quelques caractères de l'expression génétique dans la cellule eucaryote : gènes en mosaïque et maturation des ARNm ; maturation et modifications post-traductionnelles.	Les mécanismes de l'excision et de l'épissage ne sont pas au programme. Les processus de maturation sont étudiés dans le cadre de la compartimentation des cellules eucaryotes. La maturation post-traductionnelle et l'adressage des protéines sont présentés. On se limite aux mécanismes simplifiés de translocation co-traductionnelle dans le réticulum et aux seules mentions et localisations des maturations et modifications par établissement des ponts disulfures, glycosylations, clivages protéiques et phosphorylations.
- Contrôle de l'expression génétique. • Exemple de l'opéron lactose chez les procaryotes (E coli).	
• États de condensation de la chromatine et expression génétique chez les eucaryotes ; rôle du complexe d'initiation de la transcription 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).
- Les virus, parasites du système d'expression des cellules.	Seuls sont envisagés le phage λ , le virus de la mosaïque du tabac et le VIH. Le phage λ est utilisé pour présenter la lysogénie dont les processus moléculaires ne sont pas étudiés.
3.4 Transmission de l'information lors de la mitose	
- Mitose et conservation de l'information lors de sa transmission.	L'étude de la mitose permet de discuter, aux échelles chromosomique et 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.
- Place de la mitose dans le cycle cellulaire.	La 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.

Partie 2 - Biologie des organismes

1. Diversité du vivant	
Critères systématiques	Les bases de la phylogénie, établies en classe de Terminale, sont brièvement rappelées. Elles permettent d'exposer de manière simple les critères de systématique phylogénique qui conduisent à organiser la diversité du vivant, constatée dans les cours et les travaux pratiques. L'étude de cette diversité permet notamment de présenter des organismes unicellulaires procaryotes et eucaryotes (archée, colibacille, cyanobactérie, levure...) mais qui ne font en aucun cas l'objet d'une étude monographique.

2. L'organisme en relation avec son milieu	
2.1 Réalisation des échanges gazeux entre l'organisme animal et son milieu (nature des échanges, diversité des échangeurs, modalités de la ventilation)	<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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les branchies d'une Annelide (arénicole), d'un Mollusque (moule), d'un Arthropode Crustacé (écrevisse), et chez les Vertébrés, exclusivement des Poissons Téléostéens ; - les poumons : l'étude se limite aux poumons des Vertébrés suivants : Amphibiens, Oiseaux, Mammifères ; - les trachées des Arthropodes Insectes. <p>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>
2.2 Échanges hydro-minéraux entre l'organisme végétal et son milieu ; corrélations trophiques dans l'organisme végétal	
- Absorption racinaire, fonctionnement stomatique, circulation des sèves (cas des Angiospermes).	<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.</p> <p>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>
2.3 Adaptation du développement des Angiospermes au rythme saisonnier	
- Exemple du passage de la saison froide, en région tempérée, chez les Angiospermes.	<p>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.</p>
3. Construction d'un organisme, mise en place d'un plan d'organisation	
3.1 Mise en place du plan d'organisation chez les Vertébrés	<p>Il s'agit de présenter les grandes étapes qui marquent le développement d'un organisme animal. On insiste dans un premier temps sur les principales acquisitions morphologiques, anatomiques et histologiques qui caractérisent les développements embryonnaires et post-embryonnaires. Les mécanismes cellulaires, moléculaires, voire génétiques de certaines de ces étapes sont ensuite étudiés.</p>
- 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).</p> <p>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>
- Quelques modalités du développement des animaux : induction et structuration du mésoblaste, régionalisation des somites, différenciation de la cellule musculaire squelettique, croissance d'un os long de Mammifère, mécanismes d'histolyse, histogénèse 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'expression des gènes homéotiques.</p>
3.2 Le développement post-embryonnaire des Angiospermes : de la jeune plante à la plante différenciée	<p>L'étude est limitée 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 : mères, auxèses, différenciation.</p>

- Organisation et fonctionnement des apex racinaire et caulinaire.	Les caractères cytologiques des cellules méristématiques sont présentés mais le contrôle hormonal du fonctionnement des méristèmes est exclu. On présente les approches génétiques relatives au fonctionnement du méristème apical caulinaire (cas d' <i>Arabidopsis thaliana</i>). On souligne 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.
- Grandissement cellulaire et histogénèse.	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 ne sont 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.
- Méristèmes secondaires et croissance en épaisseur.	La mise en place et le fonctionnement du cambium et du phellogène sont présentés. Cette étude de la croissance en épaisseur complète ainsi celle de la croissance en longueur, abordée dans les deux points précédents.
4. La reproduction des organismes animaux et végétaux	
4.1 Reproduction sexuée des végétaux	
- Organisation de la fleur, formation des gamétophytes, pollinisation, double fécondation et formation de la graine et du fruit chez les Angiospermes.	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, la formation des gamétanges chez les Filicophytes.
- Formation du gamétophyte, fécondation et formation du jeune sporophyte chez les Filicophytes.	Les cycles biologiques des Angiospermes et des Filicophytes sont construits, sans qu'ils conduisent à une étude comparative
4.2 Multiplication végétative naturelle chez les Angiospermes	
4.3 Reproduction sexuée chez les Mammifères : gamètes et fécondation	
	Les aspects éthologiques de la reproduction sexuée ne sont pas au programme. Les gamétogénèses mâle et femelle, sans leurs contrôles, sont au programme
4.4 Aspects chromosomiques et génétiques de la reproduction : 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 donnera 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
5. Diversité des types trophiques	
Types trophiques des micro-organismes : principales modalités.	Les grands processus métaboliques participant à la réalisation des types trophiques sont évoqués (photosynthèses, chimiosynthèses, fermentations, respirations) sans que le détail de leurs voies métaboliques soit exigé. Il convient surtout qu'apparaissent l'origine de l'énergie, la nature des donneurs et des accepteurs d'électrons et que les processus soient analysés en termes d'oxydo-réduction. L'existence d'organismes diazotrophes, symbiotiques ou non, est mentionnée, mais le fonctionnement des nodosités n'est pas au programme. Il ne s'agit pas de traiter les relations biotiques qui peuvent s'établir entre les êtres vivants (parasitisme, symbiose...). Les organismes étudiés seront cependant replacés dans les cycles du carbone et de l'azote, faisant ainsi apparaître l'importance écologique des types trophiques étudiés.

Partie 3 - Intégration d'une fonction à l'échelle de l'organisme

Cette partie permet d'aborder l'idée d'intégration d'une fonction-la fonction circulatoire-, à l'échelle de l'organisme. Elle conduit aussi à construire l'idée de régulation. L'exemple retenu est celui de l'intégration de la circulation systémique au fonctionnement des cellules et des organes, chez l'Homme.

Appuyée sur les notions de base relatives aux corrélations entre cellules, et prenant pour cadre le muscle squelettique, cette étude permet aussi d'établir une cohérence avec d'autres chapitres du programme.

1. Des communications intercellulaires chez l'animal	Il s'agit de présenter les mécanismes généraux de la communication entre cellules et non pas de traiter de manière exhaustive la diversité des mécanismes connus.
1.1 Messagers et messages dans les corrélations nerveuses et hormonales	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.
1.2 Mode d'action cellulaire des neurotransmetteurs et des hormones	Le mode d'action cellulaire des neurotransmetteurs est établi à partir des exemples de la noradrénaline (récepteurs α et β et de l'acétylcholine (récepteurs nicotinique et muscariniques). Pour les hormones, on présente un exemple de transduction avec récepteur membranaire et un exemple avec récepteur nucléaire. La diversité des mécanismes de transduction n'est pas l'objet de ce programme.
1.3 Genèse et propagation du message nerveux à l'échelle du neurone	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.
2. Le fonctionnement de la cellule musculaire squelettique	
2.1 Organisation fonctionnelle de la cellule musculaire squelettique	La cellule musculaire squelettique est resituée au sein du muscle ; la connaissance de l'organisation de celui-ci se limite aux relations entre les cellules musculaires, les terminaisons des motoneurons et la micro-circulation (capillaires musculaires).
2.2 Couplage excitation / contraction	
2.3 Activité cellulaire et métabolisme énergétique de la cellule musculaire squelettique	Les mécanismes de la contraction sont étudiés en relation avec l'utilisation de l'ATP. 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 évoqué.
3. Intégration de la circulation sanguine au fonctionnement des organes	
3.1 Le transport des gaz respiratoires par le sang	L'étude du transport des gaz respiratoires est reliée aux connaissances développées dans les chapitres concernant les protéines et la respiration chez les animaux. Les effets du transport des gaz respiratoires sur le pH sanguin sont hors programme.
3.2 La pompe cardiaque et la mise en circulation du sang. Contrôle de l'activité cardiaque et débit sanguin	Les activités mécanique et 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.
3.3 La distribution du sang au muscle et son contrôle Circuit sanguin, organisation fonctionnelle des segments vasculaires (artères, artérioles, capillaires, veines), échanges capillaires, vasomotricité.	
3.4 Intégration de la perfusion du muscle à l'échelle de l'organisme	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.

II - SCIENCES DE LA TERRE

En première année, sont traités :

- les parties 1, 2 "La Terre actuelle, planète active", "Le magmatisme" ;
- les points 3.1, 3.2, 3.3 de la partie 3 "Le phénomène sédimentaire".

En seconde année sont traités le point 3.4 de la partie 3 et les parties 4 et 5 "Les transformations structurales et minéralogiques de la lithosphère", "Le cycle géochimique du carbone".

<p>1. La Terre actuelle, planète active</p>	<p>On présente dans cette partie les différentes échelles auxquelles s'intéressent les Sciences de la Terre, et les différentes méthodes d'étude adaptées à ces échelles. L'observation de la Terre à l'échelle du millier de kilomètres n'est pas réalisée en cours. Elle est faite à partir de l'étude de la carte géologique de France au 1/10⁶ en travaux pratiques. On montre que cette échelle révèle de grands ensembles géologiques : massifs anciens, bassins sédimentaires, chaînes récentes.</p>
<p>1.1 Vue d'ensemble sur la Terre</p>	
<p>Situation dans le système solaire. Enveloppes externes fluides. Masse de la Terre. Nécessité d'un noyau dense. Renseignements apportés par les météorites.</p>	<p>Il s'agit dans cet alinéa de rappeler des notions acquises avant le baccalauréat.</p>
<p>1.2 La structure interne de la Terre</p>	
<p>- Détermination de la nature et des propriétés physico-chimiques des constituants (roches et minéraux) des enveloppes terrestres grâce aux études sismiques, pétrographiques et expérimentales.</p>	<p>Cette étude met en place les notions de minéral et de roche ; on présente les principaux silicates et la calcite, les polyèdres de coordination (tétraèdre et octaèdre) et on discute les possibilités de substitution d'éléments. Cette partie est coordonnée avec la présentation en TP des principaux minéraux et roches constitutifs des enveloppes terrestres.</p>
<p>- Modèle radial de la Terre.</p>	<p>Les différentes enveloppes du globe ont été mises en évidence dans la scolarité antérieure. Les études sismiques, pétrographiques et expérimentales permettent de caractériser la nature et les propriétés des constituants de ces enveloppes. Les principales roches envisagées sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - croûte continentale : granite, granodiorite, andésite, calcaire, pélites, grès, gneiss, schiste. - croûte océanique : basalte, gabbro ; - manteau : péridotite ; <p>On indique simplement que le noyau est constitué d'alliages fer-nickel.</p> <p>Cette étude conduit à un bilan chimique simple de chaque enveloppe.</p> <p>La différenciation géochimique primitive et son origine ne sont pas au programme.</p>
<p>1.3 Forme et dynamique du globe terrestre</p>	
<p>- La forme de la Terre. Champ de gravité et anomalies gravimétriques. Équilibre archimédéen : l'isostasie. Exemples de subsidence et de surrection. Relation profondeur /âge des fonds océaniques. Altimétrie satellitale et établissement d'une surface libre moyenne des océans, reflet des reliefs - sous-marins (variations spatiales de petite longueur d'onde).</p>	<p>Cette partie est l'occasion d'insister sur la démarche en Sciences de la Terre : observer, mesurer, puis modéliser à partir d'un nombre limité de paramètres. Une analyse des écarts entre le modèle et la réalité conduit alors à de fructueuses interprétations.</p> <p>Cette partie s'appuie nécessairement sur les exercices de travaux pratiques. L'établissement du géoïde continental n'est pas au programme.</p>
<p>- Les plaques lithosphériques. Cinématique instantanée et cinématique absolue. Notion de plaque lithosphérique ; mouvement de rotation autour d'un pôle, petit cercle eulérien, vitesse angulaire et vitesse linéaire. Détermination de la direction du mouvement relatif à l'aide des failles transformantes et des mécanismes au foyer. Comparaison de vitesses relatives déterminées à l'aide des anomalies magnétiques et des données satellitales.</p>	<p>L'étude des variations de grande longueur d'onde de la surface des océans n'est pas au programme.</p>
<p>Mouvements absolus déterminés par rapport au référentiel des points chauds.</p>	<p>La représentation stéréographique d'un mécanisme au foyer est utilisée mais sans que sa construction soit au programme.</p>
	<p>La construction d'un modèle de cinématique instantanée n'est pas au programme.</p>

- La dynamique mantellique. Flux de chaleur à la surface du globe, conduction et advection de la chaleur, convection.	La dynamique du noyau n'est pas au programme. On indique seulement que les mouvements à l'intérieur du noyau externe sont à l'origine de la composante principale du champ magnétique terrestre.
Tomographie sismique et hétérogénéités latérales du manteau.	Le principe d'établissement des images de tomographie sismique n'est pas exigé.
Modèle de convection : subductions motrices, rôle des points chauds.	On souligne que la convection mantellique est celle d'un fluide refroidi par sa surface et contenant des sources internes de chaleur. Le nombre de Rayleigh peut être présenté, l'essentiel étant de discuter les propriétés des péridotites mantelliennes permettant la convection.
Origine de la chaleur terrestre. Établissement d'un géotherme terrestre.	On insiste principalement sur le rôle de la radioactivité, source interne de chaleur, qui est quantifiée dans les roches et les enveloppes terrestres. L'établissement d'un géotherme océanique ou continental peut être conduit à l'aide d'exercices.
2. Le magmatisme	
2.1 Les processus fondamentaux du magmatisme	
- Fusion partielle d'une roche mère : la péridotite.	On montre la différence entre les compositions du solide et du liquide magmatique à partir des études expérimentales de fusion de mélanges de silicates calco-alumino-magnésiens présents dans la péridotite. On s'appuie sur l'étude des mélanges binaires présentant des eutectiques, et qui conduit à la présentation d'un seul système ternaire.
- Extraction et ascension d'un magma ; différenciation magmatique et cristallisation (profondeur, surface).	La différenciation est étudiée à partir des termes volcaniques d'une série tholéiitique ou alcaline, en se limitant, selon l'exemple choisi, aux roches suivantes : basalte, trachyte, rhyolite.
- Contamination.	La contamination est étudiée à propos de l'étude du magmatisme d'une zone de subduction.
2.2 Magmatisme et contextes géodynamiques	
Rift continental, dorsale, zone de subduction, chaîne de collision, point chaud.	L'objectif est ici de discuter la nature des différentes roches susceptibles de subir une fusion partielle (péridotites mantelliennes ou roches de la croûte continentale) ainsi que les conditions permettant cette fusion dans les différents contextes géodynamiques. Dans le cas d'une zone de subduction, seul le magmatisme calco-alcalin est évoqué sans que soit envisagée la diversité des séries magmatiques associées à la subduction.
3. Le phénomène sédimentaire	
3.1 Désagrégation mécanique et altération chimique en domaine continental	
Désagrégation mécanique. Altération chimique des silicates ; formations résiduelles. Dissolution des carbonates.	L'altération des silicates est étudiée à partir de l'exemple des granites. L'influence du climat et l'importance du CO ₂ sont soulignées. On se limite à la présentation des minéraux néoformés suivants : illite, kaolinite, hydroxydes de fer et d'aluminium. L'étude des sols est exclue. L'importance de ces processus à l'échelle de la Terre globale est introduite dans l'étude du cycle du carbone.
3.2 La sédimentation	
Dépôt des particules transportées par un fluide : sédimentation détritique. Précipitation de solutions : sédimentation évaporitique. Précipitation biologique : carbonates, silice. Préservation de la matière organique sédimentaire.	Le diagramme de Hjulström est utilisé. Cette partie est centrée sur les mécanismes de la sédimentation ; toutefois, on présente, sans chercher l'exhaustivité, un exemple de chaque type d'aires où ces mécanismes sont en action à savoir une marge continentale et un domaine océanique.
3.3 Un exemple de bassin sédimentaire : une marge continentale passive	
Apport sédimentaire et espace disponible. Géométrie des corps sédimentaires et causes de variations de l'espace disponible (eustatisme, tectonique).	On distingue trois types de disposition géométrique : progradation, aggradation, rétrogradation. On réalise l'analyse de données issues d'un profil sismique. Par contre, la construction d'un diagramme chronostratigraphique n'est pas au programme. On ne discute pas des causes des variations du niveau marin.

<p>3.4 Les sédiments, archives de variations climatiques du dernier million d'années</p>	
<p>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 ¹⁸O 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 (CO₂, albedo). 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>4. Les transformations structurales et minéralogiques de la lithosphère</p>	
<p>4.1. Rhéologie de la lithosphère</p>	
<p>- Contrainte et déformation ; déformations élastique, plastique et cassante. Sismogénèse.</p>	<p>Parler de comportements ductile et cassant est une autre façon de décrire le régime de déformations. On montre l'importance de la nature des matériaux et des conditions thermodynamiques.</p>
<p>- Changements des propriétés mécaniques des roches.</p>	<p>Ces changements sont mis en liaison avec la notion de lithosphère thermique et mécanique abordée au point 1.3.</p>
<p>- Diversité d'échelle des déformations, de l'échelle du cristal à la lithosphère. Plis et failles. Schistosité et foliation. Linéations.</p>	<p>Les caractéristiques des plis ne sont étudiées que si elles sont liées à des différences de mode de déformation.</p>
<p>4.2 Les transformations minérales</p>	
<p>- Réactions univariantes du métamorphisme et minéraux index ; paragenèses minérales et importance des matériaux originels dans la diversité des roches métamorphiques.</p>	<p>Les transformations minéralogiques sont régies par les lois de la thermodynamique et de la cinétique : les associations minéralogiques sont des indicateurs de pression et de température.</p>
<p>- Variations dans le temps des assemblages minéralogiques présents dans une roche : chemin P,T = f(t)</p>	<p>L'évolution dans le temps des associations minéralogiques est discutée en termes géodynamiques.</p>
<p>4.3 Les objets tectoniques et les témoins métamorphiques dans une chaîne de collision : les Alpes franco-italo-suisse</p>	<p>Cette partie permet de présenter des objets tectoniques d'échelle variée, et des témoins métamorphiques dans le cadre structural d'une chaîne de collision. On se limite à la partie des Alpes visible sur la carte géologique de la France au 1/10⁶.</p>
<p>- Principales structures de l'édifice alpin : . témoins de paléomarge passive ; . indices de raccourcissement et d'épaississement ; décrochements.</p>	<p>Cette étude est l'occasion de présenter des observations de terrain et des résultats géophysiques. Le lien est fait entre l'épaississement crustal et l'isostasie. Les mouvements actuels sont mentionnés.</p>
<p>- Vestiges de l'océan liguro-piémontais.</p>	<p>La connaissance de l'océan valaisan n'est pas au programme.</p>
<p>- Apports des témoins métamorphiques.</p>	<p>L'ensemble des informations est intégré aux grandes étapes de l'histoire géodynamique de la chaîne. La connaissance chronostratigraphique des différents événements n'est pas au programme.</p>
<p>5. Le cycle géochimique du carbone</p>	
<p>Détermination des principaux réservoirs et des flux qui les relient. Aspects qualitatifs et quantitatifs. 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 CO₂ d'origine anthropique.</p>	<p>Cette partie utilise les données et les concepts de l'ensemble des chapitres précédents. Le cycle du carbone est établi à partir d'une analyse des phénomènes actuels. On montre le rôle central de l'océan et le lien avec la biosphère. 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

Le programme de travaux pratiques s'articule autour de 49 séances en salle (28 en première année, 21 en seconde année) et d'un travail sur le terrain lors d'un stage dans chacune des deux années.

La dénomination "séance" est une indication horaire correspondant à 3 h en première année et 2 h 30 en seconde année. Le contenu d'une séance peut être distribué sur une ou plusieurs séquences de travaux pratiques.

En première année, sont prévues :

en sciences de la Vie (19 séances)

- les séances de travaux pratiques relatives à la biologie cellulaire et moléculaire (8)
- les séances consacrées à la souris (2)
- les séances consacrées aux Arthropodes : criquet et écrevisse (2)
- la séance consacrée au développement de la grenouille (1)
- les séances consacrées à l'appareil végétatif des Angiospermes (4)
- les séances consacrées à l'organisation florale des Angiospermes (2)

en sciences de la Terre (9 séances)

- les séances consacrées à l'exploitation de données géophysiques à l'échelle de la planète (2)
- les séances consacrées aux matériaux de la lithosphère : principaux types de roches et de minéraux (2)
- les séances consacrées aux représentations de la Terre aux différentes échelles (2)
- les séances consacrées à l'étude d'une dorsale (1), des marges active (1) et passive (1)

En seconde année, sont prévues :

en sciences de la Vie (16 séances)

- les séances relatives à la diversité des métazoaires : organisation comparée de deux appareils respiratoires (1), Mollusques (1), Insectes (2), Annélides (1)
- les séances consacrées à la diversité des types cellulaires animaux : histologie des Mammifères (3)
- la séance consacrée à l'étude des Champignons (1)
- les séances consacrées à la diversité des organismes végétaux : algues (1), Bryophytes (1), Filicophytes (1), Conifères (1), histologie des pièces florales des Angiospermes (1), graines, fruits et germinations chez les Angiospermes (2)

en sciences de la Terre (5 séances)

- les séances consacrées à l'étude de quelques grandes structures géologiques : un massif ancien et ses bordures (1), une chaîne récente : les Alpes (3), un bassin sédimentaire (1)

Biologie cellulaire et moléculaire (8 séances)

Ces TP de biologie cellulaire et moléculaire sont l'occasion de présenter aux élèves des activités reposant sur différents types de supports : réalisation de préparations microscopiques, mise en œuvre de protocoles expérimentaux fournis, exploitation de documents présentant les techniques de biologie cellulaire et moléculaire. L'exposé du principe des techniques ne peut être exigé mais il doit permettre de conduire une exploitation raisonnée des documents.

- Techniques d'étude de la cellule (2 séances) • Observation de cellules vivantes. • Mise en évidence des principaux constituants de la cellule. • Ultrastructures cellulaires. - Techniques de biologie moléculaire (2 séances).	
• Électrophorèse, chromatographie.	Une électrophorèse et une chromatographie sont réalisées.
• Principes et analyse de résultats des technologies de l'ADN recombinant.	La connaissance de ces techniques apparaît nécessaire à une acquisition solide et exploitable du cours de biologie moléculaire et cellulaire. Cette étude se fonde sur l'analyse de résultats expérimentaux, dont on explique alors les conditions d'obtention.
- Étude de micro-organismes : bactéries, levures, protistes (1 séance).	Ce TP est l'occasion d'aborder des pratiques simples de microbiologie : préparation de milieux de cultures, ensemencement, et de s'intéresser à divers aspects : observation de la diversité, dénombrement, établissement de courbes de croissance.
- Division cellulaire (1 séance).	Étude de la mitose : réalisation d'une préparation microscopique, exploitation de lames et de clichés à différentes échelles. Les observations relatives à la méiose sont vues à l'occasion de l'étude des sporanges (Filicophytes) ou des coupes d'anthere.
- Enzymologie (2 séances). • Étude cinétique d'une réaction, influence de deux paramètres (pH, température). • Exercices.	On réalise expérimentalement le suivi d'une réaction enzymatique. On se limite à des exercices portant sur des enzymes michaeliennes en présence ou non de différents types d'inhibiteurs.

Biologie des organismes (27 séances)

Les TP sont les lieux privilégiés pour appréhender de manière concrète la diversité et l'organisation du Vivant, ce qui passe par l'étude des organismes aux différentes échelles d'observations. On aura le souci de relier en permanence les approches morphologiques, anatomiques et histologiques à la biologie de l'organisme étudié. Les activités proposées dans les différents travaux pratiques sont généralement limitées à certains aspects biologiques et/ou systématiques. Seules ces activités sont exigibles ; elles n'interdisent cependant pas, au cours de la séance, d'autres observations ou manipulations permettant de comprendre les plans d'organisation et de soutenir le cours.

La diversité des Métazoaires et les grands plans d'organisation (10 séances).	
- Vertébrés.	L'étude de la morphologie et des différentes étapes de la dissection d'un vertébré permettent de dégager les notions de plan d'organisation, d'appareils et d'organes dans leurs relations anatomiques.
• Souris (2 séances).	Morphologie générale, organes de la région thoracique, dissection de l'appareil digestif, des appareils urinaires et génitaux, organisation générale de l'encéphale en place.
• Organisation comparée de deux appareils respiratoires : grenouille et poisson (1 séance).	La relation avec l'appareil circulatoire est envisagée. Elle se limite à l'observation du cœur et des départs des troncs artériels. On ne réalise pas d'injections.
- Mollusques (moule et escargot) (1 séance).	Coquille, animal hors de sa coquille, cavité palléale. Organisation des branchies de la Moule. Il s'agit d'une étude comparative qui ne vise pas à dégager toutes les caractéristiques du plan d'organisation des Mollusques. Les caractéristiques anatomiques et fonctionnelles des différents appareils ne sont pas au programme.
- Arthropodes (2 séances : criquet, écrevisse)	Morphologie générale du criquet, pièces buccales, extraction et montage de trachées. Morphologie générale de l'écrevisse, mise en évidence du système nerveux. La nomenclature des appendices est au programme mais celle des différents articles d'un appendice est exclue.
- Insectes (2 séances : 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.
- Annélides (Polychètes : Néréis, arénicole) et autres vers (Planaires, Ascaris) (1 séance).	Morphologie générale, étude de coupes transversales commerciales.
- Développement embryonnaire et post-embryonnaire de la grenouille (1 séance).	La séance s'appuie sur l'observation de matériel fixé ou frais, et de photographies à différentes échelles.
La diversité des types cellulaires animaux (3 séances) : histologie des Mammifères.	Ces études sont conduites en relation avec les parties de cours concernant la diversité du Vivant abordée à l'échelle cellulaire et à l'échelle de l'organisme. On se fonde sur l'observation de préparations microscopiques de : peau, intestin grêle, pancréas, vaisseaux sanguins, frottis sanguin, poumon, tissus musculaires striés squelettique et cardiaque, tissu musculaire lisse, tissu nerveux (coupe transversale de nerf, fibres en vue longitudinale, coupe de moelle épinière), ovaire et testicule.
Champignons (1 séance).	Observations d'une moisissure (Rhizopus par exemple), d'asques et de structures reproductrices d'un Ascomycète, du carpophore d'un Basidiomycète. Les structures reproductrices observées sur ces champignons sont intégrées dans des cycles biologiques simples, non exigibles en dehors d'une activité d'observation.
La diversité des organismes végétaux (13 séances).	Les observations réalisées sur l'appareil végétatif et reproducteur permettent de préciser les critères de classification des organismes étudiés. Les structures reproductrices observées sont également intégrées dans des cycles biologiques, non exigibles en dehors d'une activité d'observation.
- "Algues" pluricellulaires (1 séance).	On se limite à des algues marines permettant de présenter la diversité morphologique et cellulaire des thalles : Ulvophytes (ulve), Straménopiles (fucus), Rhodobiontes (Polysiphonia). Préparations et observations des structures reproductrices du fucus.
- Bryophytes (1 séance).	L'étude des Bryophytes se limite au seul exemple du Polytrich. Organisation morphologique et anatomique du pied feuillé, préparations et observations de corbeilles et de capsules.

- Filicophytes (1 séance).	L'étude des Filicophytes se limite au seul exemple du Polypode. Organisation morphologique et anatomique du pied feuillé, préparations et observations de sporanges et spores, de prothalles. Cette étude s'accompagne de la détermination de quelques fougères à l'aide d'une flore simple.
- Conifères (Pinophytes) (1 séance).	L'étude des Conifères se limite au seul exemple d'un pin. Organisation morphologique et anatomique du pied feuillé, observations de cônes à différentes échelles. Cette étude s'accompagne de la détermination de quelques conifères à l'aide d'une flore simple.
- Organisation de l'appareil végétatif des Angiospermes (4 séances).	L'étude de l'organisation générale a pour objet de faire apparaître les caractères morphologiques distinguant les Monocotylédones et les Dicotylédones, les appareils végétatifs herbacés et ligneux..
• Morphologie.	Analyse des ramifications des tiges ou rameaux. Observation de la structure des bourgeons
• Anatomie, tissus végétaux. Anatomie des tiges, racines, feuilles. Tissus végétaux. Structures primaires, structures secondaires.	Préparation de coupes transversales de racines, entre-nœuds de tiges, limbe foliaire et coloration par le carmin-aluné vert d'iode. Identification des divers tissus d'une coupe. Analyse du fonctionnement des assises génératrices. Reconnaissance de la nature de l'organe et éventuellement de ses caractères en rapport avec la position systématique (Mono ou Dicotylédone). Ces études morphologiques et anatomiques permettent de préciser la nature des organes de réserves utilisés couramment dans l'alimentation.
- Organisation et biologie florale des Angiospermes (3 séances).	Sont attendues : - en première année, la présentation des différentes pièces florales, l'analyse de fleurs en vue de l'établissement de la formule florale et du diagramme floral. La représentation conventionnelle de la coupe longitudinale n'est pas au programme. - en seconde année, l'observation de coupes d'étamines et de pistil en relation avec la biologie florale. Ces travaux pratiques sont l'occasion d'une initiation à l'utilisation d'une flore simple, qui sera poursuivie lors des stages sur le terrain.
- Graines, fruits, germinations chez les Angiospermes (2 séances).	Il s'agit de reconnaître ce qui caractérise une structure de graine et une structure de fruit. La reconnaissance des particularités des ovules ou de l'ovaire qui ont donné naissance à la graine et au fruit n'est pas exigée. On se limite à la distinction graines à albumen / graines sans albumen, et à la présentation des principaux types de fruits.

Sciences de la Terre

Les travaux pratiques de sciences de la Terre permettent de construire les démonstrations du cours à partir d'observations (cartes, photographies, échantillons,...), ainsi que des acquis des deux stages sur le terrain. Ils mettront en évidence les différences de taille et de nature des objets en sciences de la Terre. Les documents montrent la diversité des méthodes utilisées et la complémentarité des informations obtenues. Ces travaux pratiques s'attachent également à intégrer les résultats acquis en physique et en chimie à l'étude du globe terrestre. Les séances consacrées à l'étude de grandes structures géologiques permettent de confronter toutes ces observations et de dégager les caractéristiques géodynamiques, géophysiques, magmatiques et sédimentologiques de ces structures.

<p>1. Les principaux minéraux et roches constitutifs des enveloppes terrestres (2 séances)</p>	<p>Il ne s'agit pas d'une étude systématique ni exhaustive des minéraux et des caractéristiques de ces roches ; néanmoins, l'analyse fine d'échantillons et l'observation de documents photographiques de microscopie permettent d'identifier les principaux minéraux et les principales roches de la croûte et du manteau.</p> <p>On montre également l'importance des structures dans la reconstitution de l'histoire d'une roche. Les minéraux présentés sont : quartz, feldspath alcalin, plagioclase, mica, olivine, pyroxène, amphibole et calcite. Les roches étudiées sont : péridotite, basalte, gabbro, granodiorite, granite, andésite, rhyolite, schiste, micaschiste, gneiss, calcaire, grès, pélite.</p> <p>On peut choisir de présenter certaines de ces roches en relation avec leur contexte géologique (point 4). On replace les roches magmatiques étudiées dans la classification de Streckeisen.</p> <p>L'importance des structures dans la reconstitution de l'histoire d'une roche est exploitée lors de l'étude des grandes structures géologiques.</p> <p>Les observations minéralogiques et pétrologiques sont reliées aux principales caractéristiques chimiques établies en cours lors de la réalisation d'un bilan chimique des enveloppes terrestres.</p>
<p>2. L'approche géophysique du globe (2 séances) Cartes d'anomalies gravimétriques, cartographie du géoïde en domaine océanique, documents de tomographie sismique, documents de sismique-réfraction et sismique-réflexion, exercices d'isostasie, analyses de données cinématiques à l'aide des anomalies magnétiques, des cartes des mécanismes au foyer et des techniques satellitales.</p>	<p>Les diverses approches géophysiques pourront faire l'objet d'exercices spécifiques ou intégrés à l'étude des grandes structures géologiques. L'étude des variations de grande longueur d'onde de la surface des océans n'est pas au programme.</p>
<p>3. Représentation cartographique de la Terre aux différentes échelles (2 séances)</p>	<p>On montre l'apport des données satellitales et la diversité d'échelle des représentations cartographiques. L'étude de la carte géologique de France au 1/10^e permet de se familiariser avec sa légende et montre les grands ensembles géologiques (massifs anciens, bassins sédimentaires, chaînes récentes). Elle constitue un support à l'étude des grandes structures en 2^e année. L'exploitation de cartes à différentes échelles et notamment à 1/50 000 permet une initiation à la reconnaissance des structures tabulaires ou déformées (plis et failles).</p>
<p>4. Étude de grandes structures géologiques (8 séances)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Étude d'une dorsale (1 séance). - Étude d'une marge active (1 séance). - Étude d'une marge passive (1 séance). 	<p>En première année, cette étude s'appuie sur des documents cartographiques et permet d'intégrer les acquis de la géophysique. L'analyse pétrographique est réalisée à l'aide d'échantillons et de photographies de lames minces (reconnaissance des structures).</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Un massif ancien et ses bordures (1 séance). - Une chaîne récente : les Alpes (3 séances). - Un bassin sédimentaire (1 séance). 	<p>En seconde année, cette étude est effectuée aux différentes échelles à l'aide de cartes (du 1/10^e au 1/50000), d'échantillons et de photographies (paysages, affleurements, roches, lames minces) ; elle s'appuie également sur les acquis géophysiques de première année.</p> <p>Les roches métamorphiques étudiées sont, outre les schistes, micaschistes et gneiss, les migmatites, les schistes bleus et les éclogites.</p> <p>Pour Les Alpes, on se limite à la partie de la chaîne visible sur la carte géologique de France au 1/10^e.</p>

Annexe 2

PROGRAMMES DE PHYSIQUE ET DE CHIMIE DES CLASSES DE PREMIÈRE ANNÉE

I - PHYSIQUE

Objectifs de formation

Les classes préparatoires BCPST constituent la première étape d'une formation d'ingénieurs appliquée à des domaines d'activités particulièrement diversifiées. Ils vont du monde végétal et animal jusqu'à la prospection minière et l'aménagement du territoire. Le programme s'attache à donner une formation scientifique généraliste, mais pas superficielle, et à donner les outils de travail de base.

Les objectifs de formation en physique et chimie s'inscrivent dans la continuité des réformes engagées dans le secondaire. Ils s'efforcent :

- d'adapter notre programme à l'évolution des compétences acquises dans le secondaire ;
- de limiter le nombre de techniques, essentiellement mathématiques, afin d'assurer la meilleure maîtrise possible de celles qui resteront au programme ;
- d'éviter une accumulation excessive des connaissances, en proposant des limites clairement établies dans les commentaires et des allègements notables par rapport au programme de 1995 ;
- de renforcer les liens entre les disciplines scientifiques et proposer des passerelles vers la biologie et les sciences de la terre ;
- d'améliorer la continuité de l'enseignement de physique et chimie sur les deux années de préparation ;
- de renforcer l'enseignement à caractère expérimental par une démarche pédagogique différente et l'introduction de travaux pratiques-cours.

A - Électrocinétique et électronique

L'objectif de cette partie est de fournir le support théorique nécessaire à la réalisation de montages expérimentaux et de mesures.

On évitera les situations artificielles donnant lieu à des calculs compliqués. Par exemple, l'étude d'un groupement de résistances autre que série ou parallèle est hors programme.

Tous les aspects de l'électrocinétique (y compris les courants alternatifs) sont abordés dès la première année, mais quelques points délicats ne seront étudiés qu'en deuxième année avec l'électronique.

I - Électrocinétique	
1. Régime indépendant du temps	
Dipôles linéaires élémentaires : - conducteur ohmique, - source de tension idéale, - source de courant idéale. Modélisation d'un dipôle linéaire actif par une source de tension ou une source de courant. Puissance électrocinétique reçue par un dipôle.	Seuls les circuits linéaires sont au programme de première année.
Conservation de la charge : loi des nœuds. Unicité du potentiel : loi des mailles.	Les théorèmes de Thévenin et de Norton sont hors programme ; le théorème de superposition ne sera présenté qu'en deuxième année.
2. Régime transitoire	
Réponse d'un circuit R , C ou R , L à un échelon de tension.	L'étude des circuits R , C et R , L sera menée en travaux pratiques.
3. Oscillations libres : circuit L, C	On insistera sur l'analogie mécanique.
4. Régime sinusoïdal forcé	
Passage du régime transitoire au régime sinusoïdal forcé pour un circuit R , L , C série. Notation complexe et représentation géométrique. Impédance. Impédance complexe.	Lors de l'établissement d'un régime sinusoïdal forcé, la durée du régime transitoire est quasiment négligeable ; cette propriété sera admise après avoir visualisé la solution complète. Dans quelques cas, l'emploi d'un logiciel est recommandé. La manipulation des grandeurs complexes sera coordonnée avec le cours de mathématiques. On se limitera en première année au circuit R , L , C série ; les réseaux (et les fonctions de transfert) seront étudiés en deuxième année.
Définition des valeurs efficaces et de la puissance moyenne.	Tout autre développement sur la puissance est hors programme.

B - Mécanique

Il s'agit d'un enseignement de mécanique au sens large et non pas de mécanique du point. Le but est d'introduire des concepts dont les applications sont très riches dans d'autres domaines de la physique : thermodynamique, mécanique des fluides ainsi qu'en chimie.

I - Présentation des interactions et éléments de statique	
1. Forces	
a. Principe des actions réciproques (ou 3ème loi de Newton)	On commentera l'appellation classique : "action et réaction".
b. Exemples de forces	Toute autre loi de force devra être fournie au candidat.
Forces appliquées en un point matériel : - Force de gravitation et force de Coulomb - Actions exercées par un ressort Exemples de forces réparties : - en volume : le poids - en surface : force pressante force de liaison sans frottement force de frottement fluide	La présentation des forces réparties, donnera l'occasion de rencontrer les intégrales doubles et triples que l'on présentera comme des sommations. Aucune technique de calcul n'est à développer. La mécanique des fluides permettra de préciser l'hypothèse de continuité d'un milieu. On se limitera aux forces proportionnelles à la vitesse.
c. Moment d'une force par rapport à un axe fixe	On évitera l'utilisation du produit vectoriel en utilisant la notion de bras de levier. On n'envisagera pas le cas d'un moment réparti (en volume, en surface...).
2. Équilibre d'un solide	On se contentera d'énoncer les deux conditions nécessaires d'équilibre : nullité de la résultante des forces extérieures et nullité du moment résultant. Aucune autre connaissance spécifique n'est exigible.
3. Statique des fluides	
a. Milieux continus ; définition d'une particule de fluide.	
b. Théorème d'Archimède	On évoquera l'équilibre de la croûte terrestre (principe de l'isostasie).
c. Équation de la statique des fluides	
Établissement de l'équation : $dP = -\rho g dz$ Cas d'un fluide de masse volumique fixée Modèle de l'atmosphère isotherme	On supposera le fluide en équilibre dans un référentiel galiléen, à température uniforme, dans un champ de pesanteur uniforme. On supposera l'axe des z vertical et orienté vers le haut. Le gradient ne sera utilisé qu'en deuxième année. On pourra signaler, en prévision de la dynamique des fluides, que la pression motrice (définie par la somme $P + \rho g z$) est uniforme. L'expression obtenue permettra de rencontrer le facteur de Boltzmann.
d. Mesure de pressions (baromètre, manomètre, capteur) Notion de pression différentielle (mesurée par rapport à la pression atmosphérique locale)	Toute approche métrologique est exclue ; les appareils seront présentés en travaux pratiques. On profitera de ce bref chapitre pour signaler quelques unités (hors système international) encore usitées. Les définitions de ces unités ne sont pas exigibles.
e. Résultante des forces pressantes appliquées sur une surface	
Si la pression est uniforme, la résultante des forces pressantes exercées sur une surface fermée est nulle. Calculs de forces résultantes	On présentera la convention d'orientation des surfaces fermées (vers l'extérieur). On vérifiera cette propriété dans le cas simple d'un parallélepède rectangle et on admettra que la propriété est générale. On apprendra à rechercher la direction résultante à l'aide de considérations de symétrie. Il s'agit ici d'un premier contact, aucun calcul effectif d'intégrales multiples ne sera demandé en première année. La détermination du point d'application est hors programme. Pour des éléments soumis à la fois à la pression atmosphérique et à des forces exercées par des liquides, on constatera sur des exemples l'intérêt de la pression différentielle.

II - Cinématique	
1. Référentiel, repère, bases de projection	
	On montera l'intérêt de choisir un système de coordonnées adapté à la symétrie du système étudié. On présentera les symétries du cylindre, du cylindre infiniment long et de la sphère. Les démonstrations des expressions de la vitesse et de l'accélération en coordonnées cylindriques doivent être connues. Tout calcul de cinématique en coordonnées sphériques est hors programme. L'utilisation du trièdre de Frénet est hors programme.
2. Loi de composition des vitesses pour deux repères en translation	On envisagera les translations rectiligne et circulaire.
3. Référentiels galiléens	La loi de composition des accélérations est strictement hors programme mais on pourra montrer que l'accélération est la même dans deux référentiels qui sont en translation rectiligne et uniforme, l'un par rapport à l'autre.
III - Mécanique du point matériel	
1. Énoncés de la 2ème loi de Newton (ou principe fondamental de la dynamique).	On signalera la formulation utilisant la quantité de mouvement qui sera surtout utile en deuxième année
2. Applications de la 2ème loi de Newton	Toute étude en référentiel non galiléen est hors programme. On donnera des exemples où la loi de force est connue et l'équation différentielle permet de déterminer la trajectoire et des exemples où la trajectoire est imposée et l'équation différentielle permet de déterminer les forces de liaison. En calcul formel, on se limitera aux équations différentielles linéaires du premier ordre et du second ordre (à coefficients constants) ; pour des cas plus difficiles on montrera en travaux dirigés l'intérêt de la méthode numérique d'Euler (à l'aide d'un logiciel). Le théorème du moment cinétique n'étant plus au programme, le seul mouvement orbital pouvant être étudié dans un champ newtonien sera le mouvement circulaire uniforme.
3. Énergie d'un point matériel	
a. Théorème de l'énergie cinétique	
Puissance d'une force appliquée à un point matériel. Travail. Démonstration et applications du théorème de l'énergie cinétique.	Pour éviter de ne considérer que des forces conservatives, on calculera, dans un ou deux exemples simples, le travail d'une force de frottement.
b. Énergie potentielle et énergie mécanique Approche à une dimension ; introduction de la notion d'énergie potentielle dans le cas d'un point matériel assujéti à se déplacer sur un axe. Notion de force conservative	Dans le cas d'un problème à une dimension (x) une force est conservative si elle ne dépend que de la coordonnée x . On insistera sur la conséquence pratique : lorsque l'on sait que la force est conservative, pour le calcul du travail on choisit le chemin sur lequel le calcul est le plus simple.
Énergie potentielle fonction de la distance à un point fixe : cas gravitationnel et cas coulombien.	On admettra - avant vérification en deuxième année - que les forces de gravitation et les forces coulombiennes sont conservatives. La notion de gradient ne sera utilisée qu'en deuxième année. On montrera que dans le cadre de la convention de nullité de l'énergie potentielle à l'infini, le signe de l'énergie potentielle donne la nature (attractive ou répulsive) de la force.
c. Énergie mécanique	
Bilan d'énergie mécanique lorsqu'il y a simultanément travail de forces conservatives et non conservatives.	Dans le cadre de cette même convention le signe de l'énergie mécanique permet de distinguer si le point matériel est lié ou libre.
4. Voisinage de l'équilibre	
a. Équilibre stable et équilibre instable b. Systèmes conservatifs unidimensionnels. Vibration au voisinage de l'équilibre. Approximation harmonique.	Les systèmes dissipatifs seront envisagés seulement en deuxième année.

C - Thermodynamique

Le programme de première année se limite à des études macroscopiques de systèmes fermés de composition fixée. Le seul mélange explicitement étudié en première année sera le mélange idéal de gaz parfaits.

L'utilisation des lois générales de la thermodynamique pour des systèmes ouverts n'est abordée qu'en deuxième année.

Cet enseignement propose une étude des systèmes 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'importance du facteur exponentiel de Boltzmann. Cependant 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.

I - Les états de la matière	
1. Introduction à la thermodynamique	
Niveaux d'observation de la matière (microscopique, mésoscopique et macroscopique)	L'étude au niveau microscopique est envisagée seulement qualitativement.
2. Description d'un système. Système ouvert, système fermé. Homogénéité, phases. Variables d'état, grandeurs intensives, grandeurs extensives, fonction d'état, équation d'état.	En première année, on utilisera uniquement des systèmes fermés. 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 température Celsius. 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. Équation d'état du gaz parfait	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.
b. Mélange idéal de gaz parfaits ; pressions partielles.	Les mélanges de gaz sont traités en vue du cours de chimie.
4. Fluides réels et phases condensées.	
Fluides réels : équation d'état $f(P, V, T) = 0$. Dilatation et compressibilité d'un fluide.	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. On se bornera à définir les coefficients α et χ_T , on écrira la différentielle de $V(T, P)$: $dV = V(\alpha dT - \chi_T dP)$; le coefficient β est hors programme.
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. On signalera que dans les conditions de pression régnant dans les planètes un solide est significativement compressible.
5. États d'un corps pur.	
Diagramme d'état en coordonnées (P, T) ; Point critique, point triple. Diagramme d'état en coordonnées (P, V). Théorème des moments dans le cadre de l'équilibre liquide-vapeur.	Sont exclues : - toute étude au voisinage du point critique, - les propriétés du fluide supercritique.
II - Évolutions d'un système fermé	
1. Définitions	
Transformations élémentaires Transformations finies, chemins, cycles	
2. Échanges énergétiques	On réservera la notation d pour les grandeurs élémentaires qui sont des différentielles exactes et δ pour les autres quantités élémentaires. Les notations ΔW et ΔQ sont rigoureusement proscrites.

a. Travail des forces de pression (ou transfert mécanique). Puissance mécanique. Transformations isobares, monobares et isochores.	Les puissances pourront être notées : \dot{W} et \dot{Q} On calculera W_{Pression} pour quelques transformations classiques du gaz parfait.
b. Transfert thermique. Puissance thermique. Notion d'adiabaticité. Sources de chaleur, transformations isothermes et monothermes.	Pour préciser certaines caractéristiques des transferts thermiques (durée, sens de l'échange) 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.
III Bilan d'énergie.	
1. Premier principe	
Principe d'équivalence ou de conservation. Énergie totale, énergie interne.	La convention algébrique utilisée pour les échanges d'énergie ; énergie algébriquement reçue par le système, sera clairement indiquée. Un objectif majeur est d'apprendre aux étudiants à évaluer le transfert thermique lors d'une évolution non adiabatique en utilisant le premier principe. 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.) On décrira l'expérience de Joule-Mayer.
2. Fonction d'état énergie interne U.	
Capacité thermique à volume constant Énergie interne d'un gaz parfait. (Première loi de Joule) Énergie interne d'un gaz réel. Énergie interne d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable	La capacité thermique C_V sera définie comme la dérivée partielle de l'énergie interne par rapport à la température. La première loi de Joule sera admise en attendant d'être justifiée en deuxième année. L'exemple de l'énergie interne d'un gaz parfait monoatomique permettra de donner une interprétation microscopique de l'énergie interne. Dans le cas des gaz parfaits non monoatomiques, tout développement sur la capacité C_V est hors programme ; on signalera cependant que cette grandeur dépend, en général, de la température. L'expression de l'énergie interne d'un gaz réel dans le modèle choisi (Van der Waals ou autre) sera donnée sans que sa mémorisation ne soit exigible. Il s'agit d'utiliser la relation $dU = C(T) dT$ dans le cas où l'on peut confondre C_p et C_v .
3. Fonction d'état enthalpie H	
Capacité thermique à pression constante Enthalpie d'un gaz parfait (seconde loi de Joule) Enthalpie d'une phase condensée dans le modèle incompressible et indilatable Enthalpie de changement d'état d'un corps pur à pression et température fixées.	La capacité thermique C_p sera définie comme la dérivée partielle de l'enthalpie par rapport à la température. La seconde loi de Joule est une conséquence de la première loi de Joule, laquelle est admise. Il s'agit d'utiliser la relation approchée $dH \approx dU = C(T) dT$ dans le cas où l'on peut confondre C_p et C_v et si la variation de pression reste modérée On établira le lien avec l'enthalpie de réaction introduite dans le cours de chimie. On signalera la nécessité d'introduire une variable supplémentaire pour décrire le système ; ce point sera développé en deuxième année.
4. Applications du premier principe	
- Détente de Joule Gay-Lussac - Bilans énergétiques lors des transitions de phase.	Des éléments de calorimétrie seront donnés en travaux pratiques.
IV - Bilan d'entropie	
1. Second principe : principe d'évolution.	
Fonction d'état entropie S . Entropie créée, entropie échangée. Transformations réversibles et irréversibles	On indiquera que la variation élémentaire d'entropie dS peut s'écrire : $dS = \delta S_{\text{cr}} + \delta S_{\text{éch}}$ On distinguera la réversibilité mécanique (approximation raisonnable en l'absence de frottements solides) de la réversibilité thermique (impossible à atteindre).

Transformations monothermes (ou isothermes) d'un système fermé	Une transformation réversible a une durée infinie (condition nécessaire mais non suffisante de réversibilité). On évitera d'utiliser le qualificatif quasi statique. Dans le cas d'un système fermé, l'entropie échangée est le quotient du transfert thermique par la température de l'interface. La nullité de l'entropie créée est le critère de réversibilité.
2. Identité thermodynamique fondamentale	
Relation entre U, S et les autres grandeurs extensives	Pour un système à l'équilibre, les relations entre grandeurs thermodynamiques peuvent toutes être déduites de celle reliant l'énergie interne, l'entropie et les autres grandeurs extensives. Cette propriété est complémentaire des 1 ^{er} et 2 ^e principes. En première année, ce paragraphe ne sera développé que dans le cas du système divariant défini à l'alinéa suivant.
Identité thermodynamique dans le cas d'un système divariant : $dU = TdS - PdV$	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.
Définitions thermodynamiques de la température et de la pression	Notion de grandeur intensive conjuguée à une grandeur extensive : la température et l'opposé de la pression sont définis comme les dérivées partielles de la fonction $U(S, V)$. Pour la pression et la température, l'identité entre les définitions thermodynamiques et celles utilisées jusque là seront simplement affirmées.
Représentation enthalpique ($dH = TdS + VdP$) de l'identité thermodynamique.	Cette expression découle simplement de la définition de l'enthalpie, que l'on envisage ici comme une fonction de S et de P. On sensibilisera les étudiants au choix crucial des variables. On indiquera que, si la composition n'est pas fixée ou que le système n'est pas fermé, il faut faire intervenir d'autres grandeurs extensives : les quantités de matière des constituants, dont les variables intensives conjuguées sont les potentiels chimiques. Ce point ne sera développé qu'en deuxième année.
3. Applications du second principe.	
- Entropie d'un gaz parfait. - Transformation isentropique du gaz parfait. Loi de Laplace. - Entropie d'une phase condensée dans le modèle indilatable et incompressible. - Bilan entropique lors d'un changement d'état isobare isotherme et réversible d'un corps pur.	
4. Machines thermiques	
Application du premier et du deuxième principe aux machines thermiques cycliques monothermes et dithermes. Description de cycles thermodynamiques de fluides.	On montrera qu'un cycle monotherme n'est jamais moteur. En exercice, en première année, on se limitera aux cycles de gaz parfaits. On envisagera en cours un cycle avec changements d'état.

D - Optique

Il s'agira ici essentiellement de consolider les connaissances acquises en second cycle.
On signalera que les ondes sismiques ont des comportements tout à fait similaires (réflexion et réfraction).

I - Optique géométrique	
1. Les outils du modèle	
Sources lumineuses ponctuelles, rayons lumineux, Limites du modèle.	Toute étude de la diffraction est hors programme.
2. Lois de la réflexion.	
Miroir plan. Définitions : système optique, point objet, point image, point réel, point virtuel, stigmatisme.	Les lois de Descartes ne seront pas justifiées.
3. Lois de la réfraction.	
Angle de réfraction limite. Réflexion totale. Dioptre plan. Stigmatisme approché.	On présentera l'approximation de Gauss.
4. Lentilles sphériques minces	
(dans l'approximation de Gauss) Formules de conjugaison avec origine au centre et aux foyers, grandissement.	On reliera l'approximation de Gauss au choix des échelles sur les schémas. Les lois des lentilles ne seront pas démontrées. L'étude des systèmes centrés est hors programme. Les définitions des grandeurs caractéristiques des instruments d'optique (grossissement, puissance, etc...) sont hors programme.

TRAVAUX PRATIQUES

L'enseignement à caractère expérimental est développé autour de deux approches complémentaires : les séances de travaux pratiques et les séances de travaux pratiques-cours.

1 - Travaux pratiques

Le programme de T.P. regroupe les thèmes des deux années de préparation.

L'initiative de la démarche expérimentale est laissée à l'étudiant, néanmoins guidé par un protocole détaillé. Aucun principe de fonctionnement d'appareil de mesure n'est à connaître (balance, multimètre, générateur B.F., oscilloscope, millivoltmètre).

Le professeur insistera sur les règles de sécurité à mettre en œuvre. Les étudiants devront savoir manipuler l'ensemble des instruments cités dans la colonne matériel. Une notice simplifiée indiquant les principales fonctions et réglages devra être fournie à l'étudiant lors de l'évaluation. Le choix des thèmes des séances de travaux pratiques se fera en fonction de la progression des enseignements théoriques. Une liste de thèmes est donnée à titre indicatif. Une partie de ces activités pourra être réalisée en TP-cours.

Thermodynamique

Thèmes	Matériel	Commentaires
Mesure d'enthalpie de changement de phase Mesure d'enthalpie de réaction Pression de vapeur saturante en fonction de la température	Balance électronique. Calorimètre.	

Optique

Thèmes	Matériel	Commentaires
Utilisation d'un banc d'optique ; réalisation de systèmes simples mettant en jeu des lentilles sphériques minces.	Banc d'optique Lentilles	
Mise en évidence qualitative des phénomènes d'interférences et de diffraction. Réseau, détermination du pas, mesure de longueur d'onde.	Laser Lampe spectrale. Réseau Goniomètre	On insistera sur les règles de sécurité relatives à l'emploi des sources de lumière. Le spectroscopie à réseau devra être fourni réglé à l'étudiant.

Électricité

Thèmes	Matériel	Commentaires
Maîtrise de l'utilisation de l'oscilloscope : - choix des points de branchement de l'oscilloscope sur le circuit, - entrée en continu OU en alternatif, - réglage de la synchronisation, - tracé de courbes XY.	Oscilloscope Générateur B.F.	Problèmes liés à la masse
Tracé de caractéristiques de dipôles linéaires et non linéaires. Circuits RC, RL, RLC série en régimes transitoire et sinusoïdal forcé. Tracé des courbes de gain en tension et de déphasage de filtres passifs simples utilisant uniquement des dipôles R et C.	Multimètre numérique. Alimentation stabilisée	Aucune caractéristique de dipôle non linéaire n'a à être connue. Les limitations en courant et en tension seront fournies à l'étudiant. Le schéma du filtre passif étudié sera fourni à l'étudiant.
Amplificateur opérationnel : - montages élémentaires avec résistances : suiveur, amplificateur non inverseur, amplificateur inverseur... - mesure de l'impédance d'entrée et de l'impédance de sortie d'un montage comprenant un amplificateur opérationnel en régime indépendant du temps, - montages intégrateur, et dérivateur, - filtres actifs simples.		Les schémas de montage devront être fournis à l'étudiant. On montrera expérimentalement à cette occasion les limitations du modèle de l'A.O. idéal (saturation et influence de la fréquence). Les autres écarts à ce modèle sont hors programme. Le schéma du filtre actif étudié sera fourni à l'étudiant.

Mécanique des fluides

Thèmes	Matériel	Commentaires
Lois de Poiseuille et de Darcy : mesure des débits en fonction du diamètre du tube et de la porosité du milieu traversé, mesure des viscosités.		

2 - Travaux pratiques-cours

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.

Les thèmes des séances de TP-cours de première année, sont les suivants :

- Utilisation de l'oscilloscope
- Circuits RC, RL, RLC série en régime(s) transitoire ou (et) sinusoïdal forcé.
- Présentation des lois de l'optique géométrique.
- Réalisation de systèmes simples mettant en jeu des lentilles sphériques minces.

II - CHIMIE

Objectifs de formation

Les grandes lignes des objectifs de formation en chimie sont les mêmes que celles de physique.

A - Atomes et édifices chimiques

1. Classification périodique des éléments	
Lecture du tableau périodique. Structure en blocs, nombres quantiques n, l et m. Configuration électronique d'un atome : quantification de l'énergie, principe d'exclusion de Pauli, règle de Klechkowsky, règle de Hund. Probabilité de présence de l'électron, densité électronique. Représentation graphique des orbitales s, p et d.	La classification périodique servira de point de départ pour retrouver la configuration électronique des éléments. On signalera les analogies dans les groupes (colonnes) et les évolutions entre les groupes (lignes). On signalera l'importance des métaux de transition en biologie et en sciences de la Terre. On définira l'énergie d'ionisation et l'électronégativité (au sens de Pauling uniquement). Une étude exhaustive de l'atome d'hydrogène, le modèle de Bohr, la règle de Ritz et le modèle de Slater sont hors programme. L'équation de Schrödinger n'est pas au programme.
2. Molécules diatomiques et polyatomiques	
Liaison covalente : représentation de Lewis pour les molécules simples, règle de l'octet et ses limites (existence de lacune électronique et de composés hypervalents), prévision de leur géométrie par la méthode de Répulsion des Paires Électroniques de la Couche de Valence (dite VSEPR).	On définira la longueur de la liaison, l'énergie de liaison et le moment dipolaire. Dans tous les cas, on précisera les doublets non-liants, lacunes et électrons libres des molécules étudiées. On montrera que ces caractères peuvent être présents dans des espèces de charges variées. La notion de liaison dative ne sera en aucun cas utilisée. La liaison ionique est hors programme.
3. Liaisons covalentes délocalisées	
Conjugaison, énergie de résonance. Mésomérie, formules mésomères. Aromaticité.	On donnera une représentation spatiale simplifiée des OM liantes σ et π (sans aucun calcul) en s'appuyant sur des considérations de symétrie. On donnera la condition des $4n + 2$ électrons.
4. Existence de forces intermoléculaires	
Liaison hydrogène. Forces de Van der Waals.	L'étude des forces intermoléculaires est exclusivement descriptive. On fournira un ordre de grandeur des énergies mises en jeu et on soulignera les conséquences sur les propriétés physiques. En relation avec l'enseignement de biologie, des exemples simples pourront être proposés parmi les systèmes moléculaires organisés, les acides nucléiques et les protéines. Pour cela, on s'appuiera sur les seules notions du programme de première année.

B - Cinétique chimique

1. Vitesse de réaction globale en système fermé	
Notion de vitesse de réaction globale. Étude expérimentale : systèmes homogènes. Facteurs de la cinétique (concentrations, température, pression, catalyse). Suivi de la cinétique d'une réaction par des méthodes instrumentales. Notion expérimentale d'ordre : exemple de réactions avec ordre et de réactions sans ordre. Loi d'Arrhénius. Énergie d'activation.	On présentera la loi de Beer-Lambert. On insistera sur le caractère non exclusif de la spectrophotométrie UV-visible.
2. Notion de mécanisme	
Décomposition d'une réaction globale en actes élémentaires.	Le professeur illustrera ces notions à l'aide d'exemples de réactions par stades ou de réactions en chaîne. On présentera l'halogénéation des alcanes. On montrera à l'occasion d'une simulation les fondements du modèle de l'état stationnaire ou du pré-équilibre.
Étape déterminant la vitesse. Molécularité de l'acte élémentaire. Intermédiaires réactionnels : radicaux, ions positifs et négatifs.	
Notion de chemin réactionnel.	Toute étude de la théorie des collisions est hors programme. On présentera le diagramme : énergie potentielle / coordonnée de réaction.
Notions de contrôle cinétique et thermodynamique. Postulat de Hammond.	Cette partie pourra servir d'introduction à l'étude des mécanismes de substitution et d'élimination en chimie organique.
3. Catalyse	
Caractères généraux de l'action catalytique. Catalyse homogène. Catalyse enzymatique à un seul substrat : constante de Michaelis, vitesse maximale.	On se limitera à citer un exemple de catalyse acido-basique et un exemple de catalyse d'oxydoréduction. Ces notions seront reprises à l'occasion du cours de chimie organique. La présentation de la catalyse enzymatique sera coordonnée avec l'enseignement de biologie.

C - Thermodynamique chimique

L'introduction de concepts de thermodynamique chimique a pour objectif de formaliser l'analyse d'un système chimique par la manipulation d'outils proposés dès la classe de terminale S. Les réactions acide-base en solution aqueuse constituent, en première année, une des applications de cette partie.

1. Description d'un système fermé en réaction chimique	
Avancement de la réaction. État standard d'un constituant pur : gaz parfait et état condensé ; grandeur molaire standard. Activité d'un constituant dans un mélange.	On se limitera aux cas d'un mélange idéal de constituants gazeux, liquide et solide.
2. Application du premier principe de la thermodynamique à la chimie	
Enthalpie de réaction. Enthalpie de formation. Loi de Hess.	On définira l'enthalpie de réaction : $\Delta_r H = \left(\frac{H}{\xi} \right)_{P,T}$ On se limitera à des systèmes idéaux pour lesquels, l'enthalpie de réaction s'identifie à l'enthalpie standard de réaction. On écrira la relation entre la quantité de chaleur reçue par le système réagissant à pression et température constantes, l'enthalpie de réaction et l'avancement de la réaction. La chaleur de réaction à volume constant et la loi de Kirchhoff sont hors programme.
Énergie d'ionisation, affinité électronique, énergie de liaison.	L'énergie de liaison, l'énergie d'ionisation et l'affinité électronique seront assimilées à des enthalpies de réaction. L'énergie réticulaire et le cycle de Born-Haber sont hors programme.

3. Évolution à température et pression constantes, d'un système chimique : critère d'évolution, critère d'équilibre	
Constante thermodynamique d'équilibre. Influence de la température sur K° , loi de Van't Hoff. Quotient de réaction Q_r et calcul de sa valeur pour un état quelconque. Composition d'un système à l'équilibre chimique. Détermination du sens de l'évolution pour une transformation spontanée, à pression et température constantes, par la comparaison de K° et Q_r .	Ces expressions seront démontrées en deuxième année. On illustrera la manipulation de Q_r et K° à l'aide d'exemples simples, limités à une seule transformation chimique.

D - Solutions aqueuses

En première année, on n'étudie 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.

Acido-basicité	
Couples acido-basiques en solution aqueuse. Diagrammes de prédominance. Propriétés des solutions équivalentes. Déterminations du pH d'une solution par la méthode de la réaction prépondérante. Cas particulier des acides α -aminés, point isoélectrique. Analyse de courbes de dosage, effet tampon.	On utilisera la formulation de Brønsted. 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. On étudiera des cas simples et réalistes où existe une réaction nettement prépondérante. L'utilisation des formules démontrées devra s'accompagner de la vérification des hypothèses limitant leur application. La simulation numérique sera utilisée à titre d'outil. On ne décrira ni les phénomènes de membrane ni ceux intervenant dans le fonctionnement de l'électrode de verre.

E - Chimie organique

On illustrera par des exemples concrets (substrats, réactifs dans les conditions de la chimie "fine") les notions présentées.

On utilisera la nomenclature officielle définie par l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC).

Les réactions et les mécanismes explicitement mentionnés dans le programme sont les seuls exigibles.

L'étude des préparations et des propriétés physiques est hors programme.

1. Formules brutes, formules développées. Structure stérique des molécules.	
Représentations : perspective et projection de Cram, Newman et Fischer.	
Règles élémentaires de la nomenclature en chimie organique.	On se limitera aux séries aliphatiques et monocycliques et aux fonctions du programme. La nomenclature des hétérocycles est hors programme. Aucune question de cours ne pourra être posée.
Conformation.	Conformation de l'éthane et du butane. Dans le cas du cyclohexane, on définira les termes suivants : - substituant axial, équatorial (notion d'isomérisme cis-trans), - interconversion chaise-chaise. Les autres conformations sont exclues.
Configuration ; isomérisme autour d'une double liaison (nomenclature E, Z).	
Configuration absolue d'un atome (nomenclature R, S ; nomenclature D, L pour les sucres et les acides α -aminés). Cas de molécules à deux carbones asymétriques.	La nomenclature érythro-thréo est hors programme. On soulignera la réduction du nombre de stéréoisomères dans le cas de composés symétriques.
Structures cycliques du glucose, anomérisme, mutarotation.	Représentation en perspective, formules de Haworth.
2. Alcènes.	
Addition électrophile.	Interprétation des données cinétiques et de la régiosélectivité de la réaction d'addition électrophile par les effets électroniques (inductifs et mésomères) d'un substituant. Stéréosélectivité de l'halogénéation. Régiosélectivité de l'hydrohalogénéation et de l'hydratation. L'effet Kharasch et la caractérisation des alcènes par des réactions d'addition électrophile sont hors programme. Les notions de syn et anti seront présentées.
Équation bilan de l'hydrogénation.	Les réactions d'oxydation des alcènes seront présentées en deuxième année.

3. Dérivés monohalogénés des alcanes.	
Substitution nucléophile : cas limites des mécanismes SN1 et SN2. Réactions d'élimination : cas limites des mécanismes E1 et E2.	Dans les deux cas, les aspects stéréochimiques seront discutés. Le rôle du solvant est hors programme.
4. Alcools.	
Activation du groupement alcool. Comparaison des groupes partants OH ⁻ , H ₂ O, ion paratoluène-sulfonate. Application à l'élimination et à la substitution.	Le test de Lucas est hors programme. On illustrera la formation des éthers par la synthèse de Williamson.
Oxydation par les sels de chrome VI en dérivés carbonylés ou en acides carboxyliques.	On n'omettra pas de signaler la toxicité des sels de chrome(VI).
5. Aldéhydes et 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.
Addition nucléophile : intermédiaire tétraédrique. Évolution.	
Acétalisation en milieu acide, mécanisme. Protection réciproque de la fonction carbonyle et des diols vicinaux. Cyclisation du glucose, mutarotation. Hydrolyse du saccharose.	On signalera que la réaction d'acétalisation peut être vue non seulement comme une réaction de protection de la fonction carbonyle mais aussi comme une protection des diols vicinaux. La formation de polysaccharides est hors programme.
Identification de la fonction carbonyle : test à la 2,4-DNPH.	Le test sera vu en travaux pratiques. La formation d'osozones est hors programme.
Notion de tautomérie.	On signalera l'équilibre possible d'isomérisation entre le glucose et le fructose.
Réaction en α du groupement carbonyle : obtention d'un carbanion en α d'un groupement électro - attracteur, énolates. Aldolisation, cétolisation, crotonisation en milieu basique, mécanisme.	On signalera l'utilisation possible des amidures. On n'abordera pas le problème de la O-alkylation. On signalera le mécanisme d'élimination par carbanion (E1 _{CB})
Équation-bilan de l'oxydation des aldéhydes.	La réaction de Cannizarro est hors programme. La dégradation des sucres par oxydation forte et coupure du squelette carboné est hors programme.
Réduction en alcools par NaBH ₄ .	On signalera l'analogie avec NADH, sans toutefois entrer dans des considérations de stéréosélectivité.

TRAVAUX PRATIQUES

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

1 - Travaux pratiques

Le programme de T.P. regroupe les thèmes des deux années de préparation.

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

Le professeur insistera sur les règles de sécurité à mettre en œuvre. Les étudiants devront savoir manipuler l'ensemble des instruments cités dans la colonne matériel. Une notice simplifiée indiquant les principales fonctions et réglages devra être fournie à l'étudiant lors de l'évaluation.

Le choix des thèmes des séances de travaux pratiques se fera en fonction de la progression des enseignements théoriques. Une liste de thèmes est donnée à titre indicatif. Une partie de ces activités pourra être réalisée en TP-cours.

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 d'aspiration.
Techniques de la chimie organique : - Montage d'une expérience à reflux, - Montage en condition anhydre, - Extraction par lavage et décantation, - Filtration sous vide, - Évaporation sous vide, - Distillation, - Entraînement à la vapeur, - Recristallisation, prise d'un point de fusion, - Mesure d'un pouvoir rotatoire, - Chromatographie.	Verrerie rodée : ballon, réfrigérant, ampoule de coulée isobare. Ampoule à décanter. Évaporateur rotatif. Montage de distillation à pression atmosphérique. Dispositif de l'entraînement à la vapeur avec générateur. Appareil à point de fusion. Polarimètre. 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 Interprétation de spectres RMN et IR	Modèles moléculaires	On restera strictement dans le cadre du programme

Chimie physique et chimie des solution

Thèmes	Matériel	Commentaires
Dosages volumétriques à l'aide d'indicateurs colorés Tracé et exploitation de courbes de titrages acido-basiques et de titrage par précipitation Détermination de constantes d'équilibre : constantes d'acidité, produits de solubilité.	Électrode de référence Électrode de verre pH-mètre Cellule conductimétrique Conductimètre	
Vérification de la loi de Beer-Lambert Étude d'un indicateur coloré Cinétique chimique : vérification de l'ordre d'une réaction et détermination de la constante de vitesse. Influence de la température. Tracé et exploitation de courbes de titrages rédox Détermination expérimentale de potentiels standard et de constantes thermodynamiques Détermination de la formule d'un complexe et de sa constante de dissociation Étude d'un diagramme binaire	Spectrophotomètre Électrode métallique Millivoltmètre	Les produits utilisés devront être non toxiques.

2 - Travaux pratiques-cours

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.

Les thèmes des séances de TP-cours de première année, sont les suivants :

- 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.

Annexe 3

PROGRAMME DE MATHÉMATIQUES ET D'INFORMATIQUE (CLASSES DE PREMIÈRE ET DE SECONDE ANNÉES)

I - OBJECTIFS DE FORMATION

L'objectif de l'enseignement des mathématiques en BCPST est double.

D'une part il contribue à l'approfondissement de la culture scientifique générale en donnant aux étudiants un accès à quelques domaines fondamentaux (algèbre linéaire, analyse, probabilités). La pratique du raisonnement mathématique concourt ici comme ailleurs à la formation de l'esprit d'un futur scientifique ; la rigueur du raisonnement, l'esprit critique, le contrôle et l'analyse des hypothèses, le sens de l'observation et celui de la déduction trouvent en mathématiques un champ d'action où ils seront cultivés de manière spécifique.

D'autre part, il contribue à fournir des représentations et un langage dont les autres disciplines scientifiques étudiées dans ces classes et au-delà sont demandeuses ou utilisatrices. De là l'importance d'une cohérence et d'une coordination aussi bonnes que possible entre les diverses disciplines : il importe d'éviter les redondances tout en soulignant les points communs, de limiter les divergences ou ambiguïtés dues à la diversité des points de vue possibles sur un même objet tout en enrichissant l'enseignement par cette même diversité.

L'objectif n'est pas de former des professionnels des mathématiques, mais des personnes capables d'utiliser des outils mathématiques dans diverses situations, et capables de dialoguer avec des mathématiciens dans le cadre de leur futur métier.

II - PROGRAMME

Préambule

La réforme des lycées, entamée en 1999, impose une relecture des programmes ; les modifications introduites dans ce texte ne concernent pas les choix fondamentaux ; dans cette mesure, il s'agit essentiellement d'une mise à jour et non d'un nouveau programme. Le niveau de référence à l'entrée de la filière BCPST est celui de l'enseignement obligatoire de la classe terminale scientifique.

Le programme se situe dans la continuité de ceux du lycée et de la série S.

Un effort important avait été accompli en 1995 pour permettre de simplifier la présentation des objets mathématiques rencontrés dans ce programme ; il a été poursuivi. À la lumière de l'expérience acquise, certains points ont été précisés (lorsque la mise en œuvre révélait quelque ambiguïté) ou au contraire élargis (lorsque les mises en garde ou les précisions se sont révélées superflues ou trop contraignantes). Les développements formels ou trop théoriques doivent être évités. Une place importante doit être faite aux applications, exercices, problèmes, en relation chaque fois que cela est possible avec les enseignements de physique, de chimie, de biologie et de sciences de la terre, en évitant les situations artificielles ainsi que les exercices de pure virtuosité technique.

La démonstration d'un énoncé suivi de la mention " résultat admis " n'est pas au programme. Dans quelques cas, le texte précise que le professeur est laissé juge de l'opportunité d'admettre un résultat, d'en ébaucher une démonstration, ou de le démontrer.

Les travaux dirigés sont le moment privilégié de la mise en œuvre, et de la prise en main par les élèves des techniques classiques et bien délimitées inscrites dans le corps du programme. Cette maîtrise s'acquiert notamment grâce à des exercices que les étudiants doivent in fine être capables de résoudre par eux-mêmes.

La présentation de l'algèbre linéaire a été profondément remaniée, mais l'ensemble des contenus relatifs à ce domaine n'est en rien modifié si l'on considère l'ensemble des deux années de préparation. En première année, il est procédé à un allègement substantiel en abordant le sujet par le biais du calcul : systèmes d'équations linéaires, calcul matriciel. Seule la présentation de l'espace vectoriel \mathbf{K}^n muni de sa base canonique est demandée. En particulier, l'étude générale des problèmes liés aux changements de base est renvoyée en seconde année. L'espace vectoriel, comme objet général, n'est présenté qu'en seconde année. Ce choix a pour ambition de donner aux étudiants une connaissance et une habitude " pratique " du calcul multidimensionnel qui confèrera à l'introduction de la notion abstraite d'espace vectoriel un arrière-plan concret.

La part relative à l'analyse est la moins touchée par la réécriture ; dans ce programme comme dans l'ancien, on s'attache principalement à développer l'aspect opératoire, et donc à ne pas insister sur les questions les plus fines ou spécialisées, ni sur les exemples " pathologiques ". L'évolution des programmes de lycée devrait permettre aux étudiants d'aborder cette partie dans des conditions au moins aussi favorables que précédemment.

La partie importante relative aux probabilités a également été remaniée, pour tenir compte de l'évolution des programmes du lycée. On confortera les notions déjà abordées en terminale scientifique, en les traitant de manière plus structurée. En première année, l'accent est mis sur le langage de la théorie des ensembles, les techniques élémentaires de dénombrement, et sur les espaces probabilisés finis. Tout ce qui concerne les variables aléatoires dont l'ensemble des valeurs est infini dénombrable ou de la puissance du continu est traité en seconde année.

Le volume général sur l'ensemble des deux années est constant à l'exception d'une réduction notable : séries entières et fonctions génératrices ne sont plus traitées.

Les interactions entre les différentes parties du programme restent fortes et mériteront d'être soulignées, de même que les liens avec d'autres disciplines, permettant ainsi de mettre en évidence la spécificité et la valeur de la démarche mathématique. Quelques repères historiques pourront éventuellement être fournis aux étudiants. Mis à part les contraintes découlant de manière directe de l'organisation en deux années, (en particulier s'agissant de l'algèbre linéaire et des probabilités), le programme n'impose à l'intérieur de l'une ou l'autre des années aucune progression précise ; le professeur garde toute liberté pour organiser son enseignement.

Algorithmique

L'évolution des matériels et logiciels conduit à renforcer la partie réservée à l'algorithmique. En effet, c'est une des conséquences les plus visibles du développement des moyens de calcul sous toutes ses formes, que de permettre aux mathématiques de disposer d'un tel lien vivant à l'expérimentation. On présentera de préférence, lorsque cela est possible, des méthodes constructives accompagnées de la description d'un algorithme plutôt que des démonstrations d'existence ou de convergence démunies de procédé de construction.

La présentation des algorithmes s'entend sur deux niveaux. D'une part, ils peuvent être présentés sous une forme logique abrégée, sans référence obligatoire à un langage informatique particulier ; d'autre part, ils sont destinés à être mis en œuvre sur machine, soit sur

calculatrice, soit à l'occasion des heures passées en salle informatique. Le professeur adaptera sa présentation aux conditions matérielles, en s'efforçant de réaliser de véritables travaux pratiques de mathématiques.

PREMIÈRE ANNÉE

I - NOMBRES COMPLEXES ET POLYNÔMES

A - Nombres complexes

Les nombres complexes sont étudiés en tant qu'outil. L'objectif est de consolider les acquis de la classe terminale.

<p>a) Nombres complexes ; nombres complexes conjugués. Représentation géométrique d'un nombre complexe ; affixe d'un point, d'un vecteur.</p>	<p>La construction de \mathbf{C} est hors programme. L'utilisation des nombres complexes pour résoudre des problèmes de géométrie n'est pas un objectif de ce programme.</p>
<p>b) Module d'un nombre complexe : module d'un produit, inégalité triangulaire. Nombres complexes de module 1 ; argument d'un nombre complexe non nul, notation $e^{i\theta}$ Relation $e^{i(\theta+\theta')} = e^{i\theta}e^{i\theta'}$, lien avec les formules de trigonométrie ; formule de Moivre ; formules d'Euler : $\cos\theta = \frac{1}{2}(e^{i\theta} + e^{-i\theta})$, $\sin\theta = \frac{1}{2i}(e^{i\theta} - e^{-i\theta})$, 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.</p>	<p>L'étude des racines n-ièmes d'un nombre complexe est hors programme. La résolution générale d'une équation du type $z^n = a$ ne peut être demandée sans indication sur la méthode. Ce paragraphe pourra être traité lors de l'étude du calcul intégral et des équations différentielles. Il devra être fait assez tôt dans l'année pour être utilisé en physique et chimie.</p>
<p>c) Applications. Résolution des équations du second degré à coefficients réels. Somme et produit des racines. Transformation de $a \cos \theta + b \sin \theta$, où a et b sont réels, en $r \cos(\theta + \varphi)$. Mise en œuvre, sur des exemples, des formules de Moivre et d'Euler (linéarisation de polynômes trigonométriques, conversion de sommes en produits).</p>	<p>Les équations à coefficients complexes ne sont pas au programme. Sous forme d'exercices on révisera équations et inéquations trigonométriques élémentaires.</p>

B - Polynômes à coefficients réels ou complexes

Les fonctions polynômes sont plus simplement appelées polynômes ; la notion de polynôme en tant qu'objet formel est hors programme.

La division euclidienne et la division suivant les puissances croissantes ne sont pas au programme. Aucune connaissance sur les fractions rationnelles n'est au programme.

<p>Deux polynômes ayant en tout point de \mathbf{R} ou \mathbf{C} même valeur numérique ont mêmes coefficients. Degré. Coefficients et degré d'une combinaison linéaire de polynômes. Coefficients et degré du produit de deux polynômes. Le composé de deux polynômes est un polynôme. Formule du binôme (voir aussi au VIII). Dérivation. Formule de Taylor. Racines (ou zéros) d'un polynôme ; divisibilité par $x-a$. Généralisation à plusieurs racines distinctes. Ordre de multiplicité d'une racine. Décomposition d'un polynôme à coefficients complexes en un produit de facteurs du premier degré. Cas d'un polynôme à coefficients réels : racines complexes conjuguées, factorisation sur \mathbf{R}.</p>	<p>Ce résultat pourra être admis. L'équivalence entre la factorisation par $(x - a)^k$ et les relations $f^{(j)}(a) = 0$ pour $j = 0, 1, \dots, k - 1$ sera démontrée. Le théorème 'un polynôme de degré inférieur ou égal à n ayant au moins $(n+1)$ racines deux à deux distinctes est nul' sera démontré. Décomposition sur \mathbf{C} admise.</p>
--	--

II - ALGÈBRE LINÉAIRE

Les scalaires ne pourront être que les nombres réels ou les nombres complexes. La notion générale d'espace vectoriel n'est pas au programme de première année. Le but du professeur de première année sera de faire maîtriser les concepts fondamentaux sans excès de technicité ni d'abstraction en centrant son travail sur le calcul matriciel. Le professeur choisira les démonstrations qu'il présente et celles qu'il admet.

Ce qui suit fournit un ordre de présentation possible, il n'est pas obligatoire. K désignera l'ensemble des nombres réels ou complexes.

A - Systèmes d'équations linéaires

<p>Définition. Discussion et résolution d'un système linéaire d'équations par une suite d'opérations élémentaires sur les lignes. Systèmes équivalents. Cas particuliers des systèmes triangulaires. Système homogène. Un système linéaire a zéro, une ou une infinité de solutions. Dans ce dernier cas, on exprime toutes les inconnues en fonction de certaines d'entre elles. La solution générale d'un système est de la forme (solution particulière)+(solution générale du système homogène). Système de Cramer (système de n équations et n inconnues qui a une solution unique).</p>	<p>Par opérations élémentaires on entend : multiplier une équation par un scalaire non nul, ajouter à une équation une combinaison linéaire des autres. On fera le lien entre l'intersection de droites et de plans dans le plan et dans l'espace et la résolution de systèmes linéaires. On illustrera ces notions à l'aide d'exemples dont la résolution est simple. Les déterminants sont hors programme.</p>
---	--

B - Matrices à coefficients dans K

<p>Matrices. Matrices lignes, colonnes, carrées, triangulaires, diagonales. Matrice nulle, matrice unité (identité). Opérations sur les matrices : somme, produit par un scalaire, produit. Propriétés de ces opérations (en particulier formule du binôme pour des matrices qui commutent). Écriture matricielle d'un système linéaire. Matrice inversible, matrice inverse. Inverse d'un produit. Recherche pratique de l'inverse d'une matrice, par la résolution d'un système de Cramer. Transposée d'une matrice. Transposée d'une somme, d'un produit de matrices, de l'inverse d'une matrice. Matrice symétrique.</p>	<p>Produit de matrices diagonales.</p> <p>Les justifications théoriques (relatives à l'algèbre linéaire) seront données ultérieurement au titre D.</p>
--	--

C - Espaces vectoriels et sous-espaces vectoriels

En première année, on ne donnera pas la définition générale d'espace vectoriel. On travaillera dans K^n .

<p>Définition de l'espace vectoriel K^n, règles de calcul. Combinaison linéaire d'une famille finie de vecteurs. Sous-espaces vectoriels. Intersection de deux sous-espaces vectoriels. Sous-espace vectoriel engendré par une famille finie de vecteurs. Famille génératrice finie d'un sous-espace vectoriel. Famille libre finie. Famille liée finie. Base d'un sous-espace vectoriel. Dimension. Base canonique de K^n. Matrice colonne des coordonnées d'un vecteur dans une base. Dans un sous-espace vectoriel de dimension p : Toute famille libre a au plus p éléments. Une famille libre ayant p éléments est une base. Toute famille génératrice a au moins p éléments. Une famille génératrice ayant p éléments est une base. Rang d'une famille finie de vecteurs.</p>	<p>On fera le lien avec les règles de calcul des vecteurs du plan et de l'espace de la géométrie. On entend par sous-espace vectoriel un ensemble de vecteurs stable par combinaison linéaire et contenant le vecteur nul. On utilisera la notation $\text{vect}(x_1, x_2, \dots, x_k)$.</p> <p>On admettra que toutes les bases d'un sous-espace vectoriel ont même cardinal appelé dimension du sous-espace vectoriel.</p> <p>Tout ou partie des démonstrations correspondantes pourra être admis.</p>
---	---

D - Applications linéaires

<p>Définition d'une application linéaire de K^p dans K^n. Noyau, image. Lien avec : f injective, f surjective, f bijective. Opérations sur les applications linéaires : addition, multiplication par un scalaire, composition, réciproque. Propriétés de ces opérations. Détermination d'une application linéaire par l'image des vecteurs de la base canonique, matrice de l'application linéaire dans les bases canoniques. Matrice de la somme de deux applications linéaires, du produit par un scalaire d'une application linéaire, de la composée de deux applications linéaires, de l'application réciproque. Rang d'une application linéaire, rang d'une matrice, rang de la transposée (résultat admis), rang d'un système.</p>	
--	--

III - GÉOMÉTRIE

Cette rubrique, consolidant les acquis des élèves, sert de support intuitif et de terrain d'application à l'algèbre linéaire. Elle est étudiée aussi pour son utilité en sciences physiques.

On se place dans le plan et l'espace géométriques usuels ; la notion générale d'espace affine est hors programme.

<p>Une origine étant choisie, un vecteur est représenté par un point du plan ou de l'espace. Norme euclidienne d'un vecteur, produit scalaire de deux vecteurs du plan et de l'espace. Propriétés. Angle de deux vecteurs du plan ou de l'espace (défini par son cosinus). Bases et repères orthonormaux. Expression analytique et matricielle de la norme et du produit scalaire dans une base orthonormale.</p>	<p>Par représentation sous forme de couples ou de triplets de coordonnées, les vecteurs apparaissent comme éléments de \mathbf{R}^2 ou \mathbf{R}^3 On rappellera les définitions et les propriétés de la norme et du produit scalaire apprises en classes de première et de terminale. À cette occasion, on rappellera la définition de la projection orthogonale d'un vecteur sur une droite ou sur un plan. On remarquera qu'une famille formée de deux ou trois vecteurs orthogonaux non nuls est libre.</p>
<p>Droite : vecteurs directeurs, équations paramétriques d'une droite. Angle de deux droites (compris entre 0 et $\pi/2$). Dans le plan : coefficient directeur (pente) d'une droite, vecteur normal à une droite ; en repère orthonormal, équation cartésienne d'une droite obtenue à l'aide d'un vecteur normal, expression de la distance d'un point à une droite. Équation d'un cercle défini par son centre et son rayon. Dans l'espace : équations paramétriques d'un plan, vecteur normal à un plan ; en repère orthonormal, équation cartésienne d'un plan obtenue à l'aide d'un vecteur normal, expression de la distance d'un point à un plan. Angle de deux plans (angle de deux droites normales). Équation d'une sphère définie par son centre et son rayon.</p>	<p>A et B étant deux points distincts du plan (ou de l'espace), un point M du plan (ou de l'espace) appartient à la droite (AB) si et seulement si le vecteur \vec{AM} appartient au sous-espace vectoriel engendré par le vecteur \vec{AB}</p> <p>A, B et C étant trois points non alignés de l'espace, un point M de l'espace appartient au plan passant par A, B et C si et seulement si le vecteur \vec{AM} appartient au sous-espace vectoriel engendré par les vecteurs \vec{AB} et \vec{AC}.</p>
<p>Angle orienté de deux vecteurs du plan. Produit vectoriel de deux vecteurs. Propriétés usuelles. Expression analytique du produit vectoriel dans une base orthonormale directe.</p>	<p>On adoptera les conventions de la physique pour orienter le plan ou l'espace. Lien avec les calculs d'aires de parallélogrammes ou de triangles de l'espace.</p>

IV - SUITES RÉELLES ET FONCTIONS RÉELLES D'UNE VARIABLE RÉELLE

Le but de cette rubrique est de mettre en place les méthodes courantes de travail sur les suites et les fonctions. L'analyse est un outil pour les probabilités et pour les sciences physiques et permet de développer la rigueur. On évitera tout exercice trop fin pour mettre l'accent sur les "bonnes fonctions", on évitera une trop grande technicité calculatoire.

A - Suites réelles

<p>a) Récurrences. Suites arithmétiques, géométriques, arithmético-géométriques. Somme des n premiers entiers, des n premiers termes d'une suite géométrique. Suites vérifiant une relation de récurrence du type $u_{n+2} = au_{n+1} + bu_n$, a et b étant deux réels.</p>	<p>Pour les suites arithmético-géométriques, une méthode doit être connue, mais la formule générale n'est pas exigible.</p>
<p>b) Suites réelles. Somme, produit, quotient. Limite finie, limite infinie, convergence, divergence.</p> <p>Si les suites (u_n) et (v_n) convergent vers l, alors $(u_n + v_n)$ converge vers $l + l$ Opérations sur les limites. Limites et inégalités : signe d'une suite de limite non nulle, théorème des "gendarmes" et extension aux limites infinies. Majorant, minorant, plus grand, plus petit élément d'une partie non vide de \mathbf{R}. Borne supérieure, inférieure. Suites majorées, minorées, bornées. Suites monotones. Existence d'une limite finie ou infinie pour une suite monotone. Suites adjacentes et théorème des suites adjacentes. Exemples d'étude de suites du type $u_{n+1} = f(u_n)$. Suites équivalentes, notation $u_n \sim v_n$ équivalent d'un produit et d'un quotient. Utilisation des équivalents pour la recherche de limites.</p>	<p>La définition d'une limite par (ϵ, n_0) doit être présentée aux étudiants, mais aucune technicité ne pourra être exigée d'eux en la matière. Un exercice comme celui de la moyenne de Césaro, par exemple, est totalement hors de l'esprit de la classe. La notion générale de suite extraite est hors programme. La notion de suite de Cauchy n'est pas au programme.</p> <p>On admettra l'existence de la borne supérieure d'une partie majorée non vide.</p> <p>Aucun théorème général relatif à ce type de suites n'est exigible des étudiants. Le développement sur les équivalents doit être modeste. On se limitera aux suites dont le terme général ne s'annule pas.</p>

B - Limites, continuité

<p>a) Limites Fonctions numériques d'une variable réelle ; somme, produit, quotient. Limite d'une fonction en un point ; limite à droite, limite à gauche. Limite en $+\infty$ ou $-\infty$. Si (u_n) tend vers a et si la limite de f en a est b, alors la suite $(f(u_n))$ tend vers b. Opérations sur les limites. Limite de fonctions composées. Limites et inégalités Fonctions équivalentes, fonction négligeable devant une fonction. Notations $f \sim g$, $f = o(g)$. Croissances comparées des fonctions exponentielles, puissances et logarithmes. Une fonction monotone sur un intervalle ouvert admet une limite finie ou infinie aux bornes de l'intervalle.</p>	<p>La définition d'une limite par (ε, α) doit être présentée aux étudiants, mais aucune technicité ne pourra être exigée d'eux en la matière. On pourra faire une ou deux démonstrations, les autres pouvant être admises. On a les mêmes résultats que pour les suites. Même remarque que pour les suites : développement succinct et "bonnes" fonctions. À cette occasion, on définira de manière générale les fonctions x^a Les fonctions hyperboliques sont hors programme.</p>
<p>b) Continuité Continuité en un point. Opérations, composition. Continuité à droite et à gauche. Prolongement par continuité. Continuité sur un intervalle. 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 est une bijection de I sur l'intervalle $f(I)$. Propriétés de l'application réciproque. Définition, monotonie, et représentation graphique des fonctions Arctan, Arcsin, Arccos. Parité de Arctan et Arcsin.</p>	<p>La notion de continuité uniforme n'est pas au programme. La démonstration du théorème des valeurs intermédiaires n'est pas exigible des étudiants. Résultat admis. On pourra présenter aux élèves un algorithme de résolution approchée d'une équation $f(x) = 0$, mais aucune méthode n'est exigible des étudiants. On conviendra dans un tableau de variations, que les flèches obliques traduisent la continuité et la stricte monotonie de la fonction. Dans la rédaction de la solution à un problème, une simple référence au tableau de variations suffira pour justifier l'existence et l'unicité d'une solution d'une équation du type $f(x) = 0$. Aucune formule n'est à connaître.</p>

C - Dérivation, développements limités

<p>a) Dérivée en un point ; dérivée à gauche, dérivée à droite, fonction dérivée. Notation f' et $\frac{df}{dx}$ Interprétation graphique, équation de la tangente à une courbe. Opérations sur les dérivées : linéarité, produit, quotient, fonction composée, fonction réciproque, application aux fonctions Arctan, Arcsin et Arccos. Extension de la notion de dérivée à une fonction à valeurs complexes, ou à valeurs dans \mathbf{R}^2 ou \mathbf{R}^3</p>	<p>Ces notions sont données ici pour servir à la résolution d'équations différentielles (voir le paragraphe correspondant), et aux applications physiques (vitesse, accélération). Elles ne feront pas l'objet de développements plus poussés.</p>
<p>b) Théorème de Rolle. Formule des accroissements finis. Caractérisation des fonctions croissantes (au sens large) par la positivité de leur dérivée. Cas des fonctions constantes. Si la dérivée est strictement positive sur un intervalle, alors la fonction est strictement croissante sur cet intervalle. Théorème sur la limite de la dérivée. Recherche d'extremum. La courbe représentative d'une fonction à dérivée croissante est au-dessus de chacune de ses tangentes.</p>	<p>L'inégalité des accroissements finis n'est pas exigible des étudiants, celle-ci pouvant être trouvée à partir de la formule. La règle de l'Hospital et la formule des accroissements finis généralisés ne sont pas au programme. Les propositions concernant la réciproque de cette propriété ne sont pas au programme. L'étude générale de la convexité est hors programme.</p>
<p>c) Dérivées d'ordre supérieur. Dérivée n-ième d'un produit. Fonction de classe C^1, de classe C^∞ Formule de Taylor-Lagrange pour une fonction de classe C^{n+1} sur un intervalle (avec reste en $f^{(n+1)}(c)$).</p>	<p>La formule de Taylor-Lagrange peut être admise. L'inégalité de Taylor-Lagrange n'est pas exigible des étudiants.</p>

<p>d) Développements limités. Opérations sur les développements limités : somme, produit, composé. Développement limité de f à partir de celui de f. Existence d'un développement limité à l'ordre n pour une fonction de classe C^n : formule de Taylor-Young. Développements limités usuels au voisinage de 0 : e^x, $\ln(1+x)$, $\cos x$, $\sin x$, $(1+x)^\alpha$.</p>	<p>On rappelle que la division des polynômes suivant les puissances croissantes n'est pas au programme.</p> <p>La formule de Taylor-Young pourra être admise. Les exercices de calcul de développements limités auront pour objet de faciliter l'assimilation des propriétés fondamentales, et ne doivent pas être orientés vers la virtuosité calculatoire.</p>
<p>e) Construction d'une courbe plane définie par $y = f(x)$. Étude des branches infinies, recherche de droites asymptotes et étude de la position de la courbe par rapport à son asymptote. Notion de courbe paramétrée $\begin{cases} x = f(t) \\ y = g(t) \end{cases}$</p>	<p>Les exercices destinés à illustrer cette notion seront réalisés sur ordinateur. L'étude des branches infinies, des points doubles et des points stationnaires est hors programme.</p>

V - CALCUL INTÉGRAL

A - Définition et propriétés

<p>Définition de l'intégrale d'une fonction continue f sur un segment : l'existence d'une primitive F de f étant admise, $\int_a^b f(t) dt = F(b) - F(a)$. 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, positivité, linéarité ; encadrement de l'intégrale à partir d'un encadrement de f. Pour $a < b$, $\int_a^b f(t) dt = \int_a^c f(t) dt + \int_c^b f(t) dt$. Primitives d'une fonction sur un intervalle. Si f est continue sur un intervalle I et a un point 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 :</p> $\frac{1}{b-a} \int_a^b f(t) dt = \lim_{n \rightarrow +\infty} \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} f\left(a + k \frac{b-a}{n}\right).$ <p>Intégrale d'une fonction continue par morceaux ; cas d'une fonction en escalier. Intégrale d'une fonction à valeurs complexes.</p>	<p>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.</p> <p>Ce résultat est intuitif en raison de l'interprétation géométrique de l'intégrale. Il pourra être démontré dans le cas d'une fonction monotone ou à dérivée bornée.</p> <p>On donnera seulement les définitions.</p>
--	--

B - Procédés d'intégration

<p>a) Intégration par parties ; intégration par changement de variables. b) Intégration des fonctions rationnelles des types suivants : $\frac{1}{(x-a)^n}$, $\frac{ax+b}{x^2+px+q}$ où n est un entier naturel, a, b, p, q étant réels. Pour une fonction du type</p> $f(x) = c + \sum_{k=1}^n (a_k \cos(kax) + b_k \sin(kax)),$ <p>on établira :</p> $a_k = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \cos(k\omega t) dt \quad c = \frac{\omega}{2\pi} \int_0^{2\pi} f(t) dt$ $b_k = \frac{\omega}{\pi} \int_0^{2\pi} f(t) \sin(k\omega t) dt .$	<p>Toute autre situation devra comporter des indications quant à la méthode.</p> <p>Exercice motivé par la liaison avec les sciences expérimentales.</p>
--	--

C - Intégrale généralisée

Cette rubrique ne figure qu'au programme de deuxième année.

D - Équations différentielles à variable réelle

<p>a) Résolution des équations différentielles du premier ordre $y'+a(x)y = b(x)$, où a et b sont continues réelles sur un intervalle. Méthode de la variation de la constante. b) Résolution de $y''+ ay'+ by = f(x)$ où a et b sont réels - dans le cas $f = 0$ - dans le cas où f est un polynôme - dans le cas où f est une exponentielle e^{mx} (m complexe).</p>	<p>Pour toute autre équation différentielle une méthode de résolution doit être donnée aux étudiants. La méthode de la variation des constantes pour les équations du second ordre est hors programme.</p>
---	--

VI - SÉRIES

Cette rubrique ne figure qu'au programme de deuxième année.

VII - FONCTIONS RÉELLES DE PLUSIEURS VARIABLES RÉELLES

Les étudiants sont amenés à manipuler en sciences physiques des fonctions de plusieurs variables. Cette première approche, qui sera complétée en deuxième année, devra donc être abordée suffisamment tôt dans l'année. On se limitera au cas $n = 3$.

<p>Dérivées partielles premières d'une fonction définie sur \mathbf{R}^n. Surface représentative d'une fonction de deux variables. Sur des exemples, détermination d'une fonction dont les dérivées partielles premières sont connues. Utilisation des dérivées partielles premières pour évaluer une petite variation de la valeur d'une fonction découlant de petites variations sur les variables.</p>	<p>On soulignera le lien entre fonctions partielles et certaines sections de cette surface.</p>
--	---

VIII - PROBABILITÉS

Le but de cette rubrique est de consolider et de développer la formation des étudiants au raisonnement probabiliste. Les diverses notions seront illustrées par des exemples issus de jeux, de la vie courante ou des sciences.

A - Notions d'algèbre élémentaire

<p>a) Vocabulaire des ensembles et des applications. Élément, appartenance, inclusion, réunion, intersection, complémentaire, système complet. Injection, surjection, bijection, application réciproque. Composés de deux bijections. Image d'une partie, image réciproque. Produit cartésien de n ensembles.</p>	<p>Ces notions sont introduites comme outil et doivent faire l'objet d'un développement modeste sans abstraction inutile. Elles ne pourront constituer le thème principal d'aucune question d'écrit ou d'oral. On se limitera aux unions et intersections finies. Un système complet pour Ω est une famille de parties deux à deux disjointes dont la réunion est l'ensemble Ω. Un élément de Ω^n sera appelé n-liste ou n-uplet d'éléments de Ω.</p>
<p>b) Dénombrements : cardinal d'un ensemble fini, notation $\text{card}(E)$. Deux ensembles finis E et F ont le même cardinal si et seulement si il existe une bijection entre E et F. Cardinal d'un produit cartésien, de E^n. Cardinal de l'ensemble des parties de E. Nombre d'arrangements, de permutations, de combinaisons (sans répétitions). Formule du binôme.</p>	<p>La notion de cardinal est la notion intuitive de nombre d'éléments. On se limitera au cardinal des ensembles finis. On donnera sans démonstration formelle des propriétés intuitivement évidentes comme le cardinal de la réunion de deux ensembles (finis) disjoints. On évitera tout excès de formalisme et de technicité dans les dénombrements.</p>

B - Concepts de base des probabilités

En première année, on se limite au cas où l'univers Ω est fini et où les événements sont les parties de Ω .

<p>a) Épreuve (expérience aléatoire). Ensemble des résultats possibles de l'épreuve (univers). Événement, événement certain, impossible, événements incompatibles, système complet d'événements. Probabilité, propriétés. Probabilité d'une réunion de n événements. Si $\Omega = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ et p_1, p_2, \dots, p_n sont des réels positifs ou nuls de somme 1, il existe une et une seule probabilité P sur Ω telle que $P(\{x_i\}) = p_i$ pour tout i. Cas de l'équiprobabilité ou probabilité uniforme.</p>	<p>On se limitera au cas où l'algèbre des événements est l'ensemble des parties de Ω. La formule du crible (ou de Poincaré) est admise. Choisir les valeurs des p_i revient à choisir un modèle probabiliste.</p>
<p>b) Probabilité conditionnelle : définition, formule. $P(A \cap B) = P(B/A)P(A)$. Formule des probabilités composées (conditionnement successif). Formule des probabilités totales $P(B) = \sum P(B/A_i)P(A_i)$. Formule de Bayes. Indépendance de deux événements, de deux épreuves. Événements (mutuellement) indépendants, épreuves (mutuellement) indépendantes.</p>	<p>On utilisera l'une ou l'autre des deux notations $P(B/A)$ et $P_A(B)$ pour la "probabilité de B sachant A" (probabilité de B sachant que A est réalisé). On utilisera des représentations telles que arbres, tableaux, diagrammes, etc... Un arbre ou un tableau correctement construit constitue une preuve. On signalera que l'indépendance n'est en général pas démontrable, mais constitue un choix (ou une conséquence) de la modélisation. La notion générale de probabilité produit n'est pas exigible.</p>

C - Variables aléatoires réelles

En première année on se limite aux variables aléatoires ne prenant qu'un nombre fini de valeurs.

<p>a) Variable aléatoire réelle sur Ω : toute application de Ω dans \mathbf{R}. Loi [de probabilité] de X : c'est l'application de $X(\Omega)$ dans \mathbf{R} associant à tout x de $X(\Omega)$ $P(X=x)$. Fonction de répartition de X : c'est l'application F_X de \mathbf{R} dans \mathbf{R} associant à tout t réel $F_X(t) = P(X \leq t)$ Espérance mathématique, formule donnant l'espérance de $u(X)$ à partir de la loi de X. Moments. Variance, écart-type. Inégalité de Bienaymé-Tchebychev.</p>	<p>On rappellera les représentations graphiques de ces deux fonctions, respectivement en bâtons et en escaliers. Les étudiants devront savoir déterminer la loi d'une variable aléatoire à partir de sa fonction de répartition. Les propriétés générales des fonctions de répartition (continuité à droite, limites ...) ne sont pas au programme. Résultat admis.</p>
<p>b) Lois usuelles : loi uniforme, de Bernoulli, binomiale, hypergéométrique. Approximation d'une loi hypergéométrique par une loi binomiale. Espérance et variance des variables certaines, de Bernoulli, binomiales. Espérance d'une variable uniforme sur $\{1, 2, \dots, n\}$ et d'une variable hypergéométrique.</p>	<p>Les étudiants devront savoir reconnaître les situations classiques de modélisation par des lois uniformes, de Bernoulli, hypergéométrique et binomiale. La notion de convergence en loi n'est pas au programme.</p>
<p>c) Couple $Z=(X, Y)$ de deux variables aléatoires réelles. Loi conjointe, lois marginales, lois conditionnelles. Loi de la somme de deux variables aléatoires à valeurs entières positives. Espérance de $u(X, Y)$. Linéarité de l'espérance. Covariance. Coefficient de corrélation linéaire. Variance de $aX+bY$. Variables indépendantes. Si X et Y sont deux variables aléatoires indépendantes, alors $f(X)$ et $g(Y)$ sont indépendantes.</p>	<p>Le coefficient de corrélation est indépendant des unités choisies. Cas où ce coefficient est égal à - 1 ou 1. Résultat admis.</p>
<p>d) Généralisation au cas de n variables aléatoires. Espérance de la somme. Indépendance [mutuelle]. Loi de la somme de n variables de Bernoulli indépendantes et de même paramètre. Si (X_1, X_2, \dots, X_n) sont indépendantes, toute sous-famille l'est aussi. Si $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots, X_p$ sont des variables aléatoires indépendantes, alors $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ et $g(X_{n+1}, \dots, X_p)$ sont indépendantes, il en est de même pour $f_i(X_i), \dots, f_p(X_p)$. Variance d'une somme de n variables aléatoires.</p>	<p>Résultats admis.</p>

SECONDE ANNÉE

I - NOMBRES COMPLEXES ET POLYNÔMES

Exercices sur le programme de première année

II - ALGÈBRE LINÉAIRE

Les scalaires ne pourront être que les nombres réels ou les nombres complexes.
K désignera l'ensemble des nombres réels ou complexes.

A - Systèmes d'équations linéaires

Exercices sur le programme de première année.

B - Matrices

Exercices sur le programme de première année.

C - Espaces vectoriels

Le professeur choisit les démonstrations qu'il présente et les résultats qu'il admet.

<p>Structure d'espace vectoriel. Règles de calcul. Combinaison linéaire d'une famille finie de vecteurs. Sous-espaces vectoriels. Les espaces vectoriels suivants doivent être connus : K^n, l'ensemble des applications définies sur un intervalle I à valeurs dans K, $K[X]$, $K_n[X]$, l'ensemble des suites à éléments dans K, $M_{n,p}(K)$, les variables aléatoires définies sur un même espace de probabilité (admis). Intersection de deux sous-espaces vectoriels. Sous-espace engendré par une famille finie. Somme de deux sous-espaces. Somme directe de deux sous-espaces, sous-espaces supplémentaires. Famille génératrice finie. Famille libre finie. Famille liée finie. Bases et dimension des espaces vectoriels admettant une famille génératrice finie (résultats admis). Coordonnées d'un vecteur dans une base. Bases canoniques de K^n et $K_n[X]$. Dans un espace vectoriel de dimension finie n : Toute famille libre a au plus n éléments. Une famille libre ayant n éléments est une base. Toute famille génératrice a au moins n éléments. Une famille génératrice ayant n éléments est une base. Si F est un sous-espace vectoriel de E, alors la dimension de F est inférieure ou égale à la dimension de E. Si les deux dimensions sont égales, alors $F = E$. Caractérisation d'une somme directe de deux sous-espaces vectoriels par la dimension ou la juxtaposition des bases. Rang d'une famille finie de vecteurs.</p>	<p>L'étude de $M_{n,p}(K)$ (dimension, base...) est hors programme. On utilisera la notation $\text{vect}(x_1, x_2, \dots, x_k)$.</p>
---	--

D - Applications linéaires

<p>1) Définition d'une application linéaire, endomorphisme. Noyau, image. Lien avec : f injective, f surjective, f bijective, isomorphisme. Opérations sur les applications linéaires : addition, multiplication par un scalaire, composition, réciproque. Propriétés de ces opérations. Définition d'une projection sur un sous-espace vectoriel parallèlement à un autre.</p> <p>2) Cas de la dimension finie. Détermination d'une application linéaire par l'image d'une base. f est un isomorphisme si et seulement si l'image d'une base est une base. Si E et F ont même dimension et si $f \in L(E,F)$ il y a équivalence entre f injective, f surjective, f bijective. Relation : $\dim \text{Ker } f + \dim \text{Im } f = \dim E$. Rang d'une application linéaire.</p>	<p>On observera que $L(E,F)$ est un espace vectoriel, mais son étude (dimension, base,...) est hors programme. La caractérisation par $p \circ p = p$ n'est pas au programme. Tout espace de dimension n est isomorphe à K^n Relation admise.</p>
---	---

<p>3) Lien avec les matrices. Matrice d'une application linéaire d'un espace vectoriel de dimension finie dans un espace vectoriel de dimension finie, une base ayant été choisie dans chacun d'eux. Rang d'une matrice. Rang d'un système linéaire. Rang de la transposée (résultat admis). Changement de base. Matrice de passage. Action d'un changement de base sur les coordonnées d'un vecteur et sur la matrice d'un endomorphisme. Matrices semblables.</p>	<p>Les matrices équivalentes ne sont pas au programme.</p>
--	--

E - Valeurs propres, vecteurs propres

<p>Valeurs propres, vecteurs propres, d'un endomorphisme (ou d'une matrice carrée), sous-espaces propres. Toute matrice carrée à coefficients complexes possède au moins une valeur propre. Une famille finie de vecteurs propres associés à des valeurs propres distinctes est libre. Une famille obtenue par juxtaposition de bases de sous-espaces propres associés à des valeurs propres distinctes est libre. Endomorphisme (ou matrice carrée) diagonalisable. En dimension n, un endomorphisme ayant n valeurs propres distinctes est diagonalisable. Un endomorphisme (une matrice carrée) est diagonalisable si et seulement si la somme des dimensions des sous-espaces propres est la dimension de l'espace. Toute matrice carrée symétrique réelle est diagonalisable.</p>	<p>Les polynômes caractéristiques sont hors programme. Résultat admis. Application au calcul de la puissance nième de matrices diagonalisables. Résultat admis.</p>
--	---

III - GÉOMÉTRIE

Exercices sur le programme de première année.

IV - FONCTIONS RÉELLES D'UNE VARIABLE RÉELLE

Exercices sur le programme de première année.

V - CALCUL INTÉGRAL

A - Définition et propriétés

Exercices sur le programme de première année.

B - Procédés d'intégration

Exercices sur le programme de première année.

C - Intégrale généralisée

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.

<p>Définition de l'intégrale d'une fonction continue sur un intervalle semi-ouvert ou ouvert, convergence, divergence. Théorème de comparaison pour deux fonctions positives f et g telles que $f \leq g$. Convergence absolue d'une intégrale généralisée.</p>	<p>Tout autre critère de convergence est hors programme. Les intégrales semi-convergentes sont exclues du programme.</p>
--	--

D - Équations différentielles à variable réelle

Exercices sur le programme de première année.

VI - SÉRIES

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

<p>Convergence, divergence d'une série ; reste d'une série convergente. Convergence et calcul de la somme pour les séries géométriques, séries de terme général nq^n, n^2q^n, séries exponentielles. Théorème de comparaison pour deux séries à termes positifs telles que $u_n \leq v_n$, à partir d'un certain rang. Convergence absolue d'une série à termes réels.</p>	<p>La série $\sum \frac{1}{n^\alpha}$ est hors programme. Tout autre critère de convergence est hors programme. Les séries semi-convergentes sont exclues du programme. Les séries entières sont hors programme.</p>
---	---

VII - FONCTIONS RÉELLES DE PLUSIEURS VARIABLES RÉELLES

On complète ici l'étude amorcée en première année. Le professeur est laissé juge des explications à donner, mais aucune démonstration n'est demandée. On se limitera au cas $n = 3$.

A - Calcul différentiel

Limite, continuité d'une fonction de n variables.	Aucune question ne pourra être posée sur ce point.
Applications partielles, dérivées partielles d'ordre un et deux, interversion des dérivations. Pour une fonction définie sur \mathbf{R}^n et admettant des dérivées partielles : les dérivées partielles en un extremum s'annulent.	L'étude d'une réciproque est hors programme.
Pour une fonction f de classe C^1 $f(x_0 + h, y_0 + k) - f(x_0, y_0) - (h \frac{\partial f}{\partial x}(x_0, y_0) + k \frac{\partial f}{\partial y}(x_0, y_0))$ est négligeable devant $\sqrt{h^2 + k^2}$ Notation différentielle. Définition du gradient (dimension 2 ou 3) ; calcul dans un repère orthonormal en coordonnées cartésiennes.	
Calcul des dérivées partielles d'une fonction composée de fonctions de classe C^1 .	Les étudiants doivent savoir dériver $f(x(t), y(t))$ et $f(x(u, v), y(u, v))$.
Condition nécessaire pour que $Pdx + Qdy + Rdz$ soit la différentielle d'une fonction (P, Q, R étant de classe C^1) ; la condition est suffisante sur un pavé.	

B - Calcul intégral

Calcul des intégrales doubles en coordonnées cartésiennes et en coordonnées polaires. Exemples de calculs d'aires planes et de volumes.	Aucune difficulté théorique ne sera soulevée. Ces intégrales ne pourront intervenir que dans un cadre probabiliste ou pour calculer des volumes. Les formules de changement de variables sont hors programme. Exemples motivés par la liaison avec les sciences physiques. Ils peuvent faire intervenir des intégrales simples ou doubles.
--	---

VIII - PROBABILITÉS

On aborde en deuxième année l'étude de variables aléatoires prenant une infinité de valeurs, discrètes ou admettant une densité (à l'exclusion de tout autre type). L'intérêt de ce nouveau type de modèle pour l'étude des phénomènes aléatoires sera souligné, on ne soulèvera aucune difficulté théorique sur les notions introduites dans cette rubrique.

A - Probabilité

Extension de la définition donnée en première année au cas où l'ensemble Ω est infini. Axiome de σ -additivité. Révision et extension à ce nouveau cadre des propriétés des probabilités et des probabilités conditionnelles vues en première année (VIII)B).	La notion de tribu et les résultats sur la probabilité d'une réunion (resp. intersection) croissante (resp. décroissante) sont hors programme. Résultats admis.
---	--

B - Variables aléatoires discrètes

Définition. Révision et extension à ce nouveau cadre des notions et propriétés vues en première année (VIII)C). Loi de Poisson. Espérance, variance. Loi de la somme de deux variables indépendantes suivant des lois de Poisson. Approximation dans certains cas d'une loi binomiale par une loi de Poisson. Loi géométrique : loi du nombre d'échecs précédant le premier succès dans une suite illimitée d'épreuves de Bernoulli indépendantes et de même paramètre, ou loi du nombre d'épreuves nécessaires pour obtenir le premier succès.	On se limitera au cas où l'ensemble des valeurs est fini ou inclus dans l'ensemble des entiers relatifs. Résultats admis.
---	--

C - Densités de probabilité

On ne soulèvera aucune difficulté liée à l'apparition d'ensembles de mesure nulle, notion évidemment hors programme.

<p>a) Variables aléatoires admettant une densité. Définition : fonctions de répartition et de densité. Lois usuelles : uniformes, normales (gaussiennes), exponentielles.</p> <p>Sur des exemples simples, recherche de la loi de $Y = f(X)$, X ayant une densité connue.</p>	<p>On se limitera au cas où la fonction de répartition est continue partout et continûment dérivable sauf éventuellement en un nombre fini de points. L'égalité $\int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-x^2/2) = \sqrt{2\pi}$ doit être connue des étudiants, mais sans justifications exigibles. On réalisera des applications numériques relatives à la loi normale. Pour la recherche de la loi de $Y = f(X)$, on évitera des exemples inutilement compliqués comme la loi de $\sin(X)$, X uniforme sur $[-\pi/2, \pi]$.</p>
<p>b) Couple de variables aléatoires admettant une densité. Définition. Densités marginales et conditionnelles. Indépendance de n variables aléatoires. Généralisation des résultats vus en première année à ce sujet. Pour un couple admettant une densité, lien avec les densités marginales. Sur des exemples simples recherche de la loi de $Z = f(X, Y)$, le couple (X, Y) ayant une densité connue. Cas particulier de la somme de deux variables indépendantes. Sommes de variables gaussiennes indépendantes.</p>	<p>Les étudiants doivent savoir utiliser le produit de convolution, dont la formule devra leur être rappelée en cas de besoin.</p>
<p>c) Espérances, variances, covariances et coefficients de corrélation linéaire de variables à densité. Généralisation des définitions et des propriétés vues en première année.</p>	

D - Théorèmes limite

<p>Loi faible des grands nombres. Théorème de la limite centrée. Application à la loi binomiale, à la loi de Poisson.</p>	<p>On définira à cette occasion la notion de variable centrée et celle de variable réduite. On donnera deux énoncés pour le théorème de la limite centrée : si l'on a une suite de variables indépendantes $(X_i)_{i=1}^n$ de même loi, admettant une espérance μ et une variance σ^2, alors</p> $\forall a < b \quad P \left(a < \frac{X_1 + \dots + X_n - n\mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} < b \right) \xrightarrow{n \rightarrow +\infty} \int_a^b \frac{\exp(-x^2/2)}{\sqrt{2\pi}} dx$ <p>et on a un résultat analogue en remplaçant σ par</p> $\left(\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2}{n} \right)^{1/2}, \text{ où } \bar{X}_n = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}.$
---	--

PROGRAMME D'INFORMATIQUE DE LA VOIE BCPST

I - OBJECTIFS DE FORMATION

L'enseignement de l'informatique en classe préparatoire de première année BCPST représente avant tout un premier contact avec l'informatique. Il doit permettre aux étudiants :

- 1) de composer des algorithmes destinés à résoudre des problèmes simples, et de construire des programmes informatiques correspondant à l'algorithme
- 2) d'utiliser des logiciels scientifiques spécialisés.

1 - Algorithmique et programmation

La réalisation des objectifs passe par une introduction à la programmation élémentaire, orientée vers la présentation d'une algorithmique généraliste, et non pas seulement vers la résolution de problèmes numériques.

La construction d'un programme informatique pour résoudre un problème est considérée comme une démarche en deux étapes :

- analyse et résolution algorithmique du problème
- traduction de l'algorithme ainsi obtenu dans un langage de programmation.

Cette introduction doit permettre de comprendre les principes de fonctionnement d'un outil informatique, et d'en observer les limites en rapidité et en capacité. Aucune connaissance sur la complexité des algorithmes ni sur l'évaluation de la rapidité n'est exigible.

Il est souhaitable que certains exercices d'application soient directement inspirés par les enseignements de biologie et géologie, de physique et chimie, ou de mathématiques.

2 - Utilisation de logiciels

Le second objectif vise à une meilleure intégration de l'outil informatique dans les disciplines scientifiques, en particulier pour les travaux d'initiative personnelle encadrés. Il convient, dans le cadre de l'enseignement de ces disciplines, d'entraîner les étudiants à utiliser des logiciels spécialisés en : acquisition et exploitation de résultats expérimentaux (tableurs, bases de données), calcul formel et numérique, simulation, modélisation.

3 - Cadre horaire

L'initiation à l'algorithmique élémentaire et à la programmation est faite en première année.

Cette formation est complétée, en première et seconde années, par des séances en salle d'informatique (actuellement organisées sous la forme d'interrogations orales). Ces séances ont pour objet, par l'utilisation d'un langage de programmation, l'approfondissement et la mise en œuvre pratique des notions décrites au II. Cet apprentissage permettra et facilitera l'utilisation dans le cadre des autres disciplines de logiciels plus spécifiques.

Il est très souhaitable que ces séances soient encadrées, au moins partiellement, par les professeurs scientifiques de la classe. Dans tous les cas, ces professeurs restent responsables de la définition des contenus des activités.

Bien que l'apprentissage de l'informatique soit limité aux heures de formation théorique et aux séances en salle d'informatique, son emploi par les enseignants dans les cours et les TD des diverses disciplines scientifiques est fortement encouragé en vue de sa bonne intégration pédagogique.

II - PROGRAMME

Etant donné un problème, nous appelons algorithme une suite d'instructions composant un processus visant à résoudre ce problème. Ce processus travaille sur un ensemble d'objets (décrit dans la partie 1) et appelle certaines fonctions d'un ensemble de fonctions prédéfinies (lié au langage de programmation et décrit dans la partie 2).

1 - Algorithmique élémentaire

La présentation d'un algorithme doit respecter un formalisme clair, précis et non ambigu. Un tel formalisme peut s'accommoder d'une relative liberté d'expression : l'important, au niveau de la construction de l'algorithme, est bien davantage la rigueur du raisonnement que les préoccupations syntaxiques. Celles-ci ne deviennent essentielles qu'au moment de la traduction dans le langage de programmation.

1.1 Objets manipulés

On considère ici que les objets qui peuvent être utilisés dans un algorithme se scindent en deux catégories, d'une part les objets élémentaires, d'autre part les objets structurés.

Un objet élémentaire est de l'un des types suivants :

- numérique (entier, réel ou complexe)
- caractère.

Il est toutefois nécessaire d'attirer l'attention des étudiants sur la notion de valeurs logiques, même si à proprement parler, il ne sera pas utilisé de variables booléennes.

Un objet structuré peut être :

- une chaîne de caractères
- un tableau de une ou plusieurs dimensions pour lesquels les indices sont entiers, décrivant un intervalle, composé de plusieurs objets distincts, de types non forcément identiques, élémentaires ou eux-mêmes structurés.

Les étudiants doivent définir correctement chaque objet employé dans un algorithme. La forme d'une telle définition peut être relativement libre, mais doit obligatoirement préciser le nom, le type de l'objet ainsi que le rôle qu'il joue dans l'algorithme.

1.2 Actions utilisées

Les actions élémentaires sont :

- l'affectation d'une valeur à une variable
- les actions d'échange avec l'extérieur : lecture au clavier, affichage à l'écran ou impression de résultats
- l'appel d'un algorithme connu ou décrit par ailleurs.

Les actions composées font intervenir des enchaînements d'actions élémentaires et des structures conditionnelles et itératives.

On montrera comment la décomposition d'un énoncé permet la construction d'un algorithme par analyse descendante et la structuration modulaire d'un programme.
La récursivité est hors programme.

2 - Utilisation des logiciels scientifiques et programmation

Seules les fonctionnalités décrites dans ce paragraphe sont exigibles des étudiants. Ils doivent être néanmoins familiarisés à l'utilisation de fonctions prédéfinies et documentées.

Les expressions calculées utilisent les opérations suivantes :

- opérateurs unaires
- opérateurs arithmétiques
- opérateurs de comparaison
- opérateurs logiques.

Les énoncés simples sont l'affectation, l'appel de fonction, la lecture au clavier, l'affichage à l'écran, l'impression.

Les énoncés composés inclus à un programme peuvent être conditionnels ou répétitifs.

La structure d'un programme peut comprendre des fonctions. Une fonction peut comporter des paramètres. On se limitera à un seul niveau de définition : aucune fonction ne sera définie à l'intérieur d'une autre fonction. Les étudiants doivent connaître les différents rôles d'un paramètre :

- paramètre-donnée
- paramètre-résultat
- paramètre-donnée/résultat.

Les variables sont définies le plus localement possible.

2.1 Les objets manipulés

- Les objets élémentaires

Les objets élémentaires correspondent aux types de valeur simple : les valeurs numériques entières, réelles ou complexes ainsi que les caractères.

- Les objets structurés

Il est demandé de connaître les objets correspondant à une notion mathématique, c'est à dire, ici, les vecteurs et les matrices (à 2 ou plus entrées) ainsi que les tableaux qui peuvent contenir des objets de type différents (par exemple un tableau de chaînes de caractères de longueurs différentes).

Les structures de type enregistrement sont hors programme.

2.2 Les instructions composant l'algorithme

- Construction et initialisation des objets.

. Affectation à une variable d'une valeur numérique, d'un nombre complexe ou d'une chaîne de caractères.

. Création et initialisation d'un vecteur ou d'une matrice.

- Manipulation des objets

. Accès à un élément d'un tableau, d'une matrice ou d'un vecteur.

. Accès à une sous-matrice ou à un sous-vecteur.

. Affectation d'un tableau, d'une matrice ou d'un vecteur, (on devra pouvoir écrire l'algorithme d'affectation à l'aide de boucle for ou while).

- Emploi des opérateurs traditionnels sur les objets élémentaires

. les quatre opérations

. les opérateurs relationnels (comparaison)

. les opérateurs logiques.

- Emploi des opérateurs sur les objets structurés

. l'addition, la transposition et la multiplication (terme à terme ou au sens de l'algèbre linéaire) de matrices

. la concaténation.

Pour ces deux classes d'opérateurs, les étudiants doivent être en mesure d'écrire les actions effectuées à l'aide de boucles.

- Instructions de contrôle

. la boucle for

. la boucle while

. les branchements if

- Fonctions

. définition

. appel

2.3 Les fonctions prédéfinies

Les fonctions prédéfinies doivent rester dans le cadre défini précédemment, et leur liste fait l'objet d'une note actualisée des services des concours des écoles concernées.

3 - Environnement de programmation

L'environnement de programmation utilisé par les étudiants en travaux pratiques permet leur familiarisation à l'utilisation interactive d'un ordinateur. Il comprend :

- l'édition de texte pour la saisie et la mise à jour des programmes

- l'exécution d'un programme avec saisie de données au clavier et affichage ou impression des résultats

- la sauvegarde des programmes sur disque ou disquette

- l'impression du texte d'un programme.

Un tel environnement est le seul dont la connaissance et la maîtrise soient exigibles des étudiants.